

Universidade Federal de Pelotas
Escola Superior de Educação Física
Programa de Pós-Graduação em Educação Física



Dissertação

Respostas agudas da caminhada contínua e intervalada em marcadores hemodinâmicos, metabólicos e na reatividade simpátovagal de idosas

Samara Tabanês

Pelotas, 2020

Samara Tabanês

Respostas agudas da caminhada contínua e intervalada em marcadores hemodinâmicos, metabólicos e na reatividade simpátovagal de idosas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador. Prof. Dr. Fabrício Boscolo Del Vecchio

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

T112r Tabanês, Samara

Respostas agudas da caminhada contínua e intervalada em marcadores hemodinâmicos, metabólicos e na reatividade simpato-vagal de idosas / Samara Tabanês ; Fabrício Boscolo Del Vecchio, orientador. — Pelotas, 2020.

117 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Caminhada intervalada. 2. Exercício. 3. Idosos. I. Vecchio, Fabrício Boscolo Del, orient. II. Título.

CDD : 796

Samara Tabanês

Respostas agudas da caminhada contínua e intervalada em marcadores hemodinâmicos, metabólicos e na reatividade simpátovagal de idosas.

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de **Mestre em Educação Física** Programa de Pós-Graduação em **Educação Física**, **Escola Superior de Educação Física**, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 30 DE JULHO DE 2020

Banca examinadora:

Prof. Dr. (Orientador) Fabrício Boscolo Del Vecchio
Doutor em Educação Física pela
Universidade Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Prof^a: Dra. Thamires Lorenzet Cunha Seus
Doutora em Educação Física pela
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

Prof. Dr. Marlos Rodrigues Domingues
Doutor em Epidemiologia pela
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

Suplente: Dr. Eraldo Pinheiro
Doutor em Ciências do Movimento Humano pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

**Dedico este trabalho aos meus pais Orcelino e Irenilda
(in memorian).**

Agradecimentos

Primeiramente à Deus, que me proporcionou tudo de mais valioso que eu tenho, pela minha vida, saúde e disposição para concluir o objetivo o qual Ele me confiou.

Agradeço aos meus pais que me ensinaram tudo de essencial e o melhor da vida! Me ensinaram nunca desistir diante das adversidades, resistir diante das tempestades e que os caminhos dolorosos fazem parte desta caminhada bonita que é a vida. Eu não seria nada sem os seus ensinamentos. Mesmo sem o mínimo de formação acadêmica, na riqueza e grandeza de sua simplicidade, sempre enfatizaram a importância da educação e dos professores como elemento fundamental na minha formação enquanto ser humano, aluna e cidadã. Tive o prazer de ter como mãe a mulher mais forte que conheci no mundo, a minha mãe, que sempre foi (e me deixou como legado), exemplo de luta, resiliência, bondade e integridade. Tudo o que eu sou, faço, é por ela!

Ao meu orientador, meu agradecimento pela paciência, dedicação do seu tempo, generosidade em compartilhar seu conhecimento e confiança no meu trabalho. Querido Fabrício, muito obrigada por nunca ter desistido de mim, por ter me incentivado sempre, pelas inúmeras contribuições na minha vida acadêmica e pessoal, pela paciência com as minhas lutas pessoais e, sobretudo, por me apoiar e enxugar minhas lágrimas no momento mais difícil e doloroso de minha vida. Obrigada por me fazer acreditar que eu sou capaz. Você é incrível!

Aos meus professores, Marlos Rodrigues e Airton Rombaldi, obrigada por terem contribuído tanto para que eu chegasse até aqui e me tornasse uma aluna e um ser humano melhor. A vocês, meu profundo respeito e admiração!

Aos meus amigos Gabriel Protzen, Leony Morgana, Luís Américo e Luana Medina... Talvez eu não viva o suficiente para agradecer tudo que fizeram e fazem por mim e para expressar tudo que representam de importante em minha vida. Meu coração é pura gratidão! Eu amo imensamente cada um de vocês! Vocês morarão para sempre dentro do meu coração!

À professora Adriana e aos idosos do Núcleo de Atividade Física para Terceira Idade da Esef/UFPel! Obrigada pela recepção sempre carinhosa durante as aulas do projeto, pela disponibilidade em participar deste estudo, por cada visita no laboratório e pelos “dedos de prosa” ao final de cada sessão. Vocês tornaram meus dias mais felizes em Pelotas! Agradeço pelas orações, por terem permanecido comigo mesmo eu estando ausente. Sem vocês isto não seria possível ser concluído.

Aos meus colegas do grupo Grupo de Estudos e Pesquisas em Treinamento Esportivo e Desempenho Físico - GEPETED, carinho enorme por todos! Eu sou honrada por fazer parte deste grupo tão forte e de pessoas tão especiais. Muito sucesso na empreitada!

Resumo

A caminhada é a forma de exercício físico mais popular entre idosos, e sua prática pode retardar os efeitos do envelhecimento. Recentemente, tem sido proposto modelo alternativo, conhecido como caminhada intervalada (CI), a qual proporciona melhora na aptidão física e em parâmetros de saúde. No entanto, nenhum estudo analisou seu impacto em ajustes hemodinâmicos e autonômicos em idosos, o que poderia contribuir para melhor prescrição da CI. **Objetivo:** Mensurar as respostas agudas em uma sessão de CC ou CI em idosos, e compará-las segundo nível de atividade física. **Métodos:** Trinta e cinco idosos, entre 60 e 75 anos compuseram a amostra. Na primeira sessão foi realizado teste incremental para determinação da velocidade máxima de caminhada (VMC). De modo subsequente, as participantes foram aleatorizadas para os protocolos de CI (5 x 3min@95%VMC:3min@55%VMC) ou CC (30 minutos a 75% da VMC). Frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), glicose, lactato sanguíneo (LAC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) foram coletados nos momentos pré, durante e após as sessões. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e reatividade simpátovagal foi registrada antes e após as sessões de esforço em posição supina e ortostática. **Resultados:** Em comparação à CC, a CI proporcionou maior $\dot{V}O_{2PICO}$ ($p = 0,002$) e FC_{PICO} ($p = 0,004$). Para lactato, houve interação e o aumento estatisticamente significativo do momento pré- para o momento pós-caminhada ocorreu apenas na CI ($p = 0,003$). Observou-se efeito do momento (pré vs. pós) para PAS ($F = 31,19$; $p < 0,001$), PAD ($F = 6,69$; $p = 0,012$) e glicose ($F = 46,92$; $p < 0,001$) e intervalos R-R medidos nos momentos pré- e pós-caminhada. Foi identificada interação momento vs. modo de caminhada no RMSSD (raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os ciclos normais, $p = 0,04$), e no componente HF (componente de alta frequência, $p = 0,04$). A reatividade simpátovagal não foi afetada pelo tipo de caminhada. **Conclusões:** A ausência de diferença estatisticamente significativa na RSP mostra que os dois modos de caminhada podem ser seguros para idosos, considerando o ponto de vista autonômico e, embora ambos protocolos não tenham diferido significativamente quanto à percepção subjetiva de esforço, a caminhada intervalada induziu maior impacto metabólico e cardiorespiratório.

Palavras chave: caminhada intervalada; exercício; idosos;

Abstract

Walking is the most popular form of physical exercise among the elderly, and its practice can delay the effects of aging. Recently, an alternative model has been proposed, known as interval walking (IW), which provides an improvement in physical fitness and health parameters. However, none analyzed its impact on hemodynamic and autonomic adjustments in the elderly, which could contribute to a better IW prescription. **Objective:** Measure the acute responses in a continuous walking (CW) or IW session in elderly women, and compare them according to the level of physical activity. **Methods:** Thirty of five elderly women, between 60 and 75 years old, composed the sample. In the first session, an incremental test was performed to determine the maximum walking speed (MWS). Subsequently, the participants were randomized to the IW (5 x 3min @ 95% MWS: 3min@ 55% MWS) or CW protocols (30 minutes at 75% of the MWS). Heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), oxygen uptake ($\dot{V}O_2$), glucose, blood lactate (LAC), and rating of perceived exertion (RPE) were collected in the moments before, during and after the sessions. Heart rate variability (HRV) was recorded in a supine and orthostatic position and sympathovagal reactivity was measured before and after exercise sessions. **Results:** In comparison to CW, IW provided greater VO_{2PICO} ($p = 0.002$) and FC_{PICO} ($p = 0.004$). For lactate, there was interaction, and the statistically significant increase from the pre- to the post-walk moment occurred only in IW ($p = 0.003$). There was an effect of the moment (pre vs. post) for SBP ($F = 31.19$; $p < 0.001$), DBP ($F = 6.69$; $p = 0.012$) and glucose ($F = 46.92$; $p < 0.001$) and RR intervals measured in the pre- and post-walk moments. Moment vs. time interaction was identified walking mode in the raiz quadrada media da diferença do intervalo de sucessivas (RMSSD, $p = 0.04$), and in the high frequency (HF, $p = 0.04$). Sympathovagal reactivity was not affected by the type of walking. **Conclusions:** The absence of a statistically significant difference in sympathovagal reactivity shows that, from an autonomic point of view, the two modes of walking can be safe for elderly women. Although both protocols did not differ statistically in terms of the subjective perception of effort, interval walking induced a greater metabolic and cardiorespiratory impact.

Keywords: interval walking; exercise; older adults;

Lista de figuras

Figura 1. Demonstrativo gráfico de pressão arterial sistólica e diastólica.

Figura 2. Sinais de eletrocardiograma (ECG).

Figura 3. Intervalo R-R obtido de um indivíduo saudável de repouso em decúbito dorsal por 10 min.

Figura 4. Análise espectral de potência de variabilidade R-R (média dos intervalos).

Figura 5. Escala de percepção subjetiva de esforço.

Lista de abreviaturas e siglas

- CC:** Caminhada contínua
- CI:** Caminhada intervalada
- DP:** Duplo produto
- FC:** Frequência cardíaca
- LAC:** Lactato
- LF/HF:** Balanço simpátovagal
- PA:** Pressão arterial
- PSE:** Percepção subjetiva de esforço
- SNA:** Sistema nervoso autônomo
- SNS:** Sistema nervoso simpático
- SNP:** Sistema nervos parassimpático
- SNC:** Sistema nervoso central
- VO₂** Consumo de oxigênio
- VO_{2MAX}** Consumo máximo de oxigênio
- VFC:** Variabilidade da frequência cardíaca

Sumário

Sumário	11
1. Introdução	14
2. Justificativa e Relevância.....	16
3. Objetivos	17
3.1 Objetivo geral.....	17
3. 2 Objetivos específicos	17
4. Hipóteses	18
5. Revisão de literatura.....	19
5.1 Epidemiologia do envelhecimento.....	19
5.2 Desempenho humano.....	20
5.3 Adaptações fisiológicas do sistema cardiovascular.....	28
5.4 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC).....	33
5.5 Variabilidade da frequência cardíaca e envelhecimento.....	41
5.6 Treinamento intervalado e idosos	45
5.7 Caminhada intervalada	48
6. Materiais e métodos	51
6.1 Tipo de estudo e cenário	51
6.1.1 Caracterização das variáveis	51
6.1.2 Variáveis dependentes:	51
6.2 Amostra	52
6.2.1 Recrutamento de participantes	52
6.3 Aspectos éticos da pesquisa.....	52
6.4 Delineamento experimental	53
6.4.1 Procedimentos pré-experimentais.....	54
6.5 Procedimentos de coleta de dados	56
6.5.1 Avaliação Antropométrica	56
6.5.2 Estatura	56
6.5.3 Massa corporal	56

6.5.4 Medidas de composição corporal.....	56
6.6 Variáveis fisiológicas.....	57
6.6.1 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC).....	57
6.6.2 Reatividade simpátovagal (LF/HF).....	57
6.6.3 Frequência Cardíaca (FC).....	58
6.6.4 Pressão arterial (mmHg).....	58
6.6.5 Consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$).....	59
6.7 Variável perceptual	59
6.7.1 Escala de percepção de esforço (PSE) 6-20.....	59
6.8 Variáveis bioquímicas	60
6.8.1 Lactato sanguíneo (mmol/L)	60
6.8.2 Glicose (mg/dl).....	60
7. Sessões com esforço físico	61
7.1 Familiarização.....	61
7.2 Teste incremental	61
7.2.1 Caminhada Contínua (CC) e Caminhada Intervalada (CI)	61
8. Análise estatística.....	62
9. Cronograma.....	63
10. Orçamento.....	56
11. Referências	57
Apêndices.....	80
Apêndice I - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	80
Apêndice II- Artigo original redigido nas normas do Journal of Aging and Physical Activity	82
INTRODUÇÃO	86
MÉTODOS	87
Amostra	87
Critérios de elegibilidade.....	88

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	89
Sessão inicial.....	89
Teste incremental	89
Sessões experimentais.....	90
VARIÁVEIS ANALISADAS	90
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	92
RESULTADOS	93
DISCUSSÃO	100
REFERÊNCIAS	106

1. Introdução

O envelhecimento é um processo degenerativo causado por declínio das funções orgânicas, degeneração multissistêmica e funcional (CHODZK-ZAJKO et al., 2009). Aspectos como perda de força muscular, diminuição da capacidade regenerativa tecidual, perda de capacidade mitocondrial e diminuição da sensibilidade à insulina podem maximizar essas alterações. Embora o envelhecimento afete a diminuição da massa muscular ao decorrer dos anos (DISTEFANO; GOODPASTER, 2018), fatores como estilo de vida podem potencializar essas alterações em indivíduos mais velhos (PISOT et al. 2016). Adicionalmente, a diminuição da atividade física ao longo das décadas induz ao aumento da morbidade e mortalidade (BEAGLEHOLE et al. 2011), contribuindo para prevalência de doenças cardiovasculares, caracterizando a principal causa de morte em idosos (CAMOZATTO et al. 2014). Embora a associação da atividade física e envelhecimento saudável ainda esteja conceituada como processo multidimensional (SABIA et al. 2012), a atividade física contribui para melhoria de aspectos de aptidão física e saúde mental de idosos (BHERER, 2015; CHRISTENSEN et al., 2003; FORBES et al., 2015), maximizando a aptidão funcional pelo aumento da autonomia para realização de atividades cotidianas (KOSTIĆ et al. 2011).

O envelhecimento acomete severamente o sistema cardiovascular, caracterizado pela diminuição da sua regulação autonômica global (UMETANI et al., 1998), sendo que parâmetros de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) podem espelhar um processo de longevidade e vitalidade (ZULFIQAR et al., 2010). Conceitualmente, a deterioração sistêmica no envelhecimento pode ser vista como redução na complexidade fisiológica de interação sistêmica, o que pode comprometer a responsividade às adaptações externas e expor o idoso a maior vulnerabilidade clínica. Essa complexidade nas alterações decorre da degradação entre as conexões neurais, diminuição de interação entre os sistemas biofisiológicos, o que leva a uma funcionalidade reduzida (LIPSITZ, 2002). Em paralelo a isto, a atividade física é recomendada para idosos por minimizar o risco de doenças crônicas, cardiovasculares, diabetes mellitus do tipo 2, osteoporose, sendo fundamental para manutenção da massa muscular e força, promover diminuição do tecido adiposo e aumento da aptidão cardiorrespiratória em idosos

(GARBER et al. 2011; LARSON et al. 2006; NELSON et al. 2007).

Neste contexto, destaca-se a caminhada como atividade amplamente praticada (NOTTHOFF; CARSTENSEN, 2014) e preferida pela população de idosos, além de ser uma atividade preditora de fadiga, visto que indivíduos que possuem menor velocidade, menor confiança ao caminhar, apresentam pior condição física (JULIUS et al. 2012; SIMONSICK et al. 2014; VESTERGAARD et al. 2009), caminhar também impõe uma demanda mais elevada nos sistemas neuromuscular, cardiorrespiratório e metabólico, o que sugere a melhoria da saúde cardiometabólica (SZANTON et al. 2015). A caminhada é uma atividade que possui relação proporcionalmente inversa com doença cardíaca, acidente vascular, diabetes e outros problemas de saúde mais comuns na velhice (YATES et al. 2009). Ademais, possui forte correlação com a saúde cardiovascular e aumento da expectativa de vida em idosos (GREGG et al. 2003).

No domínio deste modelo de esforço, ressalta-se caminhada intervalada, que é um modelo de atividade na qual se realizam esforços em intensidade mais elevada, alternadas com períodos de recuperação em baixa intensidade (MASUKI et al. 2017). Caminhadas mais rápidas, com intensidade moderada e velocidade de $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ têm sido apontadas como fator protetivo para minimizar o impacto da perda de funcionalidade e outras doenças relacionadas ao envelhecimento (NEMOTO et al. 2007). Em estudos crônicos, a caminhada intervalada tem sido fortemente estudada, e seus benefícios na população de idosos parecem estar bem consolidados (NEMOTO et al. 2008; MASUKI et al. 2019; MASUKI et al. 2017; MORIKAWA et al. 2011). Adicionalmente, ela tem sido estudada também quanto aos seus impactos agudos, inclusive em populações idosas com algumas comorbidades (KARSTOFT et al. 2014; NAVALTA et al. 2004; NAIR et al. 2015). Em suma, entre diferentes formas de prescrição de exercício intermitente para idosos, a caminhada intervalada é um modo de atividade que tem ganhado espaço na literatura internacional por promover redução da pressão arterial de modo mais efetivo em indivíduos jovens, de meia idade e idosos quando comparada a atividades realizada em intensidade moderada e de modo contínuo (OKAMOTO; HASHIMOTO; KOBAYASHI, 2018).

2. Justificativa e Relevância

Estudos demonstram que a redução do desempenho físico em idosos está associada ao aumento da mortalidade (PRINCE et al. 2008), uma vez que o envelhecimento promove diminuição da massa muscular, alterações na morfologia da unidade motora e no desempenho motor, provocando prejuízos em habilidades funcionais (JABBOUR; MAJED, 2018). A incapacidade funcional é causada pela falta de atividade física, um prejuízo prevalente na velhice e frequentemente associado à alterações fisiológicas e funcionais que impedem o indivíduo de manter-se ativo ao longo da vida (MURTAGH et al. 2015). Por outro lado, o exercício aeróbio pode minimizar o desenvolvimento dessas doenças em idosos, promover maior benefício para a função cognitiva e cardiovascular, fatores que podem implicar em melhorias clinicamente importantes para o indivíduo idoso (NEMOTO et al. 2007).

Alternativamente, marcadores fisiológicos do esforço da caminhada, incluindo consumo de oxigênio, lactato, e frequência cardíaca parecem ser mais adequados para investigar as respostas agudas do exercício em adultos mais velhos. Ainda, não está bem esclarecido se as mudanças no sistema nervoso autônomo são em decorrência de alterações do nível de aptidão física, fatores de estilo de vida, como o uso de álcool, tabaco, prevalência de obesidade e alterações fisiopatológicas e biológicas oriundas do processo de envelhecimento (FUKUSAKI; KAWAKUBO; YAMAMOTO, 2000; FELBER et al. 2006). É nesta perspectiva que o presente estudo reside. Ele busca investigar os efeitos da caminhada contínua e intervalada em marcadores hemodinâmicos, metabólicos e na reatividade simpátovagal de idosos ativos e sedentários. A análise dos ajustes agudos ao exercício físico poderá contribuir no melhor entendimento da fisiologia do esforço na terceira idade e na compreensão do estilo de vida ativo no sistema nervoso autonômico e em parâmetros associados a aspectos cardiometabólicos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo geral

Mensurar as respostas agudas em uma sessão de caminhada contínua ou caminhada intervalada em idosas, e compará-las segundo nível de atividade física.

3.2 Objetivos específicos

- Mensurar as respostas do sistema nervoso autonômico através de variáveis em seu domínio do tempo e da frequência frente ao esforço físico realizado de modo agudo para modo de caminhada e nível de atividade física;
- Analisar o comportamento dos índices de VFC no domínio da frequência quanto aos seus componentes LF e HF nos protocolos de caminhada;
- Verificar o comportamento da reatividade simpátovagal (RSP) através do balanço simpátovagal razão (LF/HF) em posição supina e ortostática, conforme o modo de caminhada;
- Quantificar as respostas das variáveis metabólicas de lactato sanguíneo e de glicemia, conforme o modo de caminhada e nível de atividade física;
- Investigar as respostas das variáveis hemodinâmicas e de percepção subjetiva de esforço, conforme o modo de caminhada e nível de atividade física dos idosos.

4. Hipóteses

A caminhada intervalada é um modelo de atividade física que melhora a aptidão física e aspectos da saúde cardiovascular em idosos quando foi observada em estudos crônicos (NEMOTO et al. 2007; MORIKAWA et al. 2011). De modo agudo, hipotetizamos que a sessão de caminhada intervalada aumentará as demandas cardiovasculares e metabólicas de modo superior em idosas sedentárias em comparação a idosas ativas. Espera-se predominância do sistema nervoso parassimpático nas idosas sedentárias em relação às ativas. Além disso, hipotetizamos aumento significativo do duplo produto (DP) após as sessões de caminhada intervalada para idosas sedentárias (NAVALTA et al. 2004), em concomitância diminuição do nível glicêmico (KARSTFOT et al. 2014); porém, de modo mais pronunciado nas participantes ativas, pela maior capacidade de transporte de oxigênio e utilização de glicose intra-muscular.

Considerando que o DP é reflexo da frequência cardíaca (em bpm) multiplicada pela pressão arterial sistólica (mmHg), idosas com maior condicionamento físico teriam melhor adaptação ao esforço intervalado, ao passo que idosas sedentárias sofreriam impacto agudo mais severos deste modelo de esforço. Idosos possuem ajuste mais lento na utilização de oxigênio no exercício, portanto, hipotetizamos também maior consumo de oxigênio pico na sessão de caminhada intervalada, tendo em vista a característica de ajustes cardiorespiratórios e neuromusculares exercidos por este modelo de esforço (GURD et al. 2008; SCHEUERMANN et al. 2002). Por fim, hipotetizamos que a caminhada intervalada induzirá valores mais altos de pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica, enquanto o modo de caminhada contínua resultará de modo agudo em efeito hipotensivo arterial pós-exercício resultante da diminuição da resistência vascular periférica (RVP), devido aumento do volume sistólico induzido pela atividade (KENNEY; SEALS, 1993; HALLIWILL et al. 2013). Deste modo, adaptações dos mecanismos centrais cardiovasculares como a redução dos valores de pressão arterial sistólica e diastólica também são hipotetizadas como respostas agudas induzidas por vasodilatação sanguínea e redução débito cardíaco (MOLMEN et al. 2012). Além disso, esperamos alterações dos intervalos R-R com valores de frequência cardíaca mais altos, modulação autonômica com maior magnitude na caminhada intervalada.

5. Revisão de literatura

5.1 Epidemiologia do envelhecimento

O estudo sobre a epidemiologia do envelhecimento iniciou em 1940 pelo *Epidemiologic Research on Aging* e em 1974 se preconizou a criação de programas como a gerontologia e geriatria, os quais são especializados no atendimento e acompanhamento das alterações específicas do processo de envelhecimento (FRIED, 2001). Em 1980 houve um despertar sobre o fato de que a população envelhecia e quais estratégias seriam suficientes para minimizar os impactos do envelhecimento. A partir daí, surgia um ponto de partida para estudos longitudinais e de coorte que acompanham idosos ao longo do processo de amadurecimento, envelhecimento, dada a relevância destas questões na saúde pública neste cenário (BRANCH, 1984) e tendo em vista o aumento da população de “idosos mais velhos”, ou seja, os que possuem mais de 85 anos. Com o desenvolvimento demográfico, faz-se necessário desenvolver mecanismos que possam estruturar os cuidados com a saúde, os atendimentos prestados e os financiamentos oriundos da saúde pública para atender a população idosa. Ressalta-se, então, a importância de compreender o envelhecimento, as doenças subjacentes e seu impacto na saúde pública. Por sua vez, a epidemiologia do envelhecimento é respaldada tanto no conhecimento dos fatores etiológicos, quanto no desenvolvimento de medidas interventivas (FRIED, 2000).

Na década de 1970 o perfil demográfico do Brasil foi modificado de uma sociedade rural, com famílias com grande número de pessoas e prevalência de morte na infância, para uma sociedade contemporânea e urbanizada. A sociedade que até há algum tempo era predominantemente jovem, atualmente sofre um grande crescimento populacional, justificada por um aumento ao longo dos anos do número de pessoas com mais de 60 anos de idade (MIRANDA; MENDES; SILVA, 2016). O crescimento da população é resultado da redução de baixas taxas de natalidade e redução dos índices de mortalidade, fator este que vem impactando fortemente em problemas de saúde pública (ALVES, 2008). Tais perspectivas resultaram num desafio para os dias atuais, uma vez que implica em aumento da utilização dos serviços de saúde para garantir que os indivíduos envelheçam com qualidade de vida (FERRUCCI et al. 2008).

Esse envelhecimento da população acarreta problemas de saúde pública e na previdência social, contudo, envelhecer não significa obrigatoriamente adoecer, mas ele está associado ao aparecimento de doenças e, com isso, aumento nas demandas pelos serviços de saúde (KALACHE, 2008).

Em países desenvolvidos, como Itália e Alemanha, com a melhoria das condições de vida da população idosa, aproximadamente 19% da população de habitantes do continente é idosa. Nesta perspectiva, o continente europeu continuará sendo uma das populações mais antigas do mundo no século XXI, com estatística de um para cada quatro habitantes com mais de 65 anos até o ano de 2030. A expectativa de vida que era de 47,3 anos em 1900, aumentou para 68,2 anos em 1950, e permaneceu aumentando até segunda metade do século XX (FERRUCCI et al. 2008). Com o envelhecimento da população mundial, espera-se que o número de idosos com condições crônicas de saúde e limitações físicas cresça substancialmente, o que irá acarretar em uma sobrecarga aos serviços de saúde (WHO, 2011). O aumento da população idosa impacta diretamente na utilização dos serviços de saúde, incluindo hospitalizações e internações mais frequentes, prevalência de doenças não transmissíveis é mais comum, assim como a exigência de cuidados específicos, tratamento medicamentoso prolongado e, na maioria dos casos contínuo e acompanhamento médico periódico (VERAS, 2016).

E, enquanto nos países desenvolvidos o envelhecimento populacional ocorreu de acordo com o crescimento socioeconômico, em países em desenvolvimento, como no Brasil, ele vem crescendo de modo acelerado e desproporcional em relação ao seu padrão de desenvolvimento econômico (JUNIOR; MARTINS, 2015). A situação mais agravante neste cenário está em consonância com uma população de idosos acima dos 80 anos que possui problemas de saúde mais graves, além de comprometimento cognitivo e mental severos e que requerem o triplo de recursos financeiros e cuidados gerontológicos (MINAYO, 2012).

5.2 Desempenho humano

O processo de envelhecimento é marcado por mudanças fisiológicas capazes de gerar perda de capacidade progressiva, silenciosa e multifatoriais ao longo dos anos de sua projeção. O envelhecimento é caracterizado por perdas progressivas nas funções orgânicas, física e de natureza funcional, explicitado

como uma condição que contribui para prejuízos na qualidade de vida (SUNG; CHUANG, 2010). O aumento da mortalidade, diminuição da fertilidade, assim como prejuízos nos demais sistemas do organismo fazem parte do processo do envelhecimento biológico (LARSSON et al. 2019). Estudos populacionais sobre as origens do desenvolvimento humano acerca dos aspectos de saúde e doença mostraram que fatores ambientais podem gerar consequências de longo prazo para a saúde (BATESON et al. 2004).

Este fato também descreve um fenômeno baseado em duas estratégias de adaptação em que uma é a seleção natural, com base na genética que prevalece ao longo de décadas em cada geração, e a plasticidade que está predominante na vida do indivíduo, cuja *"a capacidade de um único genótipo produzir mais de uma forma alternativa de estrutura, estado fisiológico ou comportamento em resposta às condições ambientais"* (SAYER et al. 2008). O envelhecimento está associado a declínio sistêmico e funcional, entre eles a perda de massa muscular e força (KIECOLT-GLASER et al. 2001; ERSHLER; KELLER, 2000) e, conseqüentemente, também na potência muscular (TAYLOR, 2014). O iminente risco de quedas nessa faixa etária expõe o indivíduo a uma condição de fragilidade, reforçando a perda de capacidade funcional, prejudicando a homeostase fisiológica e diminuição da capacidade do organismo a agentes estressores externos (ODDEN et al. 2015).

Nesta perspectiva avançamos pelo cenário de "capacidade intrínseca" que envolve todas capacidades de qualidade de vida do indivíduo que o permitem andar, raciocinar, ver, ouvir e recordar. Compreender o conceito de envelhecimento saudável e os parâmetros que interagem entre si, tanto a componentes físicos quanto mentais, que se associam com sedentarismo, alimentação adequada e que sofrem impacto de inúmeros fatores de natureza exógena garantem que estratégias eficientes sejam empregadas de forma mais efetiva nesse contexto (ACSM, 2013). Em decorrência da influência da aptidão física sob os aspectos de independência funcional, o envelhecimento detém uma relação importante quanto ao consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$). Segundo Shephard (2003), a diminuição de capacidade do sistema cardiorrespiratório, representado pelo $\dot{V}O_{2MAX}$, e o seu declínio associado à idade ocorre de maneira não-linear e possui uma correlação com a diminuição dos níveis de atividade física (WANNAMETHEE et al. 2006).

O $\dot{V}O_{2MAX}$ é a capacidade máxima de transporte e utilização de oxigênio e

parâmetro de mensuração da capacidade aeróbia. O envelhecimento acarreta perda de funcionalidade deste mecanismo em cerca de 10% por década, a partir dos 25 anos de idade e 15% entre 50 e 75 anos (ASTRAND 1960; HAWKINS et al., 2003). Portanto, a diminuição no consumo máximo de oxigênio parece estar associada com mecanismos centrais e periféricos, e independente do nível de aptidão física dos indivíduos (HAWKINS; WISWELL, 2003). As diretrizes de prescrição de exercício se baseiam na taxa de energia gasta durante as distintas tarefas do dia, denominadas “equivalente metabólico de tarefas”, que é abreviado em MET's (HOLTERMANN; STAMATAKIS, 2018). As atividades realizadas para um valor MET representam maior esforço relativo no indivíduo idoso, uma vez que se trata de uma variável influenciada pelo processo de envelhecimento, a sua diminuição é determinada por vários aspectos de natureza funcional, alterações fisiológicas, psicológicas e físicas, como problemas ortopédicos e dificuldades de locomoção (ACSM, 2007).

Outra consequência do envelhecimento é o comprometimento nas funções cardiovasculares, com declínio acentuado da função cardiovascular agravado pelo nível de sedentarismo ao longo da vida (FLEG et al.1986). Com aumento da expectativa de vida, observa-se também aumento na prevalência de doenças cardiovasculares, representando fator de risco para morbidade e mortalidade para idosos (FOROUZANFAR et al., 2017). Neste contexto, o estudo longitudinal do *Framingham Heart Study* acompanhou indivíduos por 30 anos, e observou aumento de prevalência da pressão arterial entre os 30 e 84 anos (PINTO, 2007), sendo que os valores de pressão arterial tendem a aumentar com o avanço dos anos (LEWINGTON et al. 2002). Ao envelhecer, é esperado que o indivíduo desenvolva uma série de complicações que estão associadas a este processo, e os sistemas orgânicos têm seus diversos mecanismos prejudicados. No sistema cardiovascular há diminuição na capacidade de responder a estímulos externos, como é o caso da frequência cardíaca que apresenta uma diminuição no seu ritmo em decorrência de menor respostas dos receptores beta-adrenérgicos (MEERSMAN, 1993).

Outro problema muito comum na população idosa é a prevalência de hipertensão arterial que aumenta substancialmente e um número crescente de idosos tem se apresentado como hipertenso (ANKER et al. 2018). Na maioria dos casos, a hipertensão arterial é uma doença que não apresenta sintomas e, quando estabelecida, requer tratamento medicamentoso, representa uma das principais

causas de doença cerebrovascular, insuficiência renal (HAMILTON et al., 2003), doença coronariana e insuficiência cardíaca (FOROUZANFAR et al. 2017). Com o aumento da expectativa de vida, foi observado o aparecimento várias doenças, principalmente de natureza cardiovascular. Considerando a linearidade dos valores pressóricos com a idade (LEWINGTON et al. 2002), quando analisada de modo isolada em estudos populacionais, foi mostrado que a pressão arterial sistólica (PAS) sofre um aumento ao longo dos anos, enquanto a pressão arterial diastólica (PAD) diminui após os 70 anos de idade (BURT et al. 1995; WOLF-MAIER et al. 2003), conforme representado na figura 1, apresentando uma variação em relação com a faixa etária, com aumento até os 50 anos e diminuindo gradualmente até os 84 anos.

O quadro de hipertensão arterial sistêmica (HAS) é uma das principais causas de morte e hospitalização no mundo (WAN et al. 2016), a qual é diagnosticada quando apresenta valores de modo permanente acima de 140mmHg para sistólica de 90 mmHg para diastólica, conforme acompanhamento periódico ambulatorial (SIU et al., 2015). O aumento permanente da pressão arterial prejudica o funcionamento do sistema cardiovascular, comprometendo as estruturas das artérias, ocasionando enrijecimento arterial associado à hiperplasia e hipertrofia de células musculares, perda de contratilidade das células musculares e disfunção endotelial (VARIK et al. 2012).

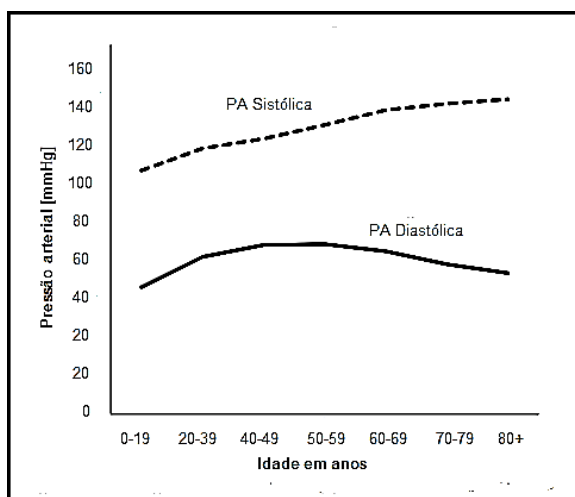


Figura 1. Adaptado de Anker et al., 2018. Dados extraídos da Pesquisa Nacional de Exame de Nutrição e Saúde realizada nos EUA entre 2013 e 2014. **Fonte:** Centros de Controle e Prevenção de Doenças. **PA:** pressão arterial; **mmHg:** milímetros de mercúrio.

O envelhecimento está relacionado a inúmeras alterações na composição corporal. Um grande número de idosos é afetado pela sarcopenia, processo biológico que acarreta em perda de massa muscular, principalmente em indivíduos que se mantiveram sedentários ao longo da sua vida. Ela também é uma das características mais comuns no envelhecimento, e está associada à perda de equilíbrio e aumento da prevalência de quedas (MORLEY et al. 2014). A sarcopenia decorre de processo multifatorial e tem como causas a redução dos níveis hormonais e diminuição da síntese de proteína. Como o envelhecimento reduz drasticamente a força muscular de membros inferiores, a condição geralmente é acompanhada por dores nos joelhos, perda de estabilidade articular agravando a perda muscular por induzir o indivíduo a diminuir seus níveis de atividade cotidiana (MURAKI et al. 2009), impossibilitando a realização de atividade física, sobretudo em alta intensidade (HANDA et al. 2016).

Os seres humanos perdem cerca de 40% da massa muscular aos 80 anos de idade em decorrência da atrofia das fibras musculares e redução da área transversal (AST) das fibras de contração rápida, tipo 2 (DOHERTY, 2003). As fibras dessa característica geram quatro a seis vezes mais energia por unidade de massa muscular em relação às fibras de contração lenta, o que resulta em déficit no fornecimento de energia, reforçando um quadro de fragilidade, perda de mobilidade e alta associação com quedas (CLAFLIN et al. 2011), o que acarreta a uma perda progressiva da força muscular, que também está associada a aumento da massa de gordura acentuando problemas de natureza física e comprometimento do aparelho locomotor em um ciclo de prejuízos das funções fisiológicas, físicas e funcionais (BOUCHARD, 2009). Por outro lado, o exercício físico é uma estratégia importante para melhoria da força muscular e manutenção da massa muscular, além disso, o exercício aeróbico se destaca como medida eficiente para manter a massa muscular e minimizar a perda das capacidades funcionais de indivíduos com mais de 60 anos (BARBAT-ARTIGAS et al. 2014).

De modo isolado, a obesidade é um fator de risco para indivíduos idosos (CRUZ-JENTOFT et al. 2010), e está associada a doenças não transmissíveis, como diabetes, hipertensão arterial e osteoartrite, o que impacta diretamente nas funções motoras, diminuição da força muscular (LARSSON et al. 2019), agravando o quadro de obesidade sarcopênica. A redução da força muscular, decorrente do excesso de peso corporal, caracteriza um quadro de obesidade sarcopênica, que dificulta

sustentação do peso, e impossibilita acentua o processo de independência funcional (STENHOLM et al. 2009).

A perda de independência funcional causada pela atrofia muscular em indivíduos idosos se associa diretamente com o comprometimento da mobilidade, diminuição dos reflexos e atraso na velocidade de marcha (LARSSON et al. 2019). A velocidade no ritmo da caminhada tem sido apontada como preditora de perda de capacidade funcional, de tal modo que representa fator de risco para aumento de quedas, morbidade e mortalidade (AFILALO et al. 2010; FRIED et al. 2001; STUDENSKI et al. 2011). As estratégias para aumentar a capacidade funcional do indivíduo idoso ou minimizar o impacto do declínio funcional devem ser multifatoriais, tendo em vista tratar os distintos agravos do processo de envelhecimento (BLUMENTHAL et al. 1999), na maioria das vezes acompanhado por comorbidades (COLÓN-EMEIC et al. 2013).

Dados sugerem que aos 50 anos de idade há perda de 10% de massa muscular, sendo que a força muscular diminui 15% entre os 60 e 70 anos e esta perda é duas vezes maior após os 80 anos de idade (HUGHES et al. 2002). A sarcopenia deriva dos termos em grego “*sarx*” (carne) e “*penia*” (perda) (ROSENBERG et al. 1997) e é uma das modificações mais severas na composição corporal decorrentes do envelhecimento caracterizada pela perda de massa muscular (BUFORD et al., 2010) e de desempenho físico (CRUZ-JENTOFT et al., 2010), acentuando os fatores de fragilidade (FRIED et al. 2009) e aumentando o risco de perda funcional em até três vezes em comparação a indivíduos saudáveis (BAUER et al. 2008).

Decorrente das alterações metabólicas oriundas do envelhecimento, inclui diminuição na síntese de proteína e, a princípio, sem alteração na degradação muscular (EVANS et al. 2008). Adultos com mais de 65 anos e com diabetes mellitus (DM) do tipo 2 têm um risco mais elevado de desenvolver sarcopenia e, em consequência disso deficiência física (KALYANI et al. 2010). Embora ainda se desconheça o mecanismo que é responsável pela diminuição da massa muscular no quadro do DM tipo 2, alterações na síntese de proteína no músculo esquelético podem estar associadas e exercer influência relevante nesta disfunção metabólica (CUTHBERTSON et al. 2005).

Adicionalmente ao agravo da obesidade sarcopênica, dois aspectos da sociedade moderna, o rápido envelhecimento populacional e aumento do número de

indivíduos idosos com sobrepeso e obesidade (ROUBENOFF, 2000) promovem redução elevada de força muscular resultando em um processo degenerativo muito comum nessa população (CLARK; MANINI, 2008). Indica-se que o tecido muscular perde drasticamente sua capacidade de se reparar ao longo dos anos. Tal condição é proveniente do aumento da resistência à insulina e consequente aumento de gordura corporal. A diminuição da taxa metabólica basal contribui intimamente para redução da massa magra; não obstante, esses fatores interagem entre si, desencadeando inflamações crônicas, alterações hormonais e comprometendo substancialmente a composição corporal (EVANS et al. 2008). O declínio da massa muscular na população idosa segue determinado por várias alterações de natureza micro e macroestruturais (ZHONG; CHEN; THOMPSON, 2007) tendo em vista a complexidade do tecido muscular e limitação dos estudos frente a este processo. As mudanças neste tecido são acompanhadas de modo longitudinal, assim como as adaptações ao longo das décadas que evoluem de acordo com o desenvolvimento e evolução da espécie humana (SIPARSKY et al., 2013).

Em um estudo longitudinal, Frontera et al. (2000) acompanharam o envelhecimento do tecido muscular esquelético e compararam a área de secção transversa da coxa por 12 anos. No início do estudo, os pacientes tinham idade média de $65,4 \pm 4,2$ anos de idade e ao final $77,6 \pm 4,0$ anos. A quantificação das alterações de massa muscular se deu através de medida na coxa que ao início do estudo era de 136 cm^2 e após o período foi de 116 cm^2 , o que resultou em uma redução de 15% caracterizando substancial perda de força muscular nos membros inferiores. Além das desordens de natureza física e cardiorrespiratória, do ponto de vista metabólico, a resistência à insulina também representa um fator de risco com o avançar da idade. A intolerância à glicose ocasionada pelo envelhecimento é principalmente marcada pela hiperglicemia pós- prandial que, com a diminuição da capacidade de compensação das células β acarreta o quadro de resistência à insulina em indivíduos idosos (CHANG et al. 2003). A redução da secreção da insulina pode resultar em uma diminuição da tolerância à glicose, levando a uma predisposição ao diabetes (LITHGOW; LEGGATE, 2018). Além das complicações macrovasculares e microvasculares, na maioria dos casos idosos com diabetes mellitus possuem outras doenças etiologicamente associadas, como incontinência urinária, osteoporose, depressão e comprometimento cognitivo, o que torna o tratamento mais complexo, gerando altos custos para saúde do indivíduo

(YAKARYILMAZ; ÖZTÜRK, 2017). O aumento do risco de complicações neurológicas, renais, endócrinas e cardiovasculares (ADA, 2012), além do risco aumentado de amputação de membros, retinopatia, infarto do miocárdio também são consequências da DM, principalmente em idosos com mais de 75 anos, devido ao aumento da resistência à insulina (HORAK, 2006) e desregulação das ilhotas de *Langerhans* que atuam como mecanismo de regulação do metabolismo de carboidratos e na etiologia da diabetes é prejudicado (YAKARYILMAZ; ÖZTÜRK, 2017).

Do ponto de vista fisiológico, o envelhecimento se dá pela morte intracelular e, diferentemente de como ocorre na juventude, não há renovação celular. A apoptose, que é um processo natural para o desenvolvimento de seres vivos, na população idosa está relacionada ao surgimento de várias doenças crônicas, como a osteoporose que resulta em um aumento da fragilidade óssea com a diminuição da densidade mineral óssea (HANLEY; JOSSE, 1996).

A perda de tecido fibroso decorrente da taxa mais lenta de renovação celular tem enorme impacto na saúde de indivíduos idosos e está entre os distúrbios mais graves da população nessa faixa etária. As quedas são as consequências mais comuns da osteoporose e responsáveis por cerca de 70% das fraturas em idosos com idade mínima de 65 anos (BURGE et al. 2007) e, embora haja tratamentos preventivos eficientes, a presença de outras comorbidades se torna um fator a mais para o aumento do risco de quedas (CURTIS; SAFFORD, 2012). Nos países situados na região ocidental, o risco de fraturas causadas por quedas na população idosa cresce cerca de 40 a 50% em mulheres e em homens cerca de 13 a 22% (JOHNELL; KANIS, 2005).

Na maioria dos casos, as quedas são seguidas de hospitalização, longo período de tratamento, comprometimento das capacidades funcionais e morte (BEAUPRE et al., 2005). O conceito de fragilidade está diretamente associado ao quadro de osteoporose que impõe ao indivíduo em condição clínica comprometida alta vulnerabilidade (GOBBENS et al. 2010). A fragilidade que é agravada por múltiplos fatores como desnutrição, declínio das funções hormonais, comorbidades (AHMED; MANDEL; FAIN, 2007), aumenta de modo linear e prevalente com o envelhecimento em 10,7% de indivíduos acima de 65 anos (COLLARD et al. 2012) e em 50% de idosos com mais de 85 anos (CLEGG et al. 2013).

A associação entre fragilidade e osteoporose é reforçada pelo fato de que

quanto mais frágil é o idoso, mais suscetível e exposto a quedas ele está, o que, consequentemente, aumenta as chances de uma fratura osteoporótica (ROCKWOOD; THEOU; MITNITSKI, 2015). O envelhecimento progressivo da sociedade, apesar de não ser uma surpresa, por ser resultante do desenvolvimento mundial, impacta diretamente na perspectiva de saúde por afetar o mecanismo dos sistemas orgânicos simultaneamente. Entre as alterações de comportamento das variáveis hemodinâmicas, observa-se um atraso no ciclo cardíaco, com comprometimento na velocidade de contração do miocárdio, relaxamento diastólico, resultando em uma taxa de enchimento ventricular 50% menor entre os 20 a 70 anos de idade (KLAUSNER; SCWARTZ, 1985).

Dados do *American Heart Association* (AHA) indicam que 81% das mortes por doença coronariana são de idosos, sendo que a insuficiência cardíaca é a principal causa de internações de indivíduos com mais de 65 anos e uma a cada cinco pessoas morre após diagnóstico de doença cardiovascular, para tanto, o número de hospitalizações também aumenta de modo descompensado. Em cada sete internações por insuficiência cardíaca, uma envolve pacientes com mais de 80 anos de idade (DAI et al. 2012). E este agravo poderia ser melhor manejado com a prática de exercícios físicos (CHODZK-ZAJKO et al. 2009).

5.3 Adaptações fisiológicas do sistema cardiovascular

O coração é o órgão responsável por bombear o sangue no organismo, tem aproximadamente o tamanho de um punho fechado, com peso entre 250 e 350g, contrai por volta de 100.000 vezes por dia e bilhões de vezes ao longo de uma vida. Composto por dois átrios que são câmaras superiores para recepção do sangue do retorno venoso e dois ventrículos que ficam localizados na parte inferior, que ejetam o sangue para ser oxigenado pelos pulmões, por sua vez, retorna pelas artérias pulmonares e é distribuído para os demais órgãos do corpo (MARIEB et al. 2013). O ritmo cardíaco compreende dois mecanismos que são a sístole (mecanismo de contração ventricular) onde a pressão sanguínea é ejetada pelo ventrículo esquerdo e diástole, finalizando assim o ciclo cardíaco (SHAFFER; MCCRATY; ZERR, 2014).

O centro cardiovascular é localizado na medula do tronco encefálico, possui informações sensoriais, quimiorreceptores e barorreceptores que

respondem à estímulos realizando ajustes para manutenção da frequência cardíaca através de adaptações entre os ramos simpático e parassimpático (SHAFFER; VENNER, 2017). O sistema nervoso autônomo (SNA) é um neuromodulador fisiológico das funções cardiovasculares e metabólicas que através do sistema nervoso central (SNC) é responsável por manter a homeostase frente a mudanças agudas e crônicas no organismo (STRAZNICKY et al. 2017). A função neuronal de controle cardiovascular consiste em regular o débito cardíaco, de acordo com as demandas do fluxo sanguíneo do organismo. Os componentes periféricos e centrais interagem entre si, para controlar os índices cardíacos, de modo que as demandas centrais de fluxo sanguíneo sejam supridas adequadamente, conforme os ajustes fisiológicos (ARMOUR, 2009).

A medula é componente na função de regulação do fluxo sanguíneo para região central (coração) e os vasos sanguíneos atuam através das inervações simpática e parassimpática. O núcleo do trato solitário localizado na medula recebe estímulos dos barorreceptores e quimiorreceptores, enquanto o hipotálamo modula a atividade dos centro medular para adaptar as respostas cardiovasculares do organismo, tanto na homeostase quanto em estado estável (KLABUNDE et al. 2012). Há um equilíbrio biológico entre o sistema nervoso simpático e o sistema nervoso parassimpático, com predominância parassimpática em repouso, frequência cardíaca com média de 75 batimentos por minuto (bpm). Com o avanço da idade há uma modificação de funcionamento deste mecanismo, resultado de uma diminuição do tempo de resposta do nó sinoatrial, com queda de 107 bpm aos 20 anos, para 90 bpm quando o indivíduo completa 50 anos (OPTHOF, 2000), atenuando a frequência cardíaca em até 20 a 30 bpm (TORTORA; DERRICKSON, 2014).

O sistema nervoso autônomo é dividido em três partes incluindo sistema simpático, parassimpático e entérico. Trata-se de um componente do sistema nervoso periférico que regula as funções cardíacas, bem como viscerais e glandulares. Também descrito como “*o sistema de nervos que controla o tecido íntegro, o músculo cardíaco e o tecido glandular de mamíferos*” (BENARROCH; FREEMAN, KAUFMANN, 2007), inerva as estruturas internas dos sistemas nervoso central, cardiopulmonar, endócrino, gastrointestinal e genital, influenciando no metabolismo e na regulação térmica, principalmente durante o exercício (THAYER; YAMAMOTO; BROSSCHOT, 2010). O sistema simpático está relacionado a mobilização de energia, ou seja, as ações metabólicas, musculares e de atividade,

enquanto o sistema parassimpático está ligado às funções vegetativas e de restauração da homeostase (THAYER; YAMAMOTO; BROSSCHOT, 2010). Essas funções do organismo são baseadas na teoria da complexidade que ressaltam que a estabilidade, adaptação e a saúde do organismo são mantidas através de uma relação dinâmica entre os sistemas orgânicos que interagem simultaneamente entre si, para garantir que o organismo responda às demandas ambientais em exercício e repouso (LEVENSON, 2014). Este complexo de nervos e gânglios controla alterações fisiológicas involuntárias, mantendo a homeostase e regulando as respostas ao estresse. A homeostase e as adaptações a influências ambientais são reguladas pelo hipotálamo, e esses nervos regulam as demandas fisiológicas e biológicas do organismo, promovendo adaptabilidade às alterações externas e ambientais (OHTA; UEDA; SAKURAI, 2018).

Esse mecanismo atua na regulação de funções involuntárias do organismo, transmitindo impulsos do SNC para os órgãos da região periférica, controlando a frequência cardíaca, contração do músculo cardíaco e dilatação dos vasos sanguíneos. Os nervos do sistema autonômico eferentes são responsáveis por estímulos sensoriais e à nível muscular conduzem a sinapse de um neurônio motor para SNC (FLOREA; COHN, 2014). Por outro lado, os nervos aferentes inervam os barorreceptores e quimiorreceptores no seio carotídeo e aórtico, estão localizados nos gânglios da raiz dorsal dos nervos espinhais, ao longo dos nervos simpáticos e parassimpáticos (BENARROCH; FREEMAN, KAUFMANN, 2007).

A regulação fisiológica dos sistemas consiste em processos complexos e dinâmicos, integrados como a síntese de neurotransmissores, regulação ganglionar e mediados por receptores (KENNEY; GANTA, 2015). A ativação autonômica periférica é através dos mecanismos reflexos, que envolvem sinais aferentes do SNC. Os sinais sobre o funcionamento dos órgãos viscerais são repassados ao SNC, por meio de duas vias, ramo sensorial visceral do nervo craniano, através de estímulos do mecanismo parassimpático e o sistema aferente visceral espinal, por meio de atividade simpática (STRAZNICKY, et al. 2017). As ações dos nervos autonômicos são mediadas através da liberação de neurotransmissores, ligados a receptores cardíacos e vasculares (VASEGHI, 2008).

A medula é uma região do cérebro que atua na regulação do fluxo sanguíneo para o coração e vasos em suas duas ramificações simpática e parassimpática. Enquanto o núcleo do trato solitário recebe estímulos dos receptores sistêmicos e

centrais, o hipotálamo e os demais mecanismos da parte superior bulbar atuam no estímulo das respostas cardiovasculares. O coração então, é innervado por fibras vagais e simpáticas, com o nervo vago direito innervando o nó sinusal e o vago esquerdo o nó atrioventricular, conforme figura 2 (MEDIĆ, 2016).

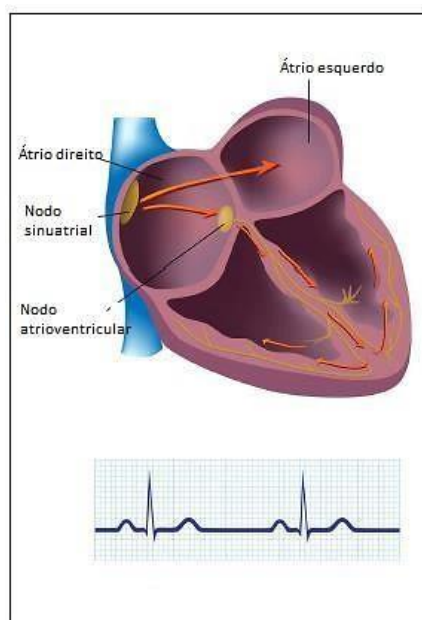


Figura 2. Sinais do eletrocardiograma. **Fonte:** Adaptado de Alila São Mai/Shutterstock.com.

O sistema nervoso simpático (SNS) e o sistema nervoso parassimpático (SNP) desempenham papel importante no processo de manutenção da homeostase fisiológica e no mecanismo responsivo a estresses agudos (KENNEY; GANTA, 2015), mantendo a hemodinâmica sistêmica estável funcionando de modo sincronizado e oposto na modulação da função cardíaca, adaptando as modificações hemodinâmicas da frequência cardíaca, propriedades celulares e subcelulares dos miócitos, dividido em componentes extrínsecos que compreende fibras que medeiam o coração e o sistema nervoso e o intrínseco que consiste em fibras nervosas autonômicas (SHEN; ZIPES, 2014) e são os principais responsáveis no mecanismo de regulação da pressão arterial e frequência cardíaca (MALIK et al. 1996).

No sistema simpático, o principal neurotransmissor dos axônios pré-ganglionares é a acetilcolina e o principal neurotransmissor dos axônios pós-ganglionares é a norepinefrina (CHADDA et al. 2018). Os neurônios pré-ganglionares se localizam na região toracolombar da medula entre a coluna torácica

(T2) e lombar (L1) e se estendem ao longo da estrutura medular para sinapse com neurônio pós-ganglionar (LUSCHER et al. 1990) através da liberação de acetilcolina e são chamados como colinérgicos. Em contrapartida, as fibras simpáticas pós-ganglionares liberam norepinefrina e ativando os receptores adrenérgicos nos tecidos periféricos (BOHM; PERNOW, 2007).

A inervação simpática que inerva as fibras pré-ganglionares e os corpos celulares se unem à coluna ao nível da medula espinal, nas raízes lombares e torácicas e realizam sinapse com neurônios pós-ganglionares simpáticos inervam a maioria dos tecidos que são responsáveis pelas funções vitais (STRAZNICKY, et al. 2017). A ativação do sistema nervoso simpático leva à liberação de neurotransmissores (McEWEN; SEEMAN, 1999), incluindo o neuropeptídeo e a galanina, que são responsáveis por inibir a liberação parassimpática da acetilcolina que é o neurotransmissor de algumas fibras simpáticas ganglionares e de todas as fibras parassimpáticas pré-ganglionares e pós-ganglionares (STRAZNICKY et al. 2017).

Ao contrário da inervação simpática, as fibras parassimpáticas realizam a sinapse no interior dos gânglios cardíacos, enviando fibras pós-sinápticas curtas para o miocárdio. A ativação parassimpática resulta em baixa cronotropia, dromotropia e inotropia (CHADDA et al. 2018). O sistema nervoso parassimpático possui dois tipos diferentes de receptores muscarínicos: os receptores M2 e M3 (KOPPEN; NATHANSON, 1991). Os receptores M2 estão presentes no tecido nodal e atrial. A ativação da acetilcolina ligada aos receptores M2 provoca diminuição da frequência cardíaca, causando o efeito cronotrópico negativo, o que causa diminuição do débito cardíaco total, reduzindo a contratilidade miocárdica, e levando a um efeito denominado inotrópico negativo, inibindo a condução do nó atrioventricular, resultando em um efeito dromotrópico negativo (MEDIC, 2016). Como no processo de envelhecimento as funções orgânico-sistêmicas são marcadas por um declínio e prejuízo em seus mecanismos, há diminuição do comportamento inotrópico e cronotrópico frente a secreção de catecolaminas, com comprometimento do funcionamento ventricular esquerdo, rigidez arterial e consequentemente diminuição da VFC em decorrência da predominância da atividade parassimpática (FLEG et al. 1986).

5.4 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

A função autonômica cardíaca pode ser estimada de modo não invasivo, por meio de registros eletrocardiográficos da atividade elétrica cardíaca (TASK FORCE, 1996). A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) se refere ao intervalo entre os batimentos cardíacos consecutivos, e é influenciada pela atividade do sistema nervoso autônomo (SNA). Quando há redução da VFC, esta é regulada frente à diminuição do mecanismo do nervo parassimpático ou aumento da atividade simpática (RAJENDRA ACHARYA et al. 2006). Sua redução também pode estar associada à insuficiência cardíaca e risco de mortalidade por doença cardiovascular (STEIN et al. 2005), no entanto, também pode ser reduzida anteriormente a situações de estresse e ansiedade (MIU et al. 2009), como a tomada de uma decisão importante ou ter que lidar com situações de exposição, como, por exemplo, apresentações em público (DONG, 2016). Por meio dos índices de VFC é possível mensurar as variações dos intervalos de batimento a batimento cardíaco através da quantificação das flutuações da frequência cardíaca batimento por batimento. De modo geral, o cérebro e o coração possuem forte relação, ao passo que este mecanismo sincronizado e recíproco possibilita o organismo de se adaptar a estímulos ambientais e se regular de modo autônomo (THAYER; LANE, 2000).

A VFC é composta pela associação de inúmeros processos complexos e integrados que incluem o SNC, controle autonômico, condução nervosa periférica, receptores autonômicos, transdução intracelular e responsividade visceral (STAUSS et al. 2007). Esta integração neurovisceral enfatiza que o SNA regulado autonomicamente, constituído por estruturas neuroanatômicas, incluindo o córtex pré-frontal media, núcleo ambíguo e amígdala recebe informações externas e do meio interno e, deste modo, modula a excitação fisiológica do nó sinoatrial do coração para as demais estruturas cardíacas (APPELHANS; LUECKEN, 2008). O controle vagal é feito pela atividade do SNP que diminui a frequência cardíaca. Em condições de repouso, o controle vagal estabiliza a atividade cardíaca no nó sinoatrial, mantendo frequência cardíaca e pressão arterial (PORGES, 2007). Para ajustes das funções cardíacas, ele é inervado pelos ramos simpático e parassimpático. O SNP está relacionada a estímulos excitatórios o que implica no aumento da frequência cardíaca e, conseqüentemente, menor tempo entre os batimentos cardíacos e o SNP caracteriza a redução da frequência cardíaca, resultando em intervalos de batimentos

mais longos. Esta modulação dos ramos que se interagem de modo recíproco decorre de modo muito rápido, em milissegundos (BERNTSON et al. 1997).

Dentre as medidas utilizadas para avaliação da VFC, o eletrocardiograma (ECG) é utilizado comumente em ambiente clínico-hospitalar. Os sinais eletrocardiográficos de um indivíduo saudável em condições de repouso mostram uma variação de alta frequência (0,14 a 0,4 Hz), caracterizada como arritmia do seio respiratório (RSA). Normalmente, esse tipo de registro é realizado com duração de 10 segundos compreendendo as fases da respiração (SINGH et al. 2018). Entretanto, há medidas que consideram período curto de prazo de cinco minutos. Tais registros são transferidos para algum *software* a título de se identificar os picos do complexo QRS. Assim sendo, são plotados para correção de sinais artefatos e batimentos ectópicos. Partindo daí, os intervalos R-R são considerados como “normal a normal” (NN) e emitidos para levantamento de prognósticos e diagnósticos (JOYCE; BARRETT, 2018). Os registros ambulatoriais também são recomendados durante 24 horas e, em repouso com duração de 2 e 7 minutos, tendo em vista que o tamanho de efeito do tempo de duração dos registros dos intervalos R-R são maiores quando o período de registro é curto (Sandercock et al. 2005). Adiante, é necessário ressaltar a relação matemática entre aumento da frequência cardíaca e diminuição da VFC. Neste sentido, ao invés de analisar apenas as médias isoladas da frequência cardíaca, essa normalização de valores possibilita tornar mais precisa a interpretação dos dados de VFC (BILLMAN, 2013; SACHA, 2013).

No campo de aplicação prática, principalmente em ambiente esportivo e de prescrição de atividade física, os aplicativos para *smartphone* podem ser utilizados para registros destes sinais eletrocardiográficos. Validados previamente, estes possuem boa acurácia e reprodutibilidade com método considerado padrão ouro (PEROTTA et al. 2017). De um modo em geral, a VFC se constitui- como um método potencialmente eficiente para compreender a regulação do sistema cardiovascular. A partir desse pressuposto, estudos ainda são conduzidos para buscar melhor entendimento da relação entre os efeitos do treinamento e o comportamento dos índices de VFC (BELLENGER et al. 2019). Ademais, o uso das mensurações de VFC é correlacionado com condições patológicas de natureza neurológica e psicológica, possibilitando esclarecimento sobre o papel que o SNA quanto ao controle de todas as funções orgânicas (BAKER; RACOSTA;

KIMPINSKI, 2017). Há um corpo crescente de estudos envolvendo o uso desta medida para investigar e identificar possíveis alterações no padrão sinusal, não apenas no âmbito patológico da fisiologia cardiovascular, mas também incluindo outras áreas de prática clínica, como na fisiologia do esporte, no intuito de desenvolver um padrão de interpretação de dados obtidos e promover sua aplicabilidade em outros campos (TASK FORCE, 1996). Em suma, o aprofundamento da área de pesquisa na VFC abrange um número substancial de problemas desde a interpretação de seus índices que compreendem os intervalos R-R (GILLIAM et al. 2007) até aspectos não lineares que também são intrínsecos ao comportamento do SNS e SNP frente ao estresse do exercício, uso de medicamentos e outros fatores comportamentais associados (LI et al. 2009; LEE et al. 2009).

Os ramos simpático e parassimpático fazem contribuições específicas quanto as variáveis da VFC no domínio do tempo e da frequência (MALIK et al. 1996). O aumento da atividade simpática ou diminuição da atividade parassimpática estão relacionados com desfechos cardíacos, envolvendo morte súbita cardíaca, arritmias ventriculares e hipertensão arterial (JANDACKOVA et al. 2016). Mesmo com a frequência cardíaca estável, o intervalo entre dois batimentos cardíacos, denominados de R-R (média dos intervalos) podem diferir, ao passo que tais variações são expressas como resposta autonômica do funcionamento do sistema (ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003). Dentre os vários métodos e gráficos algébricos que possibilitam o estudo e descrição da VFC, os mais utilizados correspondem aos métodos no domínio do tempo e da frequência. A síntese descritiva destes métodos e limitações constam num documento desenvolvido pela Sociedade Europeia de Cardiologia e pela Sociedade Americana de Estimulação e Eletrofisiologia (1996), o que é considerado de modo bem consistente no campo da VFC (TASK FORCE, 1996).

A mais utilizada na prática clínica é baseada na variável no domínio do tempo, na qual os parâmetros de VFC são derivados da mensuração dos intervalos R-R ou das diferenças entre os intervalos NN (TASK FORCE, 1996), sendo que o mais utilizado é o desvio padrão de todos os intervalos NN (SDNN) calculado ao longo de um período de tempo consecutivo (CYGANKIEWICZ; ZAREBA, 2013). O parâmetro de análise no domínio do tempo é calculado através do número de batimentos e intervalos de tempo, medidos entre os complexos QRS, através de traçados

eletromiográficos de um eletrocardiograma (ECG) ou instrumento para esta finalidade por meio de registros contínuos que representam a despolarização do nó sinusal. Esse intervalo entre batimentos (IBI) é dado pela medição do intervalo de tempo entre os batimentos cardíacos, enquanto o intervalo R-R indica o número de batimentos cardíacos dentro de um período, normalmente cinco minutos (THAYER et al. 2009) e é utilizado para o cálculo da frequência cardíaca.

Deste modo, quanto maior for o intervalo, menor é a frequência cardíaca (CYGANKIEWICZ; ZAREBA, 2013). As *guidelines* para análise da VFC recomendam a priori que os registros sejam feitos em cinco minutos ou em gravações eletrocardiográficas de 24 horas, no entanto, os ECG's em 10 segundos são mais utilizados em ambiente médico, por serem mais rápidos e viáveis para o paciente e, embora algumas medições no domínio da frequência não sejam possíveis de se identificarem num período de 10 segundos, é possível ter acesso a outras variáveis como o desvio padrão da normal dos intervalos R-R normais (SDNN) e a raiz quadrada média das diferenças sucessivas do intervalo R- R, que representa a RMSSD (TASK FORCE, 1996).

Para análise no domínio do tempo, conforme quadro 1, são utilizadas as seguintes variáveis: SDNN caracterizada pelo desvio padrão de todos os intervalos (NN) em intervalo de tempo em milissegundos (ms), SDANN desvio padrão das médias dos intervalos normais a cada cinco minutos e em intervalo de tempo (ms), RMSSD, raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre iR-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo em milissegundos (MUNK; BUTT; LARSEN, 2010), e a variável pNN50 que corresponde a porcentagem dos iRR adjacentes com diferença de duração maior que 50 ms (FARAH, et al., 2016). Tanto as variáveis RMSSD, quanto pNN50 são marcadoras de atividade do sistema nervoso parassimpático (KINGSLEY; FIGUEIROA et al. 2016), finalmente, a diminuição dos índices de RMSSD e pNN50 são indicativos de modulação autonômica cardíaca e doença cardiovascular. A frequência cardíaca média e mínima são usadas em protocolos de respiração controlada e possui alta associação com as variáveis SDNN e RMSSD (SHAFFER; MCCRATY; ZERR, 2014).

Quadro 1. Variabilidade da frequência cardíaca incluídas em metanálise e atuação do sistema nervoso autônomo

Parâmetro	Índice	Reflexo autonômico
Domínio do tempo	SDNN	Desvio padrão de todos os intervalos (R-R)
	pNN50	% dos intervalos N-N adjacentes com $\neq$ de duração $\uparrow$ que 50 ms
Domínio da frequência	RMSSD	$\sqrt{\text{da média}}^2$ das $\neq$ dos intervalos R-R adjacentes
	TP	Potência total (< 0.4 Hz)
	VLF	Muito baixa frequência (< 0.04 Hz)
	LF	Baixa frequência (0.05–0.15 Hz)
	HF	Alta frequência (0.15–0.4 Hz)
	LF-HF	Razão LF-HF
Não linear	SD1	Desvio padrão da largura obtido no plot de Poincaré
	SD2	Desvio padrão do comprimento obtido no plot de Poincaré

SNP: Sistema nervoso parassimpático; SNS: sistema nervoso simpático; ^a Mais pesquisas são necessárias para determinantes do reflexo autonômico $\sqrt{\text{Raiz quadrada}}$; %: porcentagem; $\uparrow$ maior; ms: milissegundos. **Fonte:** Adaptada de Dobbs et al., 2019.

A VFC é o intervalo de tempo entre os batimentos cardíacos adjacentes, conforme figura 3 (BILLMAN et al. 2015), gerada por meio de interações entre coração/cérebro e processos dinâmicos do sistema nervoso autônomo (SHAFFER; GINSBERG, 2017). Estes indicadores de atividade do sistema nervoso autônomo avaliam a intensidade do esforço físico se são capazes de estabelecer o nível de estresse do indivíduo. As flutuações temporais da frequência cardíaca possuem sincronia com a respiração, aumentando durante a inspiração e diminuindo na expiração, que é a chamada arritmia sinusal respiratória e refletem mudanças na regulação autonômica cardíaca (BILLMAN et al. 2015). Assim, qualquer alteração na respiração exercerá influência no espectro de potência (ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003).

Ainda há discussões quanto ao uso da frequência respiratória controlada em comparação à respiração espontânea para as medidas de VFC. O controle voluntário da respiração a 15 respirações/min aumenta o componente HF e a frequência respiratória mais lenta reduz o HF e aumenta LF, havendo diminuição de atividade parassimpática e aumento da atividade do sistema simpática, fato que pode ser interpretado de modo equivocado (BARTH; DEL VECCHIO, 2014). Por outro lado, como a respiração controlada exige concentração, há aumento de estresse, o que pode influenciar a diminuição da potência de HF que é um estímulo mediado pela atividade parassimpática (KINGSLEY; FIGUEIROA et al. 2016).

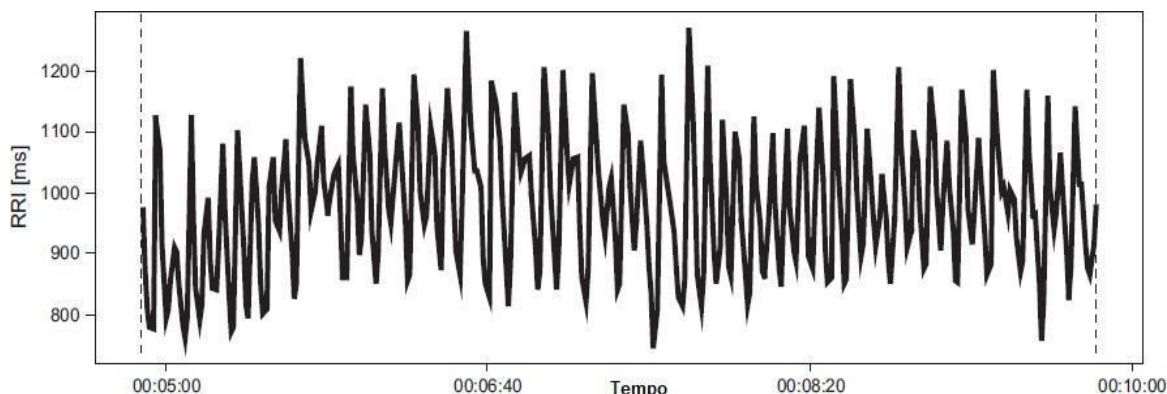


Figura 3. Intervalo de R - R obtido de um indivíduo saudável de repouso em decúbito dorsal por 10 min. **Fonte:** Adaptada de Kingsley; Figueroa, 2016.

As respostas autonômicas em seu domínio da frequência podem ser avaliadas tendo como os principais componentes espectrais da potência total ou variância dos intervalos R-R são a baixa frequência (LF: 0.04-0.15 Hz) e a alta frequência (HF: 0,15-0,40 Hz), que são marcadores da atividade do sistema nervoso autônomo (PAGANI et al. 1986), conforme figura 4. O componente da alta frequência com predominância de atividade vagal (atividade parassimpática), o componente de baixa frequência (LF) que indica atividade simpática e parassimpática, e relação LF/HF que representa o balanço simpátovagal (WILLIAMS et al. 2015). O aumento da razão entre LF/HF é sinalizador de predominância da atividade simpática (KINGSLEY; FIGUEIROA et al. 2016) e fornece informações sobre o mecanismo de VFC em função da frequência, realizado com base em gravações de curto prazo e tem o objetivo de distinguir os componentes da regulação dos intervalos R-R, sendo que a abordagem mais utilizada é o cálculo dos índices espectrais, baseando-se na transformação rápida de Fourier (FFT) (TASK FORCE, 1996). Dada importância desses parâmetros de VFC, independente da idade do indivíduo, o componente HF tem sido frequentemente utilizado para diagnóstico de doenças cardiovasculares (CYGANKIEWICZ et al. 2013).

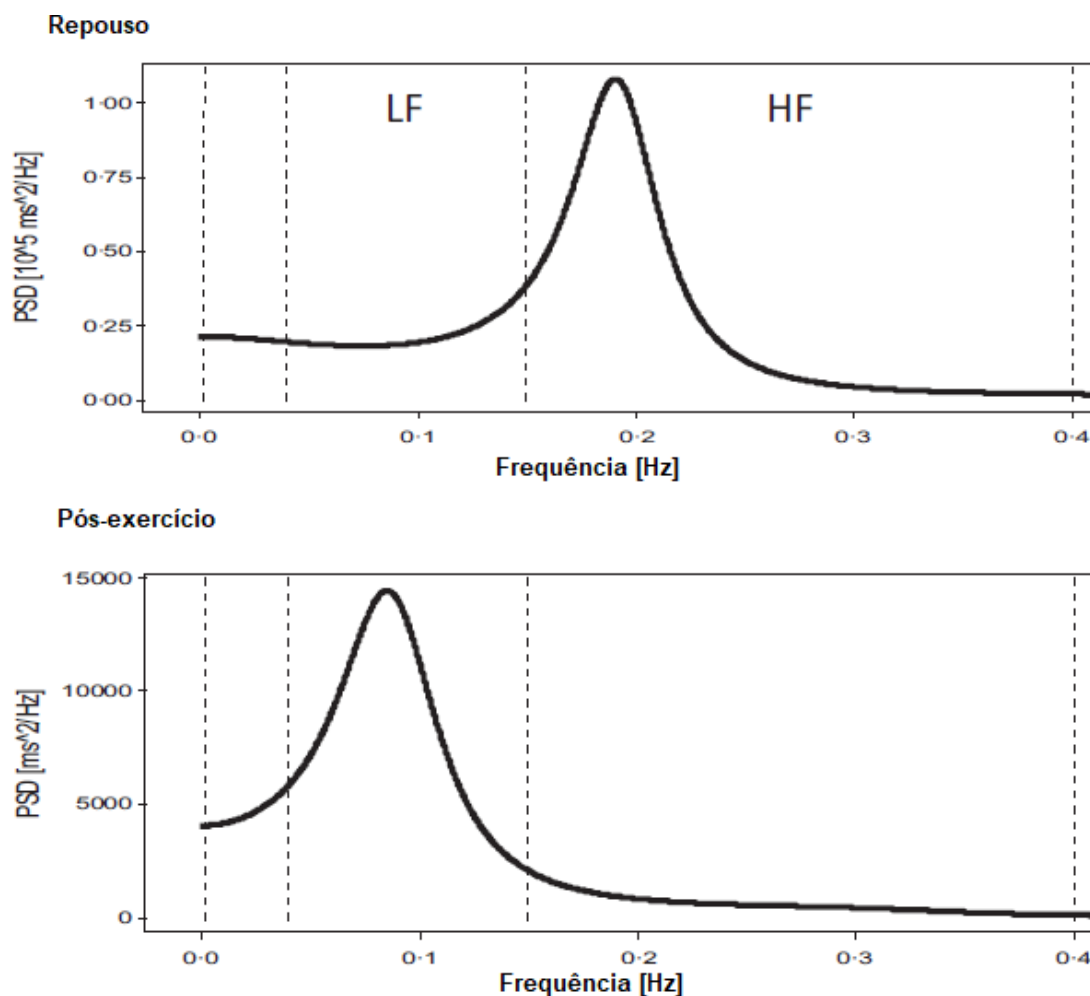


Figura 4. Análise espectral de potência da variabilidade R-R calculada por modelagem autoregressiva paramétrica em um indivíduo saudável em repouso e pós-exercício na posição supina. O componente **HF** (0,15-0,40 Hz) (parassimpático) é predominante em repouso. Após exercício agudo, o componente **LF** (0,04-0,15 Hz) da variabilidade da frequência cardíaca aumenta enquanto o componente HF está diminuído (retirada vagal). **PSD:** Densidade Espectral de Potência. Fonte: Adaptada de Kingsley; Figueroa (2016).

Ainda quanto ao domínio da frequência, análise espectral a partir de registros de curto prazo é caracterizada por três componentes principais: o HF, LF e VLF (BERNTSON et al., 1997). Deste modo, enquanto o tônus vagal é um dos principais contribuintes para o componente HF, o LF reflete a influência simpática e vagal (SZTAJZEL et al. 2004), correlacionado com a sensibilidade do barorreflexo mais predominante que a inervação simpática cardíaca, sendo assim, a razão LF/HF representa o equilíbrio simpático (ECKBERG, 1997) que, em condições de repouso, e considerando indivíduos saudáveis, mostram que o LF predomina sobre o HF, com

valores entre 1 e 2. A VFC no domínio da frequência, por meio do índice de análise espectral de alta frequência, ou seja, o HF representa as flutuações da frequência cardíaca considerando as flutuações transitórias que são mais frequentes que a frequência respiratória, sugerindo neste contexto predominância do estímulo parassimpático através do nervo vago (SHAFFER, MCCRATY; ZEER, 2014). A banda VLF é a potência de espectro de potência da variabilidade da frequência cardíaca com valores entre 0,0033-0,04 Hz e possui associações com mortalidade por todas as causas em relação às variáveis LF e HF (TSUJI et al. 1994; HADASE et al. 2004).

Embora tenha sido afirmado previamente que o componente de baixa frequência a LF representa influências do sistema nervoso simpático (PAGANI et al 1986), investigações mostraram que ele pode ser influenciado por adaptações tanto do sistema nervoso simpático, quanto parassimpático, sendo assim, a VFC retrata a resposta orgânica perante as mudanças fisiológicas durante exercício e em condições basais, enfatizando uma adaptação otimizada do sistema nervoso autônomo (BROWN et al. 2018). Para controlar a diminuição dos componentes espectrais LF e HF em resposta ao exercício, é mais indicado que os dados LF e HF sejam reportados em unidades normalizadas (nu) ou utilizando a razão LF/HF, como marcador de equilíbrio simpatovagal, embora também possam ser apresentados em unidades absolutas, milissegundos (ms^2) ao quadrado (PAGANI et al. 1986).

Os componentes relacionados à frequência das ondas caracterizados como VLF são mediados pela termorregulação e sistema renina - angiotensina - aldosterona. O componente LF é regulado pelo mecanismo do reflexo barorreceptor com atuação simultânea do sistema nervoso simpático e parassimpático e o HF se trata de um sinalizador do tônus vagal, expressado pela atividade parassimpática em relação ao nó sinusal e pela frequência respiratória (KAWAGUCHI et al. 2007). O processo de envelhecimento leva a uma ruptura de sinais neuronais cérebro sistêmicos, incluindo a regulação do sistema autonômico cardíaco (BISHOP; LU; YANKNER, 2010).

O sistema nervoso autônomo é um dos principais mecanismos que sofrem impacto pelas mudanças oriundas do envelhecimento, que contribuem para o aumento das dificuldades desde cognitivas até o agravamento dos sintomas neuropsiquiátricos (BISHOP; YANKNER, LU, 2010; PFEIFER et al. 1983). Essa modificação no controle autonômico cardiovascular leva a um desequilíbrio

simpatovagal. Além disso, há um questionamento se este processo ocorre em função do envelhecimento ou se é em decorrência de processos patológicos e uso de medicamentos. Estudos registraram modificações normais da VFC ao longo do envelhecimento e alterações devido a doenças crônicas ou condições relacionadas à saúde de indivíduos (JANDACKOVA et al. 2016).

5.5 Variabilidade da frequência cardíaca e envelhecimento

O envelhecimento da população representa uma desafio de elevada magnitude à saúde pública (LUNENFELD; STRATTON, 2013). Embora seja um processo que ocorre em distintas proporções no mundo todo, é importante que sejam identificados fatores que garantam o envelhecimento saudável. Considerando que as doenças cardiovasculares são a principal causa de morte no mundo em idosos, destaca-se que o sistema nervoso autônomo (SNA) é um dos principais mecanismos reguladores mais prejudicados pelo envelhecimento (BISHOP; LU; YANKNER, 2010; PFEIFER, 1983). A VFC possui índices associados ao funcionamento da atividade elétrica que incluem flutuações respiratórias, mecanismo barorreceptor e flutuações circadianas. No processo de envelhecimento, estes índices eletrofisiológicos podem apresentar sinusais anormais e que podem estar associados a aumento do risco de desfechos cardiovasculares (KLEIGER; STEIN; BIGGER, 2005).

O nível de atividade física exerce influências positivas quanto a regulação da VFC principalmente associados ao aumento da atividade vagal e redução da atividade do sistema nervoso parassimpático (SWAIN; FRANKLIN, 2006; HULL et al. 1994). A VFC que é uma medida que estima as alterações do sistema nervoso autônomo para quantificar a regulação dos sistemas nervoso simpático e parassimpático, a sua diminuição está associada a aumento da mortalidade em pacientes cardíacos (LAHIRI; KANNANKERIL; GOLDBERGE, 2008) e risco de doença coronariana (DEKKER et al. 2000). Estudos transversais mostram que a VFC diminui conforme as pessoas envelhecem, no entanto, esses podem ter equívocos na análise estatística que podem subestimar ou superestimar aspectos relevantes das variáveis cardíacas (UMETANI et al. 1998; FUKUSAKI; KAWAKUBO; YAMAMOTO, 2000).

No processo de envelhecimento as alterações na frequência cardíaca e na pressão arterial são muito comuns, sendo que indivíduos do sexo masculino apresentam uma atividade do sistema nervoso parassimpático mais predominante em comparação com o gênero feminino (KUO et al.1999). A redução da VFC é um fator de risco consistente para mortalidade (BILLMAN, 2015), considerando que as atividades do sistema nervoso parassimpático, através das medidas de VFC estão relacionadas à disfunções imunológicas e inflamatórias, implicam em condições patológicas, como doenças cardiovasculares, diabetes, osteoporose, artrite e doença de Alzheimer e aumentam o risco de desenvolvimento de doenças psicológicas (KIECOLT-GLASER et al. 2001; ERSHLER; KELLER, 2000). Além disso, a diminuição da VFC também está correlacionada com insuficiência cardíaca congestiva, ateroma e oclusão vascular (HAMAAD; LIP; MACFADYEN, 2004).

Tendo em vista que o envelhecimento influencia negativamente a estrutura do sistema cardiovascular, alterando o mecanismo da circulação periférica e funções do sistema nervoso autônomo (QUEIROZ et al. 2010), quanto à pressão arterial é observado aumento ao longo dos anos, reforçando um quadro de hipertensão arterial em indivíduos idosos. E, embora o desenvolvimento do quadro de hipertensão arterial ainda não esteja esclarecido, uma disfunção no sistema nervoso autônomo está relacionada ao seu surgimento, visto que há uma diminuição da VFC em indivíduos hipertensos (FAGARD et al. 2001; LUCINI et al. 2002) e de acordo com o processo de envelhecimento (ALMEIDA-SANTOS et al. 2016).

Curiosamente, investigação prévia mostrou correlação entre a concentração de noradrenalina, pressão arterial sistólica e concentração de lactato sanguíneo em indivíduos de meia-idade e idosos, durante realização de exercício submáximo (YOSHITAKE,1986). Há algum tempo atrás, estudos já mostravam que o limiar de lactato pode ser utilizado para mensurar a capacidade de trabalho aeróbio e o efeito do treinamento em pacientes com vários tipos de doenças crônicas e indivíduos saudáveis (DAVIS et al. 1979; HENRITZE et al. 1985; TANAKA et al. 1992; URATA et al 1987).

Hipotensão ortostática (HO) e envelhecimento

A hipotensão arterial (HO) é uma condição de disfunção autonômica quando os mecanismos de adaptação cardiovascular não conseguem ajustar o retorno venoso

do indivíduo para homeostase hemodinâmica postural. Este desajuste autonômico reflete uma regulação inadequada da saída simpática (GOLDSTEIN et al. 2002), e é uma das etiologias mais comuns da síncope, sendo prevalente em aproximadamente em 15% das ocorrências (SUTTON et al. 2013). Em posição de pé, conforme o desafio gravitacional aumenta bruscamente, os estímulos cardiovasculares são iniciados para manutenção da pressão arterial (PA) em valores normais e para garantir a perfusão sanguínea adequada para região esplâncnica e torácica. Todavia, a adequação da resposta do organismo à ortostase pode levar a uma redução abrupta da pressão arterial. Deste modo, o comprometimento da circulação cerebral induzida pela HO pode provocar fadiga, visão turva e tontura, principalmente em indivíduos idosos com predisposição a essas condições secundárias (LOW et al. 2008).

Normalmente, a HO atinge a população idosa, indivíduos com doença neurodegenerativa, diabetes e hipertensão arterial (HA). A ausência de diagnóstico adequado para esta condição pode ser um aspecto negligenciado e associado a risco de morbidade e mortalidade cardiovascular. Apesar do seu tratamento incluir medidas farmacológicas, elas nem sempre são suficientes para minimizar a disfunção autonômica (FEDOROWSKI et al. 2013). Para tanto, o diagnóstico da HO é determinante para prevenir síncope, quedas em idosos (GATES et al. 2008), e garantir o tratamento efetivo de doenças cardiovasculares, HA e outros desfechos cardiovasculares concomitantes (WEBER et al. 2005).

De modo abrangente, as respostas hemodinâmicas e neurovasculares relacionadas ao estímulo ortostático ao assumir uma postura ortostática são suficientes para manter o fluxo sanguíneo central e das regiões periféricas após condições de repouso, contudo, é muito comum queixas de tonturas quando pacientes são submetidos a mudanças bruscas de postura (RAPP et al. 2012). Em ortostase a força da gravidade induz uma redistribuição do fluxo sanguíneo imediata, acumulando cerca de 500-1000ml nos vasos de capacitância na região superior ao diafragma. Assim sendo, o retorno venoso que chega ao átrio esquerdo e o volume sanguíneo torácico são diminuídos, e as respostas de cronotropia e vasoconstricção do aumento da atividade simpática e pela retirada vagal modulam a pressão arterial na parte superior do corpo (SMITH, 1999).

Se o indivíduo permanece sem se movimentar, a filtração transcapilar na região inferior ao diafragma diminui o volume sanguíneo torácico em 15% (VAN LIESHOUT et al. 2005), e o débito cardíaco em 20% (HARMS et al. 1999). Em

condições saudáveis a pressão arterial média é preservada pela compensação vascular esplâncnica, muscular e renal, portanto, os ajustes circulatórios imediatos são governado por sinalização neuroautônômica, enquanto os demais ajustes são realizados pelo sistema renina-angiotensina (VAN LIESHOUT et al. 2005). Porém, a HO atinge 6% da população em geral, mas aumenta substancialmente com a idade, chegando a acometer até 55% da população em estudos que incluíram adultos mais velhos (FEDOROWSKI et al. 2012) e é agravada pelo uso de medicamentos, tabagismo, hipertensão arterial controlada ou não e prevalente em 20% de pacientes com diabetes (WU et al. 2008; FEDOROWSKI et al. 2010; POON et al. 2005).

Embora os mecanismos fisiológicos sejam bem consistentes para conceituação da HO, a literatura ainda permanece contraditória tanto pela falha de métodos de diagnóstico quanto pela falta de guidelines que possam guiar o manejo do tratamento. Uma recente definição foi criada pela *American Autonomic Society and the American Academy of Neurology*, *European Federation of Autonomic Societies* e *World Federation of Neurology* onde define a HO como redução da pressão arterial sistólica (PAS) de 20mmHg ou diastólica de 10mmHg durante três minutos em ortostase ou em inclinação de 60° (FREEMAN et al. 2011). Considerando a prevalência de OH em decorrência do avanço da idade, num estudo realizada na década de 90, estima-se que cerca de 20% dos idosos acima de 65 anos possuem essa disfunção, sendo que sua prevalência é de 30% em idosos acima de 75 anos de idade e chega a 50% em idosos institucionalizados (HARRIS et al. 1991). A HO está diretamente associada a prevalência de incapacidade funcional, fraturas, isquemia e infarto do miocárdio. Adicionalmente, idosos nesta condição clínica estão mais predispostos a fragilidade e diminuição de sua capacidade funcional, fator que deve ser observado durante o diagnóstico nessa população (GUPTA et al. 2007).

De modo isolado, o estresse ortostático é um desafio para indivíduos quando são submetidos a assumir uma posição ereta por tempo prolongado e em silêncio. Esta transição de postura reclinada para ortostática, exige uma alta demanda do organismo para o sistema de capacitância venosa, resultando em diminuição abrupta da quantidade de sangue na região central, redução da pré-carga ventricular, volume sistólico e pressão arterial média (PAM) (THOMPSON et al. 1928). Em posição ortostática, a contração dos músculos dos membros inferiores está associada a estimulação das válvulas venosas (HAINSWORTH et al. 1986). A respiração também pode aumentar o retorno venoso ao passo que a inspiração promove aumento da

pressão intra-abdominal, comprimindo as veias íliaca e femoral, deste modo, o sistema regulador neural é ativado de modo sistemático (DAMPNEY et al. 2002). Na população idosa, os determinantes de alterações no padrão autonômico em estímulos posturais ainda não estão bem esclarecidos, visto que o idoso pode apresentar sintomas semelhantes que podem ser confundidos no estresse ortostático com HO. Ainda, o enrijecimento arterial, bem como envelhecimento cardiovascular, redução da sensibilidade barorreceptora e diminuição da complacência arterial podem estar envolvidos no mecanismo de HO como também podem estar associados à outras comorbidades subjacentes (MONAHAN et al. 2001).

5.6 Treinamento intervalado e idosos

Por sua vez, o exercício físico tem o objetivo de neutralizar consequências fisiológicas, psicológicas e cognitivas associadas ao envelhecimento, atuando na redução da taxa de mortalidade por doenças crônicas, metabólicas e diminuição do risco de demências, devido ao avanço da idade (HURLEY; REUTER, 2011). O treinamento físico é a estratégia mais eficaz para diminuir os fatores de risco para doenças relacionadas ao estilo de vida, melhorando a independência funcional e contribuindo para qualidade de vida da população idosa (MORIKAWA et al. 2011). Conforme diretriz do ACSM, quando realizado em alta intensidade pode melhorar a capacidade aeróbia máxima de pessoas de meia idade e adultos mais velhos, contribuindo para melhoria aptidão física e diminuindo fatores de risco para doenças degenerativas.

Os hábitos de exercícios físicos recreativos são tão importantes para manter a qualidade de vida, quanto os treinamentos que visam manter a aptidão física e minimizar a perda das capacidades funcionais entre os idosos com mais de 60 anos (BARBAT-ARTIGAS et al. 2014). Mais especificamente, o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) tem despertado interesse de pesquisas nos últimos anos, como uma opção de exercício para a população jovem e adulta (JIMÉNEZ-GARCÍA et al. 2018). Ao contrário do exercício de baixa intensidade e de alto volume, a viabilidade do HIIT para adultos mais velhos e idosos até pouco tempo tem recebido pouca atenção (GIBALA et al. 2012). E, embora esse modelo de exercício seja eficaz para melhorar a aptidão física (TSCHAKERT; HOFMANN, 2013) e induzir respostas metabólicas em adultos mais velhos com limitações impostas por algum tipo de

doença, sua prescrição ainda parece estar limitada (WHITEHURST, 2012).

Uma recente metanálise mostrou que o HIIT pode induzir melhorias nas variáveis cardiorrespiratórias, por meio do aumento do $\dot{V}O_{2MAX}$, diminuição dos riscos cardiometabólicos, reduzindo percentual de gordura abdominal (BATACAN et al. 2017), razão de circunferência da cintura-quadril e glicemia em jejum (BUCKINX et al. 2019), além de promover adaptações circulatórias centrais importantes, como aumento do volume sistólico, melhora da função endotelial e mudanças na morfologia ventricular esquerda (WHITEHURST, 2012). Além disso, como idosos frequentemente relatam falta de tempo para prática de exercício físico, o treinamento intervalado de alta intensidade é uma proposta promissora para contribuir nas melhorias dos hábitos de saúde de adultos mais velhos, melhorando parâmetros de composição corporal, diminuindo fatores de risco cardiometabólicos, otimizando os aspectos de aptidão física como aumento da força, massa muscular, potência e consumo máximo de oxigênio (GIBALA et al. 2007; GARCIA-PINILLOS et al. 2017). Ainda, tem sido mostrado em pesquisas que o HIIT induz alterações superiores quanto aos marcadores de saúde em indivíduos idosos em que foi comparado ao treinamento contínuo de intensidade moderada (MOLMEN et al. 2012; HWANG et al. 2016).

Com o avanço da idade, perdas progressivas no tecido muscular são muito comuns, bem como diminuição da capacidade de equilíbrio, redução da força, resistência muscular, queda no desempenho cognitivo e outros fatores que desempenham impactos severos na independência funcional (TAYLOR, 2014). A diminuição da aptidão cardiorrespiratória em idosos está associada a um risco aumentado de morbidade e mortalidade (KODAMA et al. 2009). Conforme o número de pesquisas neste contexto avança, cada vez é mais claro que o HIIT se caracteriza por períodos curtos e intermitentes de atividade intensa, intercalados por períodos de recuperação de baixa intensidade, e se observa que é um modelo de exercício induz adaptações fisiológicas específicas que podem ser alcançadas através da manipulações de diversas variáveis, incluindo a intensidade, duração e número de estímulos (GIBALA et al. 2012), com recuperações ativas a 40% - 50% da FC_{MAX} (WHITEHURST, 2012), bem como diversos ajustes na duração e intensidade de recuperação (GIBALA et al. 2012).

A modalidade envolve períodos de exercício físico realizado acima de 85% do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MAX}$), promove alterações cardiometabólicas

relevantes (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013) e tem se mostrado cada vez com mais frequência ser eficiente para otimizar parâmetros de saúde, como potência aeróbia, mesmo com apenas uma única sessão de exercício realizado por semana (MATSUO et al. 2014). Quando realizado a uma intensidade de 85% a 95% da FC_{MAX} , induz melhorias desejáveis no $\dot{V}O_{2MAX}$ em um grande número de estudos com indivíduos jovens saudáveis, idosos e outras populações clínicas (STOREN et al. 2016).

O crescente envelhecimento populacional vem sendo discutido quanto às doenças crônicas associadas a este processo. Estratégias para modificação do estilo de vida dos idosos também têm sido repensadas para garantir que o envelhecimento ocorra de forma saudável. Foram encontradas melhorias significativas no volume sistólico (HELGERUD et al. 2011) e funcionamento ventricular esquerdo (WISLOFF et al., 2007), em pacientes com insuficiência cardíaca após programa de treinamento HIIT. Além disso, também foram demonstradas melhorias das respostas de consumo máximo de oxigênio em idosos duas vezes maiores quando foram comparados com adultos jovens (WANG et al. 2014), as quais podem ser justificadas por meio do aumento débito cardíaco, proveniente da elevação do volume de ejeção (TANAKA et al. 2008). Quanto à FC_{MAX} , idosos não apresentaram alteração levando em consideração um treinamento HIIT de curto prazo, em contrapartida, ainda que as adaptações induzidas pelo treinamento de alta intensidade nesse parâmetro tenham sido discretas, podem ter implicações relevantes na prescrição de treinamento de alta intensidade para essa população (WANG et al. 2014).

As recomendações mais recentes do *American Heart Association* (AHA) e do ACSM preconizam que o exercício físico é indispensável para o envelhecimento saudável (NELSON et al. 2007). Uma intervenção realizada com população de idosos durante seis semanas mostrou que o HIIT foi capaz de melhorar as funções físicas e o comportamento de variáveis hemodinâmicas como a pressão arterial. Ademais, também foram observadas adaptações quanto a tolerância à glicose, sugerindo aumento de células beta, responsáveis por sintetizar o hormônio insulina, promovendo consequentemente aumento da captação de glicose sanguínea e melhorando os índices de glicemia (ADAMSON et al. 2014).

O envelhecimento está relacionado com o aumento de proteínas inflamatórias na circulação sanguínea. O quadro inflamatório por sua vez, se dá pelo aumento de citocinas que são responsáveis pela sinalização no meio celular

que regulando as respostas inflamatórias, como interleucina 6 (IL-6), fator de necrose tumoral (TNF- α) e proteína C-reativa (ROSS et al. 1999). Anteriormente foi mostrado que atividade física regular pode minimizar os efeitos inflamatórios (LEGGATE et al. 2012). Estudo realizado com protocolo de HIIT composto por 10 séries a 100% do VO_{2PICO} intercaladas com 1 min a 50 watts, reforçou que apenas uma sessão de HIIT foi capaz de induzir maior secreção do hormônio insulina, sugerindo que a natureza de maior intensidade desse modelo de exercício melhora significativamente este parâmetro da função metabólica (LITHGOW; LEGGATE, 2018).

5.7 Caminhada intervalada

Sabe-se que o idoso desenvolve dificuldade ao caminhar pela ausência de prática de exercício físico ao longo da vida, o que gera prejuízos nessa atividade cotidiana comum, tornando-a menos estável e ineficiente. Esses prejuízos sequenciais e progressivos, impactam no tempo de deslocamento para realização de atividades cotidianas (BRACH et al. 2013), acarretando incapacidade funcional para se movimentar, perda de habilidade motora e prejuízo nas capacidades fisiológicas (TAYLOR, 2014) como força (MURAKI et al. 2009) e resistência muscular de membros inferiores. Para o idoso, a caminhada se torna um problema comum e dispendioso, impondo demandas cardiovasculares e musculoesqueléticas mais elevadas, inúmeras mudanças em diferentes sistemas do organismo (BRACH et al. 2013). O treinamento de caminhada intervalada foi desenvolvido como padrão de exercício constituído por ciclos intercalados em ritmos lento e rápido, que visam melhorar a aptidão física e minimizar os fatores de risco cardiovasculares, principalmente em idosos (KARSTOFT et al. 2013).

Embora possa se analisar efeitos agudos desta prática, do ponto de vista crônico, caminhar em ritmo moderado por volta de $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ é considerado fator de proteção contra a doenças associadas à idade e tem sido recomendado para indivíduos idosos, apesar de parecer não eficiente para aumentar o VO_{2PICO} e variáveis de aptidão física (MORIKAWA et al. 2011). O treinamento de caminhada intervalada, consistindo em cinco séries de caminhada acima de 70% da capacidade aeróbia máxima por três minutos, intercalados por três minutos de caminhada abaixo de 40% VO_{2PICO} , por quatro dias por semana, durante cinco meses, aumentou

VO₂PICO em 10%, a força muscular de membros inferiores em 10% e diminuição da pressão arterial em 10 mmHg. As melhorias observadas foram maiores quanto a redução da pressão arterial (PA) em adultos de meia-idade e adultos mais velhos quando comparados a exercícios realizados a uma intensidade moderada e de modo contínuo (NEMOTO et al. 2007).

ACSM criou procedimentos que são recomendados para os testes de esforço e prescrição de exercícios para idosos (NELSON et al. 2007), uma vez que a avaliação dinâmica da função cardiorrespiratória e da prescrição de exercícios para indivíduos dessa população requer adaptações na manipulação das variáveis para prescrição. Para tanto, existem vários protocolos de teste para serem usados com a população idosa condicionada e fisicamente limitada e essa abordagem definiria qual a proposta de atividade mais apropriada para o idoso (ACSM, 2013). No ano de 1995 o Centro de Controle e Prevenção de doenças (CDC) e o ACSM publicaram uma recomendação preventiva que *“todo adulto americano deveria acumular 30 minutos ou mais de atividade física de intensidade moderada preferencialmente na maioria dos dias da semana”*.

O período de realização de caminhada não precisa ser extenuante, uma vez que apenas uma hora por semana é suficiente para reduzir a prevalência e incidência de doença cardíaca coronariana para mulheres (LEE et al. 2000). A caminhada em curto período de duração tem sido relatada para melhorar a condição física e dispêndio de energia, principalmente quando os indivíduos podem administrar seu próprio ritmo (EKKEKAKIS et al. 2008). De modo agudo, a caminhada intervalada também já foi investigada por diversos autores, incluindo diversas populações, com patologias distintas (NEMOTO et al. 2007; MORIKAWA et al. 2011; CUCATO, 2015), embora mais difundida em estudos crônicos (BARTLETT et al. 2018; HWANG et al. 2016; MASUKI et al. 2017; LALANDE et al. 2010).

Os achados mostram impactos relevantes em variáveis hemodinâmicas, cardiorrespiratórios e em variáveis metabólicas, mostrando que esforços intervalados podem exercer papel importante na condição clínica de adultos mais velhos (NAVALTA et al. 2004). De modo geral, a compreensão dos efeitos agudos do exercício constituiu análise importante da ciência que estuda o exercício, uma vez que amplia possibilidades de compreensão do impacto imediato da atividade após uma sessão de exercício. A caminhada submáxima diminui a resistência vascular dos membros inferiores (CUCATO et al. 2015), ao passo que mantém o estresse

oxidativo (SILVESTRO et al., 2002). Considerando estes diversos aspectos, estudar e conhecer os efeitos agudos da Caminhada Intervalada em idosos pode contribuir na organização de sessões de treino e programas de exercícios físicos para esta população.

6. Materiais e métodos

6.1 Tipo de estudo e cenário

O delineamento do estudo é experimental de caráter *crossover*, com medidas repetidas. A amostra foi composta por dois grupos de idosos, que foram submetidos a teste incremental e duas sessões experimentais de caminhada de modo randomizado, sendo uma intermitente e a outra contínua, conforme fluxograma do estudo (figura 5).

6.1.1 Caracterização das variáveis

No presente estudo, apresentam-se como variáveis independentes:

- O modelo de esforço físico de natureza contínuo ou intervalado;
- Nível de atividade física operacionalizado como ativo ou sedentário;
- Momento de coleta com medidas no período pré, durante e após o término.

6.1.2 Variáveis dependentes:

- Variáveis da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) nos domínios do tempo e da frequência;
- Reatividade simpátovagal (razão LF/HF);
- Frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}) em teste incremental;
- Frequência cardíaca média (FC_{MED}) e frequência cardíaca pico (FC_{PICO}) nas sessões experimentais e expressas em batimentos por minuto (bpm);
- Duplo produto (DP) obtido pela multiplicação da frequência cardíaca (em bpm) e pela pressão arterial sistólica (em mmHg);
- Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) de repouso medidas em mmHg;
- Escala de percepção de esforço (PSE) 6-20;
- Consumo oxigênio relativo ($\dot{V}O_2$) em $ml.kg^{-1}.min^{-1}$;
- Concentração sanguínea de lactato (LAC) em mmol;
- Glicose (em mg/dl).

6.2 Amostra

Foram envolvidas no estudo 35 participantes idosas. Destas, 17 eram ativas e realizavam atividades de ginástica coletiva duas vezes por semana, em projeto de extensão universitária. O recrutamento das participantes ativas se deu por meio de convite informal durante as aulas do projeto. As participantes sedentárias foram convidadas via contato telefônico a partir de lista de espera do respectivo projeto de extensão. O nível de atividade física das participantes dos dois grupos foi inferida por meio de questionário. E as participantes foram alocadas de modo randomizado para as sessões de caminhada contínua e caminhada intervalada.

Previamente ao recrutamento, as idosas foram informadas sobre os procedimentos do estudo e os riscos envolvidos, e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Número do parecer: 3.995.419).

6.2.1 Recrutamento de participantes

Foram incluídas no estudo, idosas com idade entre 60 anos e 75 anos e fisicamente independentes. Foram excluídas da amostra as participantes com hipertensão arterial sistêmica (HAS) estágio 2 (150/90mmHg), conforme a 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão arterial publicada no Arquivo Brasileiro de Cardiologia (2016). As participantes com problemas respiratórios (doença pulmonar obstrutiva crônica – DPOC), problemas osteoarticulares (osteoartrite) submetidos à intervenção cirúrgica (coluna vertebral e articulação dos joelhos), diabéticos tipo 2 insulino dependentes com complicações e manifestações clínicas (retinopatia e úlcera nos pés) resultantes do avanço do diabetes, também não foram incluídas no estudo. Além disso, foram excluídas as idosas com doença cardiovascular (DCV) que tenham sido submetidas a cirurgia cardiovascular, sendo elas: marcapasso cardíaco, reparo de válvula cardíaca e revascularização do miocárdio (ponte de safena).

6.3 Aspectos éticos da pesquisa

Os princípios éticos foram baseados na resolução nº 056/2003, do Conselho Nacional de Educação Física, do Código de Ética do Profissional de Educação

Física. O presente estudo foi submetido ao comitê de ética local. Todas as idosas foram informadas sobre os procedimentos de coleta de dados, bem como possíveis riscos de sua participação e poderiam desistir a qualquer momento da participação do estudo. Por fim, assinaram termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

6.4 Delineamento experimental

As idosas participaram de três visitas ao laboratório em horários predefinidos. A primeira para preenchimento da ficha de anamnese, avaliação antropométrica e familiarização com o ergômetro. Após a primeira visita, ocorreram outras duas para realização do protocolo incremental e duas sessões experimentais, sendo que cada visita foi separada por 48 horas em relação à anterior (figura 4). O nível de atividade física foi inferido através de ficha de anamnese. Para estimativa do nível de atividade física das idosas ativa e sedentária foram considerados os critérios do *The American College of Sports Medicine* (ACSM). Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia do Exercício (LABFEX) da Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas (ESEF/UFPeI).

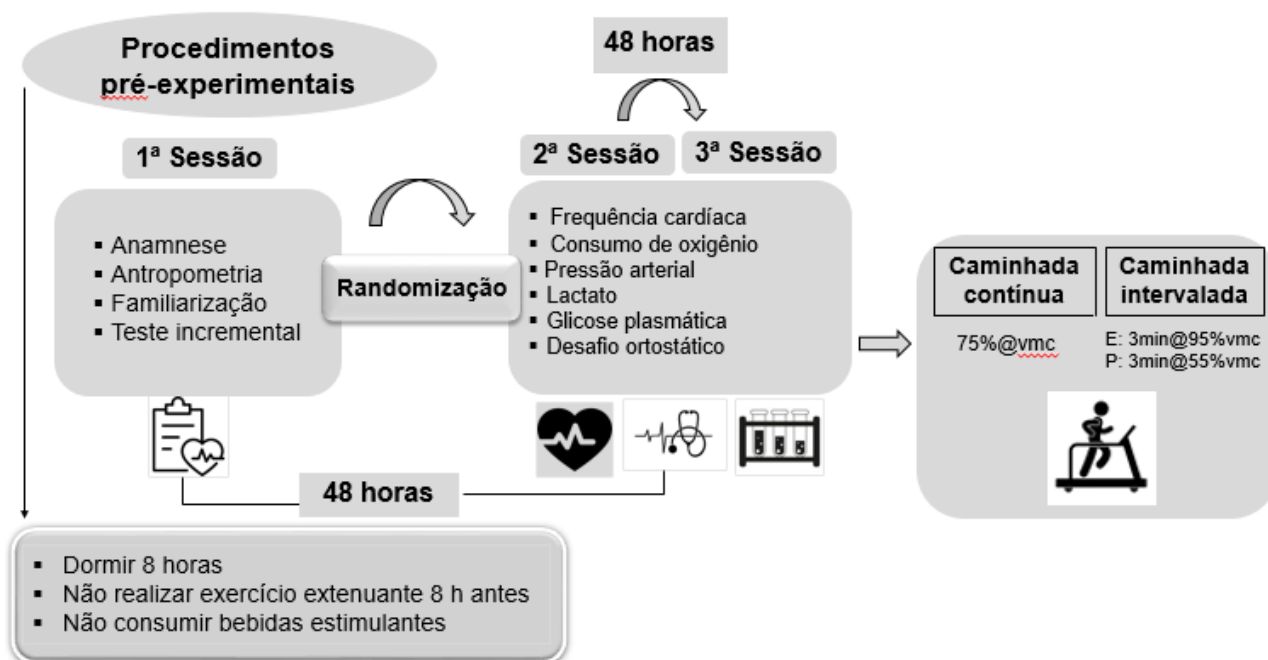


Figura 4. Delineamento experimental

Rec: Recuperação; VMC: Velocidade máxima da caminhada.

6.4.1 Procedimentos pré-experimentais

As idosas foram orientadas previamente a manter rotina normal de alimentação e sono. Dormir no mínimo 08 horas na noite anterior às coletas de dados, não realizar exercício vigoroso nas 08 horas que antecederem as coletas. Além disso, foram orientadas a não consumir cafeína, chimarrão ou outro tipo de bebida estimulante que pudesse exercer influência ou impacto na frequência cardíaca e, conseqüentemente na variabilidade da frequência cardíaca nas 08 horas antes do estudo. As participantes deveriam estar com a pressão arterial (PA) com valores normais, abaixo de 140mmHg para a pressão sistólica e abaixo de 90mmHg para pressão diastólica no momento que antecedeu a realização dos protocolos do estudo, conforme recomendado pela Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC, 2016). A visita ao laboratório foi remarcada em casos em que as participantes não atendiam os critérios para a realização da sessão.

CONSORT 2010 Flow Diagram

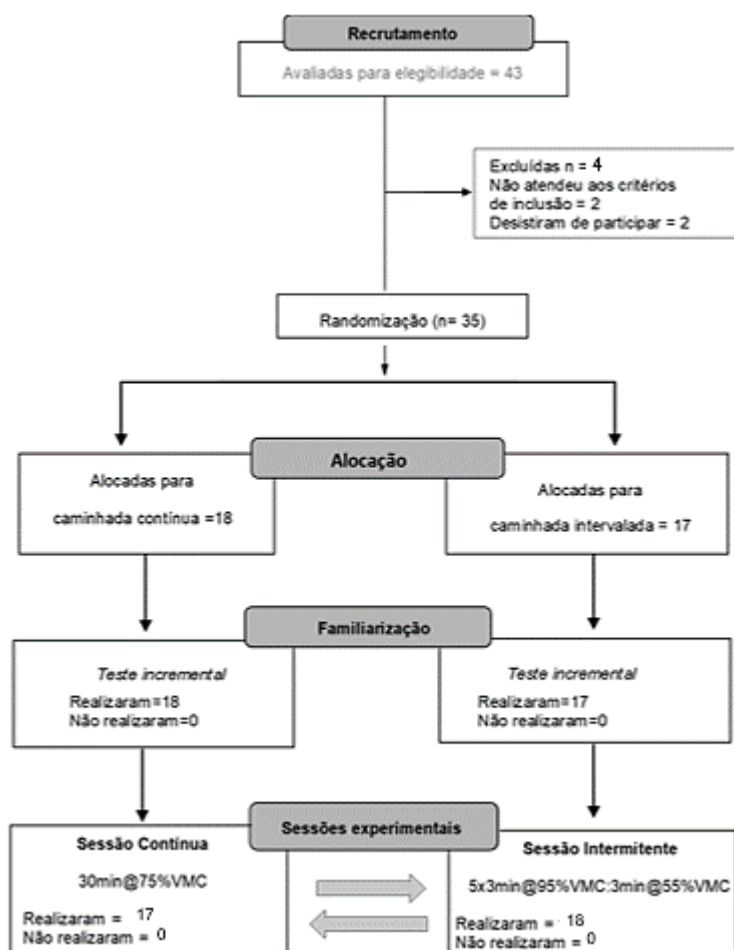


Figura 5. Fluxograma do estudo com idosas ativas e sedentárias submetidas a diferentes protocolos de caminhada.

Fonte: CONSORT, flow diagram.

6.5 Procedimentos de coleta de dados

6.5.1 Avaliação Antropométrica

Para coleta de dados antropométricos, as participantes foram orientadas a comparecer com roupa adequada para prática de exercício físico, estar com a pele limpa, sem utilização de óleos ou cremes, e a não ingerir grande quantidade líquidos uma hora antes. Além disso, não poderiam estar em jejum, e não realizar atividade física extenuante no mínimo oito horas antes. As medidas de natureza antropométrica ocorreram exclusivamente na primeira visita ao laboratório, antes do protocolo de teste incremental.

6.5.2 Estatura

Foi mensurada com estadiômetro fixado na parede. Os sujeitos deverão estar alinhados verticalmente de costas para o equipamento, o crânio orientado no plano de Frankfurt. O piso será rígido e nivelado.

6.5.3 Massa corporal

Para mensuração da massa corporal será utilizada uma balança eletrônica com precisão aproximada de 50g com calibragem adequada. O indivíduo se posicionará em pé, com os pés afastados no alinhamento da borda superior da crista ilíaca e de costas para o equipamento.

6.5.4 Medidas de composição corporal

As mãos do antropometrista deverão estar limpas antes da medição de um novo sujeito, e sala para medições com privacidade e temperatura confortável. Deve ser levado em consideração que cada indivíduo tem área em torno do corpo denominada como “espaço pessoal”, que ao ser invadido, pode sentir-se ameaçado ou desconfortável. Neste sentido, o avaliador deverá estar posicionado a parte frontal do indivíduo, ressaltando que este poderá se sentir desconforto caso o avaliador esteja atrás ou fora de seu campo de visão, deste modo, as medições também serão realizadas sempre ao lado do sujeito (ISAK, 2010).

Os procedimentos serão estabelecidos com clareza, para lidar com queixas e/ou situações desagradáveis. Os pontos de referência serão localizados por meio de palpação ou medição e através de marcadores que identificam a localização

precisa do local de medição. Para palpar pontos corporais de referência, deve-se manter um ângulo de 90° entre o dedo do antropometrista e a superfície da pele.

6.6 Variáveis fisiológicas

6.6.1 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

A função do sistema nervoso autônomo foi avaliada por meio dos índices da variabilidade da frequência cardíaca nos domínios do tempo e da frequência, através do cardiófrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia), validado para mensurar os intervalos R-R foi demonstrada por Wallen et al. 2012. O indivíduo permaneceu em repouso por 10 minutos na posição supinada, com a cinta acoplada no tórax e apenas os últimos 5 minutos foram considerados para análise (PLEWS et al., 2014). Os dados obtidos serão transferidos para o *Software* específico (Kubios HRV, versão V2.1) previamente validado (NISKANEN et al. 2004) e analisados conforme recomendado pela Sociedade Europeia de Cardiologia Task Force (CAMM, 1996). Os registros ectópicos foram visualmente corrigidos com o filtro de correção da Kubios HRV definido para o mais baixo possível e o cálculo dos parâmetros da VFC com base nos índices no domínio do tempo, a saber:

- Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado dos intervalos R-R adjacentes (RMSSD);
- Média dos intervalos R-R (R-R médio);

E no domínio da frequência:

Para análise do poder espectral no domínio da frequência pela transformação de Fourier, serão calculadas as medidas dos componentes, a saber:

- Baixa frequência (LF - Low frequency: 0,04 a 0,15Hz), < 0,15 Hz;
- Alta frequência (HF - High frequency 0,15 a 0,40Hz), > 0,15 Hz;
- Razão LF/HF (balanço simpátovagal);

6.6.2 Reatividade simpátovagal (LF/HF)

Os registros das variáveis da VFC no domínio da frequência foram inferidos através da razão LF/HF em seus componentes oscilatórios fundamentais representados pela sua frequência e amplitude (CYGANKIEWICZ; ZAREBA, 2013).

A razão entre LF/HF está associada ao balanço simpatovagal e a análise do poder espectral para caracterização da atuação desse mecanismo se caracteriza de modo quantitativo e qualitativo, em termos absolutos e relativos à atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático através das frequências das ondas e suas adaptações fisiológicas (PAGANI et al., 1986). Para os registros de curta duração realizada após o protocolo experimental, os indivíduos foram orientados a permanecerem em decúbito dorsal por cinco minutos (HF supino) e em seguida instruídos verbalmente a ficarem em posição ortostática por mais cinco minutos (LF/HF *stand*). Os dados foram registrados pelo Polar RS800CX (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia) e descarregados no *Software* Polar Pro -Trainer™ 5. Os parâmetros quanto a potência na posição supina como indicativo de tônus vagal (CAMM, 1996) e a razão LF/HF após estímulo ortostático como indicativo de atividade simpática (FURLAN et al. 2000), foram analisados no *Software* Kubios HRV, segundo indicado em estudo prévio.

6.6.3 Frequência Cardíaca (FC)

Para a determinação da frequência cardíaca em teste incremental e nas sessões experimentais foi utilizado o cardiofrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro OY, Kempele, Finlândia), com registro contínuo da FC a cada 1 segundo. Os indivíduos, com a cinta vestida no tórax, permaneceram 10 minutos em repouso em decúbito dorsal, para verificação da frequência cardíaca em repouso (FC_{REP}). Especificamente nas sessões de caminhada contínua e intervalada, a frequência cardíaca média (FC_{MED}) e frequência cardíaca pico (FC_{PICO}) foram mensuradas ao longo de toda a sessão.

6.6.4 Pressão arterial (mmHg)

A pressão arterial foi mensurada antes e imediatamente após o protocolo de teste incremental e das sessões experimentais, conforme as orientações da 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial da Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC, 2016). Inicialmente, o participante foi orientado a estar com a bexiga vazia antes de iniciar a medida, 30 minutos sem consumir alimentos, sem fumar nos 30 minutos anteriores ou praticar exercícios físicos há pelo menos 60 minutos e sem consumir bebidas alcóolicas. A medida foi realizada na posição sentada, com as

costas apoiadas no encosto, pés apoiados no chão e com o braço esquerdo sob uma superfície. Além disso, foi a idosa foi orientada a não falar durante a verificação da pressão arterial, permanecendo sentada por cinco minutos em repouso. O aparelho utilizado para mensuração da medida foi digital, modelo *OMRON* HEM-7200. A medida após o protocolo experimental, foi realizada com o indivíduo em posição sentado, com os mesmos parâmetros das medidas realizadas em condições de repouso, porém, imediatamente ao término do exercício.

6.6.5 Consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$)

Durante as sessões experimentais de caminhada contínua e intervalada em esteira foi utilizado o analisador de gases metabólicos VO2000 (VO2000™, *Medical Graphics*®, St. Paul, MN) para estimativa do consumo máximo de oxigênio considerando-se a média a cada três expirações, calibrado previamente através do software Breeze (*Medgraphics*™, Minnesota, EUA). As participantes utilizaram uma máscara de Neoprene® ajustada ao rosto, com um bocal *high flow* acoplado e umbilical conectado ao aparelho. O aparelho foi calibrado antes e após as coletas dos dados, conforme *status* de temperatura e processo de auto calibragem, específicas do fabricante.

6.7 Variável perceptual

6.7.1 Escala de percepção de esforço (PSE) 6-20

A escala de percepção de esforço quantificou o nível de intensidade das idosas ao final de cada estágio das sessões experimentais de acordo com suas percepções psicofisiológicas. Foi empregada para caracterização da intensidade de esforço e para mensuração do nível de intensidade alcançada ao final da realização dos protocolos experimentais

Figura 5. Escala de percepção subjetiva de esforço

Escala de Percepção de Esforço		
6	7	MUITO FÁCIL
8	9	
10	11	FÁCIL
12	13	
14	15	RELATIVAMENTE FÁCIL
16	17	
18	19	RELATIVAMENTE CANSATIVO
20		
		CANSATIVO
		MUITO CANSATIVO
		EXAUSTIVO

6.8 Variáveis bioquímicas

6.8.1 Lactato sanguíneo (mmol/L)

As participantes foram submetidas a coleta sanguínea para mensuração de lactato antes, imediatamente e após cinco do término das sessões experimentais. Nos procedimentos foram utilizados luvas e lancetas descartáveis e o sangue capilar será extraído a partir de uma punção transcutânea no dedo indicador, precedida por higienização com álcool etílico a 75%. Destes, 15 µl foram pipetados em um Microtubo Eppendorf® contendo 30µl de anticoagulante EDTA. A análise das amostras foi realizada em analisador eletroquímico (YSI 2300, *Yellow Springs*, EUA), previamente calibrado através de solução com 0,45 g/l de lactato, conforme especificações do fabricante para amostras de lactato (HART et al., 2013).

6.8.2 Glicose (mg/dL)

Para mensuração da glicemia capilar antes e após realização do teste incremental e das referidas sessões experimentais foi utilizado o glicosímetro (Accu-Check, Performa® da Roche- Alemanha), lancetador (Accu-Chek Softclix®) Pro e

suas respectivas lancetas conforme as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD, 2017-2018). Todas as coletas foram realizadas com o único aparelho. Para padronização do procedimento, todas as medidas foram realizadas na face palmar, região do dedo indicador e coletadas em dois momentos, a saber: antes do protocolo de exercício e o outro ao final.

7. Sessões com esforço físico

7.1 Familiarização

A familiarização se deu na primeira visita ao laboratório, após a avaliação do perfil antropométrico e ficha de anamnese. A participante realizou a caminhada na esteira por 3 minutos com apenas um incremento de carga. Após recuperação de 15 minutos realizou-se o teste incremental.

7.2 Teste incremental

A VMC tem sido frequentemente utilizada na literatura para avaliação do padrão de marcha de adultos mais velhos. Conceitualmente se caracteriza pela última velocidade alcançada pelo indivíduo antes de começar a correr (THORSTENSSON; ROBERTHSON, 1987; HRELJAC, 1995). Além disso, as respostas fisiológicas referentes à VMC fornecem informações fidedignas quanto aos aspectos de prescrição do exercício: intensidade do treinamento e volume adequado (FARINATTI; MONTEIRO, 2010). O aquecimento teve duração de cinco minutos com a velocidade inicial de $3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. A velocidade foi ajustada para $4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ e aumentada em $0,3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a cada um minuto de estágio. As participantes eram orientadas a caminhar naturalmente e o ajuste da passada ocorreu conforme o incremento de carga. O teste se encerrou quando não foi possível manter o ritmo atividade caminhando, representado pela velocidade de transição caminhada – corrida ou velocidade (VMC). Quando totalmente concluído o estágio, a última velocidade alcançada foi registrada como a VMC e ajustada de acordo com os períodos de esforço nos protocolos de caminhada contínua e caminhada intervalada.

7.2.1 Caminhada Contínua (CC) e Caminhada Intervalada (CI)

Previamente ao iniciar a sessão, as participantes estavam com o

cardiofrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro OY, Kempele, Finlândia) acoplado ao tórax e, após terem sido coletadas as medidas das variáveis fisiológicas FC_{REP}, PAS, PAD, e lactato sanguíneo e glicose plasmática, a sessão de caminhada contínua e de caminhada intervalada foram aleatorizada para a participante.

A sessão de caminhada contínua consistiu em caminhar continuamente, sem intervalos ou modificação no parâmetro de intensidade e foi realizada à 75% da VMC. Na sessão de caminhada intervalada foram realizados ciclos de seis minutos, sendo que três minutos realizados à 95% da VMC e três minutos de recuperação à 55% da VMC. Ambos protocolos tiveram duração de 30 minutos. Durante as sessões de caminhada as idosas puderam apoiar no corrimão da esteira. O ajuste da velocidade para ambas sessões foi realizado por um profissional de Educação Física.

8. Análise estatística

Para análise descritiva foram utilizadas média e desvio padrão. O teste Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade de distribuição dos dados. Nas análises subsequentes, realizou-se análise de variância de três caminhos para nível de atividade física (NAF), modo de caminhada e momento (pré e pós), com medidas repetidas no fator momento para variáveis hemodinâmicas: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), duplo produto (DP), lactato e glicose. Empregou-se o post-hoc de *Tukey* para NAF e modo de caminhada e *post-hoc* de Bonferroni para momento.

A comparação dos dados de percepção subjetiva de esforço (PSE) e consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_{2PICO}$), para o tipo de esforço e grupo foi realizada com análise de variância (ANOVA *Two-way*) quanto ao nível de atividade física x modo de caminhada. Além disso, foi empregado o post-hoc de *Tukey* para identificação das diferenças entre as médias. O nível de significância adotado foi de $p \leq 5\%$. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software estatístico SPSS, v.20.0.

10. Orçamento

Materiais de consumo	Quantidade	Valor
Microtubo Eppendorf®	1 caixa (1000 unidades)	R\$ 29,90
Lancetas (lactato e glicose)	1 caixa (100 unidades)	R\$ 6,78
Tiras reagente Accu-Chek Performa para glicose	1 caixa (50 unidades)	R\$ 109,90
Papel A4	1 pacote (500 folhas)	R\$ 21,90

11. Referências

- ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. **Heart rate monitoring: applications and limitations**. *Sports Medicine*, v. 33, n.7, p. 517-538, 2003.
- ADAMSON, S.; LORIMER, R.; COBLEY, J. N.; LLOYD, R.; BABRAJ, J. High intensity training improves health and physical function in middle aged adults. **Biology**, v. 3, n. 2, p. 333-344, 2014.
- AFILALO, J., EISENBERG, M.J., MORIN, J.F., et al. Gait speed as an incremental predictor of mortality and major morbidity in elderly patients undergoing cardiac surgery. **Journal American College Cardiology**. v. 56, n. 20, p.1668-1676, 2010.
- AHMED, N.; MANDEL, R.; FAIN, M. J. Frailty: an emerging geriatric syndrome. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 120, n. 9, p. 748-753, 2007.
- ALMEIDA-SANTOS, M. A.; BARRETO-FILHO, J. A.; OLIVEIRA, J. L. M.; REIS, F. P.; OLIVEIRA, C. C. da C.; SOUSA, A. C. S. Aging, heart rate variability and patterns of autonomic regulation of the heart. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 63, p. 1–8, 2016.
- ALVES, J. E. D. A transição demográfica e a janela de oportunidade. São Paulo: Instituto Fernand Braudel de Economia Mundial, **2008**.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 41, p. 1510-1530, 2009.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 9th edn. American College of Sports Medicine. Lippincott Williams; Wilkins, Baltimore, Philadelphia, 2013.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual. Philadelphia, 2007.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (ADA). Standards of medical care in diabetes - 2017. *Diabetes Care*, v. 40, n. 128, 2017.
- ANKER, D.; SANTOS-EGGIMANN, B.; SANTSCHI, V.; DEL GIOVANE, C.; WOLFSON, C.; STREIT, S.; RODONDI, N.; CHIOLERO, A. Screening and treatment of hypertension in older adults: less is more? **Public Health Reviews**. v.39, n.26, p.1-16, 2018.
- APPELHANS BM, LUECKEN LJ. Heart rate variability and pain: associations of two interrelated homeostatic processes. **Biological Psychology**. v. 77, p. 174-182, 2008.
- ARMOUR, J. A. Autonomic Nervous System: Cardiovascular Control. University of

Montreal, Montreal, QC, Canada. Elsevier, 2009.

AKSELROD, S.; GORDON, D.; UBEL, F.A.; Shannon, D. C.; Berger, A. C.; Cohen ; J. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. **Science**, v. 213, n. 4504, p. 220-222, 1981.

ASTRAND, I. Aerobic capacity in men and women with specific reference to age. **Acta Physiologica Scandinavian**, v. 49: 1-92, 1960.

BAKER, P.S.; BODNER, E.V.; ALLMAN, R. M. Measuring life-space mobility in community-dwelling older adults. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 51, n. 11, p. 1610–1614, 2003.

BAKER, J.; RACOSTA, J. M.; KIMPINSKI. Comparison of Heart Rate Variability Parameters to the Autonomic Reflex Screen in Postural Orthostatic Tachycardia Syndrome and Neurogenic Orthostatic Hypotension. **Journal of Clinical Neurophysiology**. v.0, n.0, p.1-8, 2017.

BARBAT-ARTIGAS. S.; DUPONTGAND, S.; PION, C. H.; FEITER-MURPHY, Y.; AUBERTIN-LEHEUDRE, M.; Identifying recreational physical activities associated with muscle quality in men and women aged 50 years and over. **Journal of Cachexia Sarcopenia and Muscle**. v.5, p. 221-228, 2014.

BARTH, J.; DEL VECCHIO.; F. B. Efeitos da frequência ventilatória sobre os índices da variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Iberoamericana de Arritmología (RIA)**, v. 5, n. 1, 2014.

BARTLETT, D. B.; WILLIS, L. H.; SLENTZ, C. A. Ten weeks of high-intensity interval walk training is associated with reduced disease activity and improved innate immune function in older adults with rheumatoid arthritis: a pilot study. **Arthritis Research & Therapy**. v. 20, n. 127, p. 1-15, 2018.

BATACAN Jr, R. B.; DUNCAN M. J.; DALBO, V. J.; TUCKER, P. S.; FENNING, A. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. **British Journal of Sports Medicine**. v. 51, p.494-503, 2017.

BATESON P.; BARKER, D.; CLUTTON-BROCK, T.; DEB, D.; D'UDINE, B.; FOLEY, R. A.; et al. Developmental plasticity and human health. **Nature**. v. 430, n. 6998, p. 419-421, 2004.

BAKER, J.; RACOSTA, JUAN M.; KIMPINSKI, K. Comparison of Heart Rate Variability Parameters to the Autonomic Reflex Screen in Postural Orthostatic Tachycardia Syndrome and Neurogenic Orthostatic Hypotension. **Journal of Clinical Neurophysiology**, v. 0, n. 0, p. 1-8, 2017.

BEAUPRE, L.A.; JONES, C. A.; SAUNDERS, L. D.; JOHNSTON, D. W.;BUCKINGHAM, J.; MAJUMDAR, S. R. Best practices for elderly hip fracture patients. A systematic overview of the evidence. **Journal of General Internal Medicine**, v. 20, n. 11, p. 1019-1025, 2005.

BEAGLEHOLE, R.; BONITA, R.; HORTON, R.; ADAMS, C.; ALLEYNE, G.; ASARIA, P.; WATT J. Priority actions for the noncommunicable disease crisis. **The Lancet**, v. 377, n. 9775, 1438-1447, 2011.

BHERER, L. Cognitive plasticity in older adults: effects of cognitive training and physical exercise. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1337, n. 1-6, 2015.

BERNTSON, G. G.; BIGGER, J. T JR.; ECKBERG, D. L.; GROSSMAN P.; KAUFMANN, P. G.; MALIK, M. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. **Psychophysiology**, v. 34, n. 6, p. 623-648, 1997.

BENARROCH, E.; FREEMAN, R.; KAUFMANN, H. Autonomic Nervous System. **Neuroanatomical Localization and Syndromes**. p.385-404, 2007.

BELLENGER, C. R.; FULLER, J.T.; THOMSON, R.L. et al. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 46, p.1461-1486, 2016.

BERNTSON, G. G.; BIGGER, J.T. JR.; ECKBERG, D.L. et al. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. **Psychophysiology**. v. 34, p. 623-648, 1997.

BILLMAN, G. E.; HUIKURI, H. V.; SACHA.; J. TRIMMEL, K. An a introduction to heart rate variability: methodological considerations and clinical applications. **Frontiers in Physiology**. v.6, n.55, p. 1-3, 2015.

BISHOP, N. A.; LU. T.; YANKNER, B. A. Neural mechanisms of ageing and cognitive decline. **Nature**, v. 464, n. 7288, p. 529–535.

BLUMENTHAL, J. A.; BABYAK, M. A.; MOORE, K. A.; CRAIGHEAD, W. E, HERMAN, S.; KHATRI, P. et al. Effects of exercise training on older patients with major depression. **Journal of the American Medical Association**, v. 159, n. 19, p. 2349-2356, 1999.

BÖHM, F.; PERNOW, J. The importance of endothelin-1 for vascular dysfunction in cardiovascular disease. **Cardiovascular Research**, v. 76, n. 1, p. 8-18, 2007.

BOUCHARD, C. Childhood obesity: are genetic differences involved? **American Journal Clinical Nutrition**, v. 89, n. 5, p. 1494-1501.

BRACH, J. S.; VANSWEARINGEN, J. M. Interventions to Improve Walking in Older Adults. **Current Translational Geriatrics and Gerontology Reports**, v.2, n.4, p. 1-13, 2013.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle Part I: Cardiopulmonary Emphasis. **Sports Medicine**, v. 43, p. 313–338, 2013.

BUCKINX, F.; GAUDREAU, P.; MARCANGELI, V.; BOUTROS, G. E. H.; DULAC, M. C.; MORAIS, J. A.; et al. Muscle adaptation in response to a high-intensity interval

training in obese older adults: effect of daily protein intake distribution. **Aging Clinical and Experimental Research**, p.1-12, 2019.

BUFORD, T. W.; ANTON, S. D.; JUDGE, A. R.; MARZETTI, E.; WOHLGEMUTH, S. E.; CARTER, C. S.; et al. Models of accelerated sarcopenia: critical pieces for solving the puzzle of age-related muscle atrophy. **Ageing Research Reviews**, v. 9, n. 4, p. 369-383, 2010.

BURGE, F. I.; BOWER, K.; PUTNAM, W. et al. Quality indicators for cardiovascular primary care. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 23, n. 5, p. 383-388, 2007.

BURGOMASTER, K.A.; HOWARTH, K. R.; PHILLIPS, S. M.; RAKOBOWCHUK, M.; MACDONALD, M.J.; MCGEE S. L.; et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **The Journal of Physiology**, v. 586, n.1, p. 151–160, 2008.

BURT, V. L.; WHELTON, P.; ROCCELLA, E. J.; BROWN, C.; CUTLER, J. A.; HIGGINS, M.; et al. Prevalence of hypertension in the US adult population. Results From the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988– 1991. **Hypertension**, v. 25, n. 3, p. 305–313, 1995.

BROWN, W. J.; MCLAUGHLIN, D.; LEUNG, J.; MCCAUL, K. A.; FLICKER, L.; ALMEIDA, O. P.; et al. Physical activity and all-cause mortality in older women and men. **British Journal of Sports Medicine**, v. 46, p. 664–668, 2012.

BROWN, L.; KARMAKAR, C.; GREY, R.; JINDAL, R.; LIM, T.; BRYANT, C. Heart rate variability alterations in late life depression: a meta-analysis. *Journal of Affective Disorders* 235, 456–466. 2018.

BROWN, W.J.; BURTON, N.W.; MARSHALL, A.L.; MILLER, Y.D. Reliability and validity of a modified self-administered version of the Active Australia physical activity survey in a sample of mid-age women. *Aust. Public Health Association of Australia*, v. 32, n. 6, p. 535–541, 2008.

CAMM, J. 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. **Circulation**, v. 93, p. 1043–1065, 1996

CAMOZZATO, A. L.; GODINHO, C.; CHAVES, M. L. F . Effect of successful aging on mortality in older individuals. **Dement Neuropsychology**, v. 8, n. 2, p. 182-186, 2014.

CESARI, M.; KRITCHEVSKY, S. B.; PENNINX, B. W. H. J.; NICKLAS, B. J.; SIMONSICK, E. M.; NEWMAN, A. B.; et al. Prognostic value of usual gait speed in well-functioning older people—results from the Health, Aging and Body Composition Study. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 53, p. 1675– 1680, 2005.

CHADDA, K. R.; AJIJOLA, O. A.; VASEGHI, M.; SHIVKUMAR, K.; HUANG, C. L. H.; K. JEEVARATNAM. Ageing, the autonomic nervous system and arrhythmia: from brain to heart. **Ageing Research Reviews**, v. 48, p. 40-50, 2018.

CHANG, J. H.; PAN, J. P.; TAI, D. Y.; HUANG, A. C.; LI, P. H.; et al. Identification and characterization of LDL receptor gene mutations in hyperlipidemic Chinese. **The Journal of Lipid Research**, v. 44, n. 10, p. 1850-1858, 2003.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. National Blueprint: increasing physical activity among adults age 50 and older. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 9, p. 2-18, 2001.

CHODZKO-ZAJKO, W. J., PROCTOR, D. N., FIATARONE, S. M. A., MINSON, C. T., NIGG, C. R., SALEM, G. J., SKINNER, J. S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 41, 1510-1530, 2009.

CLARK, R. A.; BRYANT, A. L.; PUA, Y.; MCCRORY, P.; BENNELL, K.; HUNT, M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. **Gait posture**, v. 31, n. 3, p. 307-310, 2010.

CUCATO, G. G.; RODRIGUES, L. B. C. C.; FARAH, B. Q. et al. Cardiovascular responses to an exercise test in subjects with intermittent claudication. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. v. 13, n.3, p. 2011.

CURTIS, J. R.; SAFFORD, M. M. Management of Osteoporosis among the Elderly with Other Chronic Medical Conditions. **NIH Public Access**, v.29, n.7, p.549-564.

CRUZ-JENTOFT, A. J.; LANDI, F.; TOPINKOVA, E.; MICHEL, J.; P. Understanding sarcopenia as a geriatric syndrome. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 13, n. 1, p. 1–7, 2010.

CYGANKIEWICZ, I.; ZAREBA, W. Heart rate variability. **Handbook of Clinical Neurology**, v. 117, p. 379-393, 2013.

CYGANKIEWICZ, I.; CORINO, V.; VAZQUEZ, R.; BAYES-GENIS, ANTONI.; MAINARDI, LUCA,.; ZAREBA, WOJCIECH. Reduced irregularity of ventricular response during atrial fibrillation and long-term outcome in patients with heart failure. **The American of Cardiology**, v.116, n. 7, p. 1071-1075.

CLAFLIN, D. R.; LARKIN, L. M.; CEDERNA, P. S.; HOROWITZ, J. F.; ALEXANDER, N. B.; COLE, N. M.; et al. Effects of high- and low-velocity resistance training on the contractile properties of skeletal muscle fibers from young and older humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 4, 1021-30, 2011.

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. Sarcopenia e dynapenia. **The Journals of Gerontology**, v. 63, n. 8, p. 829-834, 2008.

CLEGG A.; YOUNG, J.; ILIFFE, S.; RIKKERT, M. O.; ROCKWOOD, K. Frailty in elderly people. **Lancet**. v. 381, n. 9868, p.752-762, 2013.

COLLARD, R. M.; BOTER, H.; SCHOEVERS, R. A.; OUDE, V. R. C. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: a systematic review. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 60, n. 8, p.1487-1492, 2012.

COLÓN-EMERIC, C. S.; WHITSON, H. E.; PAVON, J.; HOENIG, H. Functional

decline in older adults. **American Family Physician**, v. 88, n. 6, p. 388-94, 201

CHRISTENSEN, C. L.; PAYNE, V. G.; WUGHALTER, E. H.; Van J. H., HENEHAN, M.; JONES, R. Physical activity, physiological, and psychomotor performance: A study of variously active older adult men. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 74, 136–142, 2003.

CUTHBERTSON D.; SMITH K.; BABRAJ J.; LEESE, G.; WADDELL, T.; ATHERTON, P.; WACKERHAGE, H.; TAYLOR, P. M. RENNIE, M. J. Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle, **The FASEB Journal**, v.19, n. 3, p. 422-424, 2005.

CURTIS, J. R.; SAFFORD, M. M. Management of osteoporosis among the elderly with other chronic medical conditions. **Drugs and Aging**, v. 29, n. 7, p. 549-64, 2012.

DAVIS, J. A.; FRANK, M. H.; WHIPP, B. J.; WASSERMAN, K. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle- aged men. **Journal of Applied Physiology**, v. 46, n. 6, p. 1039-1046, 1979.

DAMPNEY, R. A, COLEMAN, M. J.; FONTES, M. A. et al. Central mechanisms underlying short- and longterm regulation of the cardiovascular system. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 29, p. 261-268, 2002.

DISTEFANO, Giovanna.; GOODPASTER, B. H. Effects of Exercise and Aging on Skeletal Muscle. **Skeletal Muscle Aging and Exercise**, 2018.

DAI, L.; VORSELEN, D.; KOROLEV, K. S.; GORE, J. Generic indicators for loss of resilience before a tipping point leading to population collapse. **Science**, v. 336, n. 6085, p. 1175-1177, 2012.

DEKKER, J. M.; CROW, R. S.; FOLSOM, A. R.; HANNAN, P. J.; LIAO, D.; SWENNE, C. A.; SCHOUTEN, E. G. Low heart rate variability in a 2-minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes: the ARIC Study. Atherosclerosis risk in communities. **Circulation**. v.102, n. 11, p. 1239–1244, 2000.

DISTEFANO, G.; GOODPASTER, B. H. Effects of Exercise and Aging on Skeletal Muscle. **Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine**. v. 8, n. 3, p. 1-15, 2017.

DOHERTY, T. J. Invited review: Aging and sarcopenia. **Journal Applied Physiology**. v. 95, p. 717-1727, 2003.

DOBBS, W. C.; FEDEWA, M. V.; MACDONALD, H. V.; HOLMES, C. J.; CICONE, Z. S.; PLEWS, D. J.; ESCO, M. R. The Accuracy of Acquiring Heart Rate Variability from Portable Devices: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v.49, n.3, p. 417-435, 2019.

DONG, J. G. The role of heart rate variability in sports physiology. **Experimental and Therapeutic Medicine**, v. 11, n. 5, p. 1531-1536, 2016.

DONATH, L.; KURZ, E.; ROTH, R.; HANSSEN, H.; SCHMIDT-TRUCKSASS, A.; ZAHNER, L.; FAUDE, O. Does a Single Session of High-Intensity Interval Training Provoke a Transient Elevated Risk of Falling in Seniors and Adults? **Gerontology**, v.

61, n.1, p. 15-23.

ECKBERG, D. L. Sympathovagal balance: a critical appraisal. **Circulation**. v. 96, n. 9. p. 3224-3232, 1997.

ERSHLER, W.; KELLER, E. 2000. Age-associated increased interleukin-6 gene expression, late-life diseases, and frailty. **Annual Review of Medicine**, v. 51, p. 245–270, 2000.

EKKEKAKIS P.; PARFITT G.; PETRUZZELLO S. J. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. **Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 641–671, 2011.

EVANS, W. J.; MORLEY, J. E.; ARGILES, J. Cachexia: A new definition. **Clinical Nutrition**. v. 27, p. 793-799, 2008.

FARAH B. Q.; BARROS M.V.; BALAGOPAL B.; RITTI, D. R. M. Heart rate variability and cardiovascular risk factors in adolescent boys. **Journal of Pediatrics**, v. 165, n.5, p. 945-950, 2014.

FARINATTI, P. T. V.; W. D. MONTEIRO. Walk–run transition in young and older adults: with special reference to the cardio-respiratory responses. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, p. 379-388, 2010.

FEDOROWSKI, A.; STAVENOW, L.; HEDBLAD, B. et al. Consequences of orthostatic blood pressure variability in middle-aged men (The Malmö Preventive Project). **Journal of Hypertension**. v. 28, n. 3, p. 551-559, 2010.

FEDOROWSKI, A.; FRANCESCHINI, N.; BRODY, J. et al. Orthostatic hypotension and novel blood pressure-associated gene variants: Genetics of Postural Hemodynamics (GPH) Consortium. **European Heart Journal**. v. 33, n. 18, p. 2331-2341, 2012.

FEDOROWSKI, A.; MELANDER, O. Syndromes of orthostatic intolerance: a hidden danger. **Journal of Internal Medicine**, v. 273, p. 322-335, 2013.

FERRUCCI, L.; GIALLAURIA, F.; GURALNIK, J. M. Epidemiology of Aging. **Radiologic Clinics of North America**, v.46, n.4, p.643-652, 2008.

FELBER D. D.; SCHINDLER, C.; SCHWARTZ, J.; BARTHÉLÉMY, J. C.; TSCHOPP, J. M.; ROCHE, F.; et al. Heart rate variability in an ageing population and its association with lifestyle and cardiovascular risk factors: results of the SAPALDIA study. **Europace**, v. 8, n. 7, p. 521-529, 2006.

FLEG, J. L. Alterations in cardiovascular structure and function with advancing age. **American Journal of Cardiology**, v. 57, p. 33-44, 1986.

FLOREA, V. G.; COHN, J. N.; The Autonomic Nervous System and Heart Failure. **Circulation Research**, v. 114, n. 11, p. 1815-1826, 2014.

FRONTERA, W.R.; HUGHES, V. A.; FIELDING, R. A.; FIATARONE, M. A.; EVANS,

W. J.; ROUBENOFF, R. Aging of skeletal muscle: a 12 years longitudinal study. **Journal Applied Physiology**, v. 88, n. 4, p. 1321-1326, 2000.

FREEMAN, R.; WIELING, W.; AXELROD, F. B. Consensus statement on the definition of orthostatic hypotension, neurally mediated syncope and the postural tachycardia syndrome. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**. v. 161, n. 1, p. 46-48, 2011.

FREEMAN, J. V.; DEWEY, F.E.; HADLEY, D. M.; MYERS, J.; FROELICHER, V. F. Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 48, n. 5, p. 342-362, 2006.

FOROUZANFAR, M. H.; LIU, P.; ROTH, G. A.; NG, M.; BIRYUKOV, S.; MARCZAK, L.; et al. Global burden of hypertension and systolic blood pressure of at least 110 to 115 mm hg, 1990-2015. **Journal of the American Medical Association (JAMA)**, v. 17, n. 2, p. 165–82, 2017.

FORBES, S. C.; FORBES, D.; FORBES S.; BLAKE, C. M.; CHONG, L. Y.; THIESSEN, E. J.; LITTLE, J. P. Exercise interventions for maintaining cognitive function in cognitively healthy people in late life. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 5, 2015.

FRIED, L. P. **Epidemiology of Aging**. Epidemiologic Reviews, v.22, n. 1, 2000.

FRIED LP, TANGEN CM, WALSTON J. et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. **The Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**. v. 56, n. 3, p. 146-156, 2001.

FUKUSAKI, C.; K. KAWAKUBO.; YAMAMOTO, Y. Assessment of the primary effect of aging on heart rate variability in humans. *Clinical Autonomic Research*, v. **10**, n. 3, p. 123-130, 2000.

FRIED, L. P.; TANGEN, C. M.; WALSTON, J.; NEWMAN, A. B.; HIRSCH, C.; GOTTDIENER, J.; et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. **The Journals of Gerontology**, v. 56, n. 3, p. 146-196, 2001.

FURLAN, R.; PIAZZA, S.; DELL'ORTO, S.; GENTILE, E.; CERUTTI, S.; PAGANI, M.; MALLIANI, A. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. **Cardiovascular Research**, v.2, n. 3, p.482-488, 2000.

FUKUSAKI, C.; K. KAWAKUBO.; YAMAMOTO, Y. Assessment of the primary effect of aging on heart rate variability in humans. **Clinical Autonomic Research**, v. 10, n. 3, p. 123-130.

GARCÍA-PINILLOS, F.; CÁMARA-PÉREZ, J. C.; SOTO-HERMOSO, V. M.; LATORRE-ROMÁN, P. Á. A High Intensity Interval Training (HIIT)-Based Running Plan Improves Athletic Performance by Improving Muscle Power. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 1, p. 146-153, 2017.

GATES, S.; FISHER, J. D.; COOKE, M. W. et al. Multifactorial assessment and

targeted intervention for preventing falls and injuries among older people in community and emergency care settings: systematic review and meta-analysis. **BMJ**, v. 336, p. 130-133, 2008.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A.; LAMONTE, M. J.; LEE I. M.; NIEMAN, D. C.; SWAIN, D. P. American College of Sports Medicine American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 43, p. 1334-1359, 2011.

GIBALA, M. J. High-intensity interval training: a time-efficient strategy for health promotion? **Current Sports Medicine Reports**, v. 6, n. 4, p. 211-213, 2007.

GIBALA, M. J.; LITTLE, J.P.; Mac DONALD, M. J.; HAWLEY, J. A. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **The Journal of Physiology**, v. 590, n.5, p. 1077-84, 2012.

GILLIAM FR.; SINGH, J. P.; MULLIN, C.M. et al. Prognostic value of heart rate variability footprint and standard deviation of average 5-minute intrinsic R-R intervals for mortality in cardiac resynchronization therapy patients. **Journal of Electrocardiology**. v. 40, n. 4, p. 336-342, 2007.

GOBBENS, R. J. J.; VAN ASSEN, M. A. L. M.; LUIJKX, K. G. Determinants of Frailty. *Journal of the American Medical Directors Association*. v. 11, n. 5, p. 356-364, 2010.

GOLDSTEIN, D. S.; ROBERTSON, D.; ESLER, M. et al. Dysautonomias: clinical disorders of the autonomic nervous system. **Annals of Internal Medicine**, v. 137, n.9, p. 753-63, 2002.

GOSSELIN, L. E.; KOZLOWSKI, K. F.; DEVINNEY-BOYMEL, L.; HAMBRIDGE, C. Metabolic response of different high-intensity aerobic interval exercise protocols. **Journal of Strength Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2866-2871, 2012.

GREGG, E. W.; GERZOFF, R. B.; CASPERSEN, C. J.; WILLIAMSON, D. F.; NARAYAN, V. Relationship of walking to mortality among US adults with diabetes. **Archives of Internal Medicine**, v. 163, n. 12, p. 1440-1447, 2003.

GUPTA, V.; LIPSITZ, L. A. Orthostatic Hypotension in the Elderly: Diagnosis and Treatment. **The American Journal of Medicine**. v. 120, p. 841-847, 2007.

WANNAMETHEE, S. G.; SHAPER, A. G.; WHINCUP, P. H. Body fat distribution, body composition and respiratory function in elderly men. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 5, p. 996-1003, 2005.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia médica**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.

HADASE M.; AZUMA, A.; ZEN, K.; ASADA, S.; KAWASAKI, T.; KAMITANI, T.; et al. Very low frequency power of heart rate variability is a powerful predictor of clinical prognosis in patients with congestive heart failure. **Circulation Journal**, v. 68, n. 4,

p. 343-347, 2004.

HAINSWORTH, R. Vascular capacitance: its control and importance. **Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology**, v. 105, p.101-173, 1986.

HARMS MP, WESSELING KH, POTT F et al. Continuous stroke volume monitoring by modelling flow from non-invasive measurement of arterial pressure in humans under orthostatic stress. **Clinical Science**. v. 97, p. 291-301, 1999.

HARRIS, T.; LIPSITZ, L. A.; KLEINMAN, J. C. et al. Postural change in blood pressure associated with age and systolic blood pressure: the National Health and Nutrition Examination Survey II. **Journal of Gerontology**. v. 46, n. 5, p. 159-163, 1991.

HAMAAD, A.; LIP, G. Y.H.; MACFADYEN, R. J. Heart rate variability estimates of autonomic tone: relationship to mapping pathological and procedural stress responses in coronary disease. **Annals of Medicine**, v. 36, n. 6, p. 48–61, .2004.

HAMAAD A.; SOSIN, M.; BLANN, A. D.; PATEL, J.; LIP, G.Y.; MacFADYEN, R. J. Markers of inflammation in acute coronary syndromes: association with increased heart rate and reductions in heart rate variability. **Clinical Cardiology**, v. 28, n. 12, p. 570-576, 2005.

HANLEY, D. A.; JOSSE, R. G. Prevention and management of osteoporosis: consensus statements from the Scientific Advisory Board of the Osteoporosis Society of Canada. **Canadian Medical Association Journal**, v. 155, n. 7, p. 921- 923, 1996.

HAWKINS, S. A.; WISWEL, R. A. Rate and Mechanism of Maximal Oxygen Consumption Decline with Aging. Implications for Exercise Training. **Sports Medicine**, v. 33, n.12, p. 877-888, 2003.

HALLIWILL, J. R.; BUCK, T. M.; LACEWELL, A. N.; ROMERO, S. A. Post-exercise hypotension and sustained post-exercise vasodilatation: what happens after we exercise? **Experimental Physiology**, v. 98, n. 1, p. 7-18, 2013.

HAMILTON, G. A. Measuring adherence in a hypertension clinical trial. **European Journal of Cardiovascular Nursing**, v. 2, n. 3, p. 219-228, 2003.

HANDA, S.; MASUKI, S.; OHSHIO, T.; KAMIJO, YOSHI-ICHIRO.; AKIRA, T.; NOSE, H. Target intensity and interval walking training in water to enhance physical fitness in middle-aged and older women: a randomized controlled study. **European Journal Applied Physiology**, v. 116, n.1, p. 203-215, 2016.

HART, S.; DREVETS, K.; ALFORD, M.; SALACINSKI, A.; HUNT, B. E. A method comparison study regarding the validity and reliability of the Lactate Plus analyzer. **BMJ Open**, v. 3, n. p. 1-8, 2013.

HELGERUD, J.; HOYDAL, K.; WANG, E.; KARLSEN, T.; BERG, P.; BJERKAAS, M.; et al. Aerobic high-intensity intervals improve $\dot{V}O_{2\text{MAX}}$ more than moderate training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n.4, p. 665–671, 2007.

HEIDENREICH, P. A.; TROGDON, J. G.; KHAVJOU, O. A.; BUTLER, J.; DRACUP, K.; EZEKOWITZ, et al. Forecasting the future of cardiovascular disease in the United States: A policy statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011

HENRITZE, J.; WELTMAN, A.; SCHURRER, R.; BARLOW, K. Effects of training at an above the lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, v. 54, n. 1, 84-88, 1985.

HRELJAC, A. Determinants of the gait transition speed during human locomotion: kinetic factors. **Journal of Biomechanics**, v. 28, n. 6, p. 669-677, 1995.

HUGHES, V. A. et al. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**. v. 56, n. 5, p. 209-217, 2001.

HOLTERMANN, A.; STAMATAKIS, E. Do all daily metabolic equivalent task units (MET's) bring the same health benefits? **British Journal of Sports Medicine**, v. 0, n.0, p. 1-2, 2018.

HULL, S. S. JR.; VANOLI, E.; ADAMSON, P. B. VERRIER, R. L.; FOREMAN, R. D.; SCHWARTZ, P. J. Exercise training confers anticipatory protection from sudden death during acute myocardial ischemia. **Circulation**, v. 89, n. 2, p. 548-552, 1994.

HUPIN, D.; EDOUARD, P.; GREMEAUX, V.; GARET M6, CELLE S.; PICHOT, V.; MAUDOUX, D.; BARTHÉLÉMY, J. C.; ROCHE, F. Physical activity to reduce mortality risk. **European Heart Journal**, v. 38, n. 20, p.1534-1537, 2017.

HURLEY, B.; REUTER, I. Aging, Physical Activity, and Disease Prevention. **Journal of Aging Research**, v. 366, n. 9500, p.1-2, 2011.

HWANG, C. L.; YOO, J. K.; KIM, H. K.; HWANG, M. H.; HANDBERG, E. M.; PETERSEN, J. W.; et al. Novel all-extremity high-intensity interval training improves aerobic fitness, cardiac function and insulin resistance in healthy older adults. **Experimental Gerontology**, v. 82, p. 112-119, 2016.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE ADVANCEMENT OF KINANTHROPOMETRY (ISAK). International Standards for Anthropometric 31 Assessment. Austrália: **International Society for the Advancement of Kinanthropometry**, p. 139, 2010.

JABBOUR, G.; MAJED, L. Ratings of perceived exertion misclassify intensities for sedentary older adults during graded cycling test: effect of supramaximal high-intensity interval training. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 1505, 2018.

JANDACKOVA, V. K.; SCHOLE, S.; BRITTON, A.; STEPTOE, A. Are changes in heart rate variability in middle-aged and older people normative or caused by pathological conditions? findings from a large population-based longitudinal cohort study. **Journal of the American Heart Association**. v. 5, n.2, p.1-13, 2016.

JIMÉNEZ-GARCÍA, J. D.; HITA-CONTRERAS, F.; TORRE-CRUZ, M. DE LA.; FÁBREGA-CUADROS, R.; AIBAR-ALMAZÁN, A.; CRUZ-DÍAZ, D.; et al. High-intensity interval training using TRX lower-body exercises improve the risk of falls in

healthy older people. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 27, n. 3, p. 1- 26, 2018.

JOHNELL, O.; KANIS, J. Epidemiology of osteoporotic fractures. **Osteoporosis International**, v. 16, p. 3-7, 2005.

JOYCE, D.; BARRETT, M. State of the Science: Heart Rate Variability in Health and Disease. **BMJ Supportive & Palliative Care**. v. 9, n. 3, p. 274-276, 2019.

JUNIOR, W. M. V.; MARTINS, M. Idosos e planos de saúde no Brasil: análise das reclamações recebidas pela Agência Nacional de Saúde Suplementar. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 20, n.12, p. 3817-3826, 2015.

JULIUS, L. M.; BRACH, J. S.; WERT, D. M.; Van SWEARINGEN, J. M. Perceived effort of walking: relationship with gait, physical function and activity, fear of falling, and confidence in walking in older adults with mobility limitations. **Physical Therapy**, v. 92, n. 10, 1268-1277, 2012.

KLABUNDE R. E. **Cardiovascular Physiology Concepts**. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkinns, 2012.

KALACHE, A. O mundo envelhece: é imperativo criar um pacto de solidariedade social. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 13, n. 4, p. 1107-1111, 2008.

KALYANI, R. R.; STEIN, B.; VALIYIL, R.; MANNO, R.; MAYNARD, J. W.; CREWS, D. C. Vitamin D treatment for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 58, n. 7, p. 1299-1310, 2010.

KARSTOFT, K; WINDING, K.; KNUDSEN, S. H.; NIELSEN, J. S.; THOMSEN, C.; PEDERSEN, B. K.; et al. The Effects of Free-Living Interval- Walking Training on Glycemic Control, Body Composition, and Physical Fitness in Type 2 Diabetic Patients. **Diabetes care**, v.36, n.2, p. 228-236, 2014.

KAWAGUCHI, L. Y A.; LIMA, M. S.; NASCIMENTO, A. C.P. Characterization of heart rate variability and baroreflex sensitivity in sedentary individuals and male athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. v. 13, n. 4, p. 231-236, 2007.

KENNEY, M. J.; GANTA, C. K. Autonomic Nervous System and Immune System Interactions of autonomic control in cardiovascular system. **Comprehensive Physiology**, v. 4, n. 3, p. 1177-1200, 2015.

KENNEY, M. J.; GANTA, C. K. Autonomic Nervous System and Immune System Interactions. **Comprehensive Physiology**, v. 4, n. 3, p. 1177–1200, 2014.

KENNEY, M. J.; SEALS, D. R. Post exercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. **Hypertension**, v. 22, n. 5, p. 653-664, 1993.

KINGSLEY, J. D.; FIGUEROA, A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. **Scandinavian Society of Clinical Physiology and Nuclear Medicine**, v. 36, n. 3, p. 179-187, 2016.

KLAUSNER, S C, SCHWARTZ, A. B. **Clinics in Geriatric Medicine**. v. 1, n. 1, p. 119-141, 1985.

KLEIGER, R. E.; STEIN, P. K.; BIGGER, T. J. Heart rate variability: measurement and clinical utility. **Annals of Noninvasive Electrocardiology**, v. 10, n.1, p. 88-101, 2005.

KODAMA, S.; SAITO, K.; TANAKA, S.; MAKI, M.; YACHI, Y.; ASUMI, M. et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. **The Journal of the American Medical Association**, v. 301, n. 19, p. 2024-2035, 2009.

KOPPEN VAN, C. J.; NATHANSON, N. M. The cysteine residue in the carboxyl terminal domain of the m2 muscarinic acetylcholine receptor is not required for receptor-mediated inhibition of adenylate cyclase. **Journal of Neurochemistry**, v. 57, n. 6, p. 1873-1877, 1991.

KIM, D. H.; LIPSITZ, L. A.; FERRUCCI, L.; VARADHAN, R.; GURALNIK, J. M.; CARLSON M. C.; et al. Association between reduced heart rate variability and cognitive impairment in older disabled women in the community: Women's Health and Aging Study I. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 54, n. 11, p. 1751-1757, 2006.

KIM, C.; WHEATLEY, C. M.; BEHNIA, M.; JOHNSON, B. D. The Effect of Aging on Relationships between Lean Body Mass and $\dot{V}O_{2\text{MAX}}$ in Rowers. **Plos One**, v. 11, n. 8, p. 1-11, 2016.

KIVINIEMI, A. M.; TULPPO, M. P.; ESKELINEN J. J. Cardiac autonomic function and high-intensity interval training in middle-age men. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 46, n. 10, p. 1960-1967, 2015.

KIECOLT-GLASER, J. K.; MCGUIRE, L.; ROBLES, T. F.; GLASER, R. Emotions, morbidity, and mortality: new perspectives from psychoneuroimmunology. **Annual Review of Psychology**, v. 53, p. 83–107, 2002.

KOSTIĆ, R.; PANTELIĆ, S.; UZUNOVIC, S.; DJURASKOVIC, R. A comparative analysis of the indicators of the functional fitness of the elderly. **Facta Univ Ser Phys Educ Sport**. v. 9, n. 2, p. 161–171, 2011.

KUO, T. B.; LIN, T.; YANG, C. C.; LI, C. L.; CHEN C. F.; CHOU, P. Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. **American Journal Physiology**. 1999.

LAHIRI, M. K.; KANNANKERIL, P. J. GOLDBERGER, J. J. Assessment of autonomic function in cardiovascular disease: physiological basis and prognostic implications. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 51, p. 1725-1733, 2008.

LAKATTA, E. G. Cardiovascular regulatory mechanisms in advanced age. **Physiological Reviews**, v. 73, n.2, p. 413-467, 1993.

LALANDE, S.; OKAZAKI, K.; YAMAZAKI, T. et al. Effects of Interval Walking on Physical Fitness in Middle-Aged Individuals. **Journal of Primary Care & Community Health**. v. n. 2, p. 104-110, 2010.

LAMPERT, R.; BREMNER, J. D, SU, S.; MILLER, A.; LEE, F.; CHEEMA, F.; GOLDBERG, J.; VACCARINO, V. Decreased heart rate variability is associated with higher levels of inflammation in middle-aged men. **American Heart Journal**. v. 156, n. 4, p. 1-7, 2008.

LARSSON, L.; DEGENS, H.; LI, M.; SALVIATI.; LEE, Y. IL.; THOMPSON, W.; KIRKLAND, J. L.; SANDRI, M. Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function. **Physiological Reviews: American Journal of Physiology**, v. 99, p. 427-511, 2019.

LARSON, E. B.; WANG, L.; BOWEN, J. D.; MCCORMICK, W. C.; TERI, L.; CRANE, P.; Kukull, W. Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older exercise, aging, and risk for incident dementia. **Annals of Internal Medicine**, v. 144, n. 73-81, 2006.

LEWINGTON S, CLARKE R, QIZILBASH N, PETO R, COLLINS R. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. **The Lancet**. v. 360, n. 9349, p.1903-1913, 2002.

LEE, I. M.; PAFFENBARGER, R. S. JR. Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. The Harvard Alumni Health Study. **American Journal of Epidemiology**, v. 51, n.3, p. 293- 299, 2000.

LEE, Y-T. A study of the effect of lavender floral-water eye-mask aromatherapy on the autonomous nervous system. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 8, n. 5, 2016.

LI, Z.; SNIEDER, H. S.; SU, S. et al. A longitudinal study in youth of heart rate variability at rest and in response to stress. **International Journal of Psychophysiology**. v. 73, p. 212-217, 2009.

LIMA-COSTA M. F.; VERAS, R. Saúde pública e envelhecimento. **Cadernos de Saúde Pública**, v 19, n. 3 p. 700-701, 2003.

LITHGOW, H. M.; LEGGATE, M. The Effect of a Single Bout of High Intensity Intermittent Exercise on Glucose Tolerance in Non-diabetic Older Adults. **International Journal of Exercise Science**, v. 11, n. 3, p. 95-105, 2018.

LUCINI, D.; MELA, G. S.; MALLIANI, A.; PAGANI, M. Impairment in cardiac autonomic regulation preceding arterial hypertension in humans. **Circulation**, v.106, n. 21, p. 2673–2679, 2002.

LUNENFELD, P.; STRATTON, The clinical consequences of an ageing world and preventive strategies. **Best Practice & Research: Clinical Obstetrics & Gynaecology**. v. 27, n. 5, p. 643-659, 2013.

LEVENSON, R. W. The Autonomic Nervous System and Emotion. **SAGE Journals**, v. 6, n. 2, p. 100-112, 2014.

LIPSITZ, L. A. Dynamics of stability: The physiologic basis of functional health and frailty. **Journal of Gerontology - A Biological Science Medicine Science**, 2002.

LOW, P. A, SINGER, W. Management of neurogenic orthostatic hypotension: an update. **The Lancet Neurology**, v. 7, p. 451-458, 2008.

LUTZ, A.; SLAGTER, H. A.; DUNNE, JOHN D.; DAVIDSON, R. J. Attention regulation and monitoring in meditation. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 12, n. 4, p. 163-169, 2008.

LÜSCHER, T. F. The endothelium. Target and promoter of hypertension? **Hypertension**. v. 15, n. 5, p. 482-485, 1990

QUEIROZ, A. C.; KANEGUSUKU, H.; FORJAZ, C. L. Effects of resistance training on blood pressure in the elderly. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 1, p. 135-140, 2010.

MASUKI, S.; NISHIDA, K.; HASHIMOTO, S.; MORIKAWA, M.; TAKASUGI, S. Effects of milk product intake on thigh muscle strength and *NFKB* gene methylation during home-based interval walking training in older women: A randomized, controlled pilot study. **PLOS One**, v. 12, n.5, p., 2017.

MASUKI, S. MORIKAWA, M.; NOSE, H. High-Intensity Walking Time Is a Key Determinant to Increase Physical Fitness and Improve Health Outcomes After Interval Walking Training in Middle-Aged and Older People. **Mayo Clinic**. v. 94, n. 12, p. 2415-2426, 2019.

MALIK, M. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **European Heart Journal**, v.1, n. 2, p.151-181,1996.

MARIEB, E. N.; HOEHN, K. **Human Anatomy and Physiology**. San Francisco, CA: Pearson, 2013.

MATSUO T.; SAOTOME, K.; SEINO, S. et al. Low-volume, high-intensity, aerobic interval exercise for sedentary adults: $\dot{V}O_{2MAX}$ cardiac mass, and heart rate recovery. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 9. p. 1963-1972, 2014.

McEWEN, B. S.; SEEMAN, T. Protective and damaging effects of mediators of stress. Elaborating and testing the concepts of allostasis and allostatic load. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 896, n. 9, p. 30-47, 1999.

McEWEN, B. S. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: Central role of the brain. **Physiological Reviews**, v. 87, n. 3, p. 873-904, 2007.

MEDIĆ, B. The role of autonomic control in cardiovascular system: summary of basic principles. **Medicinski podmladak**, v.67, n. 1, p. 14-18, 2016.

MEERSMAN, De R. E. Heart rate variability and aerobic fitness. **American Heart Journal** v. 125, n. 3, p. 726-731, 1993.

MINAYO, M. C. de S. O envelhecimento da população brasileira e os desafios para o setor saúde. **Caderno de Saúde Pública**. v. 28, n. 2, p. 208-209, 2012.

MIRANDA, G. M. D.; MENDES, A. DA C. G.; SILVA, A L. A. DA . O envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras. **Revista Brasileira de Gerontologia**. v.19, n.3, p. 507-519, 2016.

MITCHELL, W.K.; WILLIAM, J.; ATHERTON, P et.al. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. **Frontiers in Physiology**, v.3, n.260, p.1-18. 2012.

MIU, A. C.; HEILMAN, R.; Reduced heart rate variability and vagal tone in anxiety: Trait versus state, and the effects of autogenic training. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**. v. 145, n. 1, 199-103, 2009.

MORIKAWA, M.; OKAZAKI, K.; MASUKI, S.; KAMIJO, Y.; YAMAZAKI, T.; GEN- NO, H.; NOSE, H. Physical fitness and indices of lifestyle-related diseases before and after interval walking training in middle-aged and older males and females. **British Journal of Sports Medicine**, v. 45, p.216-224, 2011.

MOLMEN, H. E.; WISLOFF, U.; AAMOT, I. L. et al. Aerobic interval training compensates age related decline in cardiac function. **Scandinavian Cardiovascular Journal**, v. 46, p. 163-171, 2012.

MONAHAN, K. D.; DINENNO, F.A.; SEALS, D. R. et al. Age-associated changes in cardiovagal baroreflex sensitivity are related to central arterial compliance. **American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology**, v. 281, p. 284-289, 2001.

MURAKI, S.; OKA, H.; AKUNE, T.; MABUCHI, A.; EN-YO, Y.; YOSHIDA M.; SAIKA, A.; SUZUKI, T.; YOSHIDA, H.; ISHIBASHI, H.; YAMAMOTO, S.; NAKAMURA, K.; KAWAGUCHI H.; YOSHIMURA, N. Prevalence of radiographic knee osteoarthritis and its association with knee pain in the elderly of Japanese population-based cohorts: the ROAD study. **Osteoarthritis Cartilage**, v. 17, n. 9, p. 1137-1143, 2009.

MUNK, P. S.; BUTT, N.; LARSEN, A. I. High-intensity Interval Exercise Training Improves Heart Rate Variability in Patients Following Percutaneous Coronary Intervention for Angina Pectoris. **International Journal of Cardiology**. v. 19, n. 145, p. 312-314, 2010.

MURTAGH, E. M.; NICHOLS, L.; MOHAMMED, M. A.; HOLDER, R.; NEVILL, A. M.; MURPHY M. H. The effect of walking on risk factors for cardiovascular disease: an updated systematic review and meta-analysis of randomized control trials. **Preventive Medicine Reports**, v. 72, p. 34-43, 2015.

NAVALTA, J. W.; SEDLOCK, D. A.; PARK, K. S. Physiological responses to downhill walking in older and younger individuals. **Journal of Exercise Physiologyonline**, v. 7, n. 6, 2004.

NEMOTO, K.; GEN-NO, H.; MASUKI, S.; OKAZAKI, K.; NOSE, H. Effects of High-Intensity Interval Walking Training on Physical Fitness and Blood Pressure in Middle-Aged and Older People. v. 82, n. 7, p. 803-811, 2007.

NELSON, M. E.; REJESKI, W. J.; BLAIR, S. N.; DUNCAN, P. W.; JUDGE, J. O.; KING, A. C.; et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Circulation**, v. 16, n. 9, p. 1094-1105, 2007.

NISKANEN, J.P.; TARVAINEN, M. P.; RANTA-AHO, P. O.; KARJALAINEN, P. A. Software for advanced HRV analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 76, 73–81, 2004.

NOTTHOFF, N.; CARSTENSEN, L. L. Positive messaging promotes walking in older adults. **Psychology and Aging**, v. 29, n. 2, 329-341, 2014.

NAIR, S .; VISVANATHAN, R.; GENTILCORE, D. Intermittent Walking: A Potential Treatment for Older People With Postprandial Hypotension. **JAMDA**, v.16, n. 2, 160-164, 2015.

ODDEN, M. C.; BEILBY, P. R.; PERALTA, C. A. Blood Pressure in Older Adults: The Importance of Frailty. **Current Hypertension Reports**, v. 17, n. 7, p.1-14, 2015.

OHTA, M.; UEDA, T.; SAKURAI, K. Change in Autonomic Nervous Activity during Ingestion of Soft Food in Older Nursing Home Residents. **The Bulletin of Tokyo Dental College**, v. 59, n. 4, p. 257-263, 2018.

OPHTHOF, T. The normal range and determinants of the intrinsic heart rate in man. **Cardiovascular Research**, v. 45, n. 1, p. 177-84, 2000.

PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; GUZZETTI, S.; RIMOLDI, O.; FURLAN, R.; PIZZINELLI, P.; 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.

PERROTTA A. S.; JEKLIN, A. T.; HIVES, B. A. Validity of the Elite HRV Smartphone Application for Examining Heart Rate Variability in a Field-Based Setting. v. 31, n. 8, p. 2296-2302, 2017.

PFEIFER, M. A.; WEINBERG, C. R.; COOK, D.; BEST, J. D.; REENAN, A.; HALTER, J. B. Differential changes of autonomic nervous system function with age in man. **The American Journal of Medicine**, v. 75, n. 2, p. 249-258, 1983.

PIGFORD, T.; ANDREWS, A. W. Feasibility and benefit of using the Nintendo Wii Fit for balance rehabilitation in an elderly patient experiencing recurrent falls. **Journal of Student Physical Therapy Research**, v. 2, n. 1, p. 12-19, 2010.

PINTO, E. Blood pressure and ageing. **Postgraduate Medical Journal**, v. 83, p. 109-114, 2007.

PISOT, R.; MARUSIC, U.; BIOLO, G.; MAZZUCCO, S.; LAZZER, S.; GRASSI, B.; REGGIANI, C.; TONIOLO, L.; Di PRAMPERO, P. E.; PASSARO, A. et al. Greater

loss in muscle mass and function but smaller metabolic alterations in older compared with younger men following 2 wk of bed rest and recovery. **Journal Applied Physiology**, v. 120, n. 922–929, 2016.

PLEWS, D. J. LAURSEN, P. B. MEUR, Y. L. Monitoring Training With Heart-Rate Variability: How Much Compliance Is Needed for Valid Assessment? **International Journal of Sports Physiology and Performance**. v. 9, p. 783-790, 2014.

POON, I. O.; BRAUN, U. High prevalence of orthostatic hypotension and its correlation with potentially causative medications among elderly veterans. **Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics**. v. 30, n. 2, p. 173-178, 2005.

PORGES, S. W. The polyvagal perspective. **Biological Psychology**. v. 74, p. 116-143, 2007.

PRINCE S. A.; ADAMO, K. B.; HAMEL, M. E.; HARDT, J.; GORBER, S. C.; TREMBLAY, M. A comparison of direct versus self-report for assessing physical activity in adults: a systematic review. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 5, n. 56, p.1-24, 2008.

RAPP, K.; BECKER, C.; CAMERON, I. D.; et al. Epidemiology of falls in residential aged care: analysis of more than 70,000 falls from residents of bavarian nursing homes. *Journal of the American Medical Directors Association*, v. 13, p. 187, 2012.

RAJENDRA ACHARYA, U.; PAUL JOSEPH K.; KANNATHAL, N. Heart rate variability: a review. **Medical & Biological Engineering & Computing**. v. 44, n. 12, p. 1031-1051, 2006.

ROCKWOOD, K.; THEOU, O.; MITNITSKI, A. What are frailty instruments for? **Age Ageing**, v. 44, n.4, p. 545-547, 2015.

ROUBENOFF, R. Sarcopenia and its implications for the elderly. **European Journal Clinical Nutrition**, v. 54, 2000.

ROSS, R. Atherosclerosis--an inflammatory disease. **New England Journal of Medicine**, v. 340, n. 2, p. 115-126, 1999.

SABIA, S.; SINGH-MANOUX, A.; HAGGER-JOHNSON, G.; CAMBOIS, E.; BRUNNER, E. J.; KIVIMAKI, M. Influence of individual and combined healthy behaviours on successful aging. **CMAJ**, v. 184, p. 1985–1992, 2012.

SAYER, A. A.; SYDDALL, H.; MARTIN, H.; PATEL, H.; BAYLIS, D.; COOPER, C. The developmental origins of sarcopenia. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, v. 12, n. 7, p. 427–432, 2008.

SIMONSICK, E. M.; SCHRACK, J. A.; GLYNN, N. W.; FERRUCCI, L. Assessing fatigability in mobility-intact older adults. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 62, p. 347–351, 2014.

SILVESTRO, A.; SCOPACASA, F.; OLIVA, G. et al. Vitamin C Prevents Endothelial Dysfunction Induced by Acute Exercise in Patients With Intermittent Claudication. **Atherosclerosis**. v. 165, n. 2, p. 277-283, 2002.

SACHA, J. Why should one normalize heart rate variability with respect to average heart rate. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 306, 2013.

SHAFFER, F.; GINSBERG, J. P. An Overview of Heart Rate variability Metrics and Norms. **Frontiers Physiology**, v. 5, n. 258, p. 1-17, 2017.

SHAFFER, F.; McCRATY, R.; ZERR, C. L. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. **Frontiers in Psychology**, v. 5, n. 1040, 2014.

SHEN, M. J. ZIPES, D. P. Role of the Autonomic Nervous System in Modulating Cardiac Arrhythmias. **Circulation Research**. v. 114, n. 6, p. 1004-1021, 2014.

SIU, A. L. Screening for high blood pressure in adults: U.S. Preventive Services Task Force recommendation statement. **Annals of Internal Medicine**, v. 163, n. 10, p. 78-86, 2015.

SINGH, N.; MONEGHETTI, K. J.; CHRISTLE, J. W. et al. Heart Rate Variability: An Old Metric With New Meaning in the Era of Using mHealth Technologies for Health and Exercise Training Guidance. **Part Two: Prognosis and Training. Arrhythmia & Electrophysiology Review**. v. 7, n. 4, p. 247-255, 2018.

SIPARSKY, P. N.; KIRKENDALL, D. T.; GARRETT, W. E. JR, Muscle Changes in Aging. **Sports Health**. v. 6, n. 1, p. 36-40, 2011.

SOARES-MIRANDA, L.; SATTELMAIR, J.; CHAVES, P.; Physical activity and heart rate variability in older adults: the cardiovascular health study. **Circulation**, v. 129, n. 21, p. 2100-2010, 2014.

SMIT, A. A.; HALLIWILL, J. R.; LOW, P. A. et al. Pathophysiological basis of orthostatic hypotension in autonomic failure. **The Journal of Physiology**. v. 1, p. 1-10, 1999.

STENHOLM, S.; ALLEY, D.; BANDINELLI, S. et al. The effect of obesity combined with low muscle strength on decline in mobility in older persons: results from the InCHIANTI Study. **International Journal of Obesity**. v. 33, n. 6, p. 635-644, 2009.

STAUSS, H. M. Physiologic mechanisms of heart rate variability. **RBH**, v. 14, n. 8-15, 2007.

STEIN, P. K.; DOMITROVICH, P.P.; HUIKURI, H. V.; KLEIGER, R. E. Traditional and nonlinear heart rate variability are each independently associated with mortality after myocardial infarction. **Journal of Cardiovascular Electrophysiology**, v. 16, p. 13-20, 2005.

STUDENSKI S.; PERERA, S.; PATEL, K.; ROSANO, C.; FAULKNER, K.; INZITARI, M.; et al. Gait speed and survival in older adults. **Journal of the American Medical Association (JAMA)**, v. 305, n. 1, p. 50-58, 2011.

SHEPHARD. R.J. Envelhecimento, atividade física e saúde. São Paulo: Phorte, 2003.

SUNG, C.H.; CHUANG, J. Z. The cell biology of vision. **The Journal of Cell Biology**, v. 190, n. 6., p. 953-963, 2010.

SUTTON, R. Clinical classification of syncope. **Progress in Cardiovascular Diseases**. v. 55, p. 339-344, 2013.

STRAZNICKY, N. E.; GRIMA, M. T.; SARI, C. I.; Neck Circumference Is Associated with Muscle Sympathetic Nerve Activity in Overweight and Obese Men but Not Women. **Frontiers in Physiology**. v. 8, n. 203, p. 1-9, 2017.

SZTAJZEL, J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. **Swiss Medical Weekly**, v. 134, n. 35, p. 514-522, 2004.

SZTAJZEL, J.; GOLAY, A.; MAKOUNDOU, V.; LEHMANN, T. N.; BARTHASSAT, V.; SIEVERT, K.; et al. Impact of body fat mass extent on cardiac autonomic alterations in women. **European Journal of Clinical Investigation**, v. 39, n.8, p. 649-656, 2009.

SZANTON, S. L.; WALKER, R. K.; ROBERTS, L.; THORPE, R. J. JR.; WOLFF, J.; AGREE, E.; ROTH, D. L.; GITLIN, L. N.; SEPLAKI, C. Older adults' favorite activities are resoundingly active: findings from the NHATS study. **Gerontological Nursing**, v. 36, p.131-135, 2015.

SWAIN, D. P.; FRANKLIN, B. A. Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 97, n. 1, 141–147, 2006.

TAYLOR, D. Physical activity is medicine for older adults. **Postgraduate Medical Journal**. v. 90, p.26-32, 2014.

TASK-FORCE. 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. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-1065, 1996.

TANAKA, K.; WATANABE, Y.; HIYAMA, T.; TAKEDA, M.; YOSHIMURA, T. Changes in vital age of CHD patients following a supervised aerobic conditioning program. **Japan Atherosclerosis Society**, v. 20, p. 661-667, 1992.

THAYER, J. F.; YAMAMOTO, S. S.; BROSSCHOT, J. F. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. **International Journal of Cardiology**. v. 141, n. 2, p. 122-131, 2010.

THAYER, J. F.; HANSEN, A. L.; SAUS-ROSE, E. et al. Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance: The Neurovisceral Integration Perspective on Self-regulation, Adaptation, and Health. **Annals of Behavioral Medicine**. v. 37, n. 2, p. 141-153, 2009.

THOMPSON, W. O.; THOMPSON, P.K.; DAILEY, M. E. The effect of posture upon the composition and volume of the blood in man. *Journal of Clinical Investigation*, v. 5, p. 573-604, 1928.

THORSTENSSON A.; ROBERTHSON, H. Adaptations to changing speed in human locomotion: speed of transition between walking and running. ***Acta Physiologica – The Scandinavian Physiological***, v. 131, p. 211-214, 1987.

TSCHAKERT, G.; HOFMANN, P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. ***International Journal of Sports Physiology and Performance***, v. 8, n. 6, p. 600-610, 2013.

TSUJI. H.; LARSON, M. G.; VENDITTI, F. J.; MANDERS, E. S.; EVANS, J. C.; FELDMAN, C. L.; et al. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. ***Circulation***, v. 94, n. 11, 2850-2855, 1996.

TSUJI H.; VENDITTI, F. J.; MANDERS, E. S.; EVANS, J. C.; LARSON, M. G.; FELDMAN, C. L.; LEVY, D. Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. ***Circulation***, v. 90, n. 2, p. 878-883, 1994.

UMETANI, K.; SINGER, D.H.; MCCRATY, R.; ATKINSON, M. Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: relations to age and gender over nine decades. ***Journal of the American College of Cardiology***, v. 31, n. 3, p. 593-601, 1988.

URATA H, TANABE Y, KIYONGA A, IKEDA M, TANAKA H, SHINDO M, ARAKAWA K. Antihypertensive and volume-depleting effects of mild exercise on essential hypertension. ***Hypertension***, v. 9, n. 3, 245-252, 1987.

VAN KOPPEN, C.J.; NATHANSON, N. M. The cysteine residue in the carboxyl-terminal domain of the M2 muscarinic acetylcholine receptor is not required for receptor-mediated inhibition of adenylate cyclase. ***Journal of Neurochemistry***, v. 57, n. 6, p. 1873-1877, 1991.

VAN LIESHOUT, J. J.; WIELING, W.; KAREMAKER, J. M. et al. Syncope, cerebral perfusion, and oxygenation. ***Journal of Applied Physiology***. v. 4, p. 833-848, 2003.

VASEGHI M.; SHIVKUMAR, K. The role of the autonomic nervous system in sudden cardiac death. ***Progress in Cardiovascular Diseases***, v. 50, n. 6, p. 404- 419, 2008.

VARIK, VAN B. J.; RENNENBERG, R. J.; REUTELINGSPERGER, C. P.; KROON, A. A, DE LEEUW, P. W.; SCHURGERS, L. J. Mechanisms of arterial remodeling: lessons from genetic diseases. ***Frontiers in Genetics***, v. 3, n. 290, p.1-10, 2012.

VERAS, R. Care pathway for the elderly: detailing the model. ***Revista Brasileira Geriatria e Gerontologia***. v.19, n.6, p. 887-905, 2016.

VESTERGAARD, S. NAYFIELD, S. G.; PATEL, K.V.; ELDADAH, B.; CESARI, M.; FERRUCCI, L.; CERESINI, G.; GURALNIK, J. M. Fatigue in a representative population of older persons and its association with functional impairment, functional

limitation, and disability. **Journal of Gerontology**, A Biological Science Medicine Science, v. 64, p. 76-82, 2009.

VOLPI E.; CAMPBELL. W.W.; DWYER, J. T.; JOHNSON, M. A.; JENSEN, G. L.; MORLEY, J. E.; WOLFE, R. R. Is the optimal level of protein intake for older adults greater than the recommended dietary allowance? **The Journals of Gerontology**, v. 68, n. 6, p. 677-681. 2013.

ZHONG, S.; CHEN, C. N.; THOMPSON, L. V. Sarcopenia of ageing: functional, structural and biochemical alterations. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 2, p. 91-97, 2007.

WAN, H. D. G.; KOWAL, P. U.S. Census Bureau. International Population Reports, P95/16–1, **An Aging World: 2015**, U.S.Washington, DC: Government Publishing Office; 2016.

WALLEN, M.B.; HASSON, D.; THEORELL, T.; CANLON, B.; OSIKA, W. Possibilities and limitations of the Polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 3, p. 1153-1165, 2012.

WANNAMETHEE, S. G.; SHAPER, A. G.; MORRIS, R. W.; WHINCUP, P. H. Measures of adiposity in the identification of metabolic abnormalities in elderly men. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, n. 6, p. 1313-1321, 2005.

WEBER, M. A.; WENGER, N.K.; SCHEIDT, S. A focus on heart failure and other age-related cardiovascular conditions. **The American Journal of Geriatric Cardiology**, v.14, p. 221-223, 2005.

WHO. World Health Organization. Department of health and human services. Global health and ageing. 2011.

WHITEHURST, M. High-Intensity Interval Training: An Alternative for Older Adults. **American Journal of Lifestyle Medicine**, v. 6, n. 5, p. 382-386, 2012.

WILLCOX, D. C.; WILLCOX, B. J.; HE, Q.; WANG, N. C.; SUZUKI, M. They really are that old: a validation study of centenarian prevalence in Okinawa. **The Journals of Gerontology**, v. 63, n. 4, p. 338-349, 2008.

WILSON, M. M.; MORLEY, J.E. Invited review: aging and energy balance. **Journal Applied Physiology**, v. 95, p. 1728-1736, 2003.

WOLF-MAIER, K.; COOPE, R. S.; BANEGAS, J. R.; GIAMPAOLI, S.; HENSE, H. W.; JOFFRES, M.; et al. Hypertension prevalence and blood pressure levels in 6 European countries, Canada, and the United States. **Journal of the American Medical Association (JAMA)**. v. 289, n. 18, p. 2363-2369, 2003.

WILLIAMS, D. P.; CASH, C.; RANKIN, C.; BERNARDI, A.; KOENIG, J.; et al. Resting heart rate variability predicts self-reported difficulties in emotion regulation: a focus on different facets of emotion regulation. **Department of Psychology**, v.10, n. 6, 2015.

WISLOFF, U.; STOYLEN, A.; LOENNECHEN, JP.; BRUVOLD, M.; ROGNMO, O, HARAM, P.M.; et al. NAJJAR, S. M.; ELLINGSEN, O.; SKJAERPE, T. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. **Circulation**, v. 115, n. 24, p. 3086-3094, 2007.

YOSHITAKE, Y. Changes of cardiovascular, sympathoadrenal and metabolic response during exercise corresponding to lactate threshold of middle-aged and elderly women. **Japanese Journal of Hygiene**, n. 40, n.6, p. 867-875, 1986.

YAKARYILMAZ, F.; D.; ÖZTÜRK, Z. A. Treatment of type 2 diabetes mellitus in the elderly. **World Journal of Diabetes**, v. 8, n. 6, p. 278-285, 2017.

YATES, T.; DAVIES, M.; GORELY, T.; BULL, F.; KHUNTI, K. Effectiveness of a pragmatic education program designed to promote walking activity in individuals with impaired glucose tolerance: a randomized controlled trial. **Diabet Care**, v. 32, n. 8, p. 1404–1414, 2009.

ZULFIQAR, U., JURIVICH, D. A., GAO, W.; SINGER, D. H. Relation of heart rate variability to healthy longevity. **American Journal of Cardiology**, v. 105, n. 8, p. 1181- 1185, 2010.

Apêndices

Apêndice I - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisador responsável: Fabrício Boscolo Del Vecchio

Instituição: Universidade Federal de Pelotas - Escola Superior de Educação Física Endereço: Rua Luís de Camões, 625, Três Vendas.

Telefone: 053 99701 4530

Concordo em participar do estudo *“Respostas agudas de variáveis fisiológicas e reatividade simpátovagal em uma sessão de caminhada contínua e intervalada em idosos ativos e sedentários”*. Estou ciente de que estou sendo convidado a participar voluntariamente do mesmo.

PROCEDIMENTOS: Fui informado de que o objetivo geral será “Mensurar as respostas agudas em uma sessão de caminhada contínua ou caminhada intervalada em idosos, e compará-las segundo nível de atividade física.”, cujos resultados serão mantidos em sigilo e somente serão usadas para fins de pesquisa. Estou ciente de que a minha participação envolverá medidas antropométricas, teste de caminhada contínua e de modo intervalado, coleta sanguínea para medidas de lactato e glicemia, consumo máximo de oxigênio e de variáveis de variabilidade da frequência cardíaca e consistirá em três visitas ao laboratório, com duração de 1h15min cada.

RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES: Fui informado que os riscos referem-se à possível perda de equilíbrio na esteira, tontura (em indivíduos com labirintite) e nos participantes não habituados em caminhar em esteira. Além disso, há possibilidade de entorse de tornozelo, joelho, risco de queda conforme aumento da velocidade e/ou progressão dos estágios e intolerância (fadiga/cansaço excessivo) relacionada a velocidade do teste e das posteriores sessões de treino. Haverá um primeiro contato de familiarização para minimização dos possíveis riscos. E em casos de extrema urgência o atendimento médico será solicitado.

BENEFÍCIOS: O benefício de participar na pesquisa relaciona-se ao fato de que os resultados serão incorporados ao conhecimento científico, além disso, os indivíduos terão acesso às medidas antropométricas, bem como resultados das variáveis fisiológicas coletadas.

PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA: Como já me foi dito, minha participação neste estudo será voluntária e poderei interrompê-la a qualquer momento.

DESPESAS: Eu não terei que pagar por nenhum dos procedimentos, nem receberei compensações financeiras. **CONFIDENCIALIDADE:** Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante todas as etapas do estudo.

CONSENTIMENTO: Recebi claras explicações sobre o estudo, todas registradas neste formulário de consentimento. Os investigadores do estudo responderam e responderão, em qualquer etapa do estudo, a todas as minhas perguntas, até a minha completa satisfação. Portanto, estou de acordo em participar do estudo. Este Formulário de Consentimento Pré-Informado será assinado por mim e arquivado na instituição responsável pela pesquisa.

Nome do participante/representante legal: _____ Identidade: _____

ASSINATURA: _____ DATA: ____/____/____

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE DO INVESTIGADOR: Expliquei a natureza, objetivos, riscos e benefícios deste estudo. Coloquei-me à disposição para perguntas e as respondi em sua totalidade. O participante compreendeu minha explicação e aceitou, sem imposições, assinar este consentimento. Tenho como compromisso utilizar os dados e o material coletado para a publicação de relatórios e artigos científicos referentes a essa pesquisa. Se o participante tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da ESEF/UFPeI – Rua Luís de Camões, 625 – CEP: 96055-630 - Pelotas/RS; Telefone:(53)3273-2752.

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Apêndice II- Artigo original redigido nas normas do Journal of Aging and Physical Activity

Seção: Artigo original redigido nas normas do Journal of Aging and Physical Activity

Título do artigo: Respostas agudas de uma sessão de caminhada contínua e intervalada em marcadores hemodinâmicos e metabólicos de idosas ativas e sedentárias.

Autores: Samara Tabanês, Gabriel Völz Protzen, Fabrício Boscolo Del Vecchio.

Filiação: Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul.

Journal: Journal of Aging and Physical Activity

Respostas agudas da caminhada contínua e intervalada em marcadores hemodinâmicos e metabólicos de idosas ativas e sedentárias

Informação dos autores

Primeiro autor

Nome: Samara

Sobrenome: Tabanês

Endereço de e-mail: samaratabanees@gmail.com

Segundo autor:

Nome: Gabriel

Sobrenome: Völz Protzen

Endereço de e-mail: gprotzen@gmail.com

Terceiro autor:

Nome: Fabrício

Sobrenome: Boscolo Del Vecchio

Endereço de e-mail: fabricioboscolo@gmail.com

Autor correspondente

Samara Tabanês

samaratabanees@gmail.com

Luís de Camões, 625, Bairro Três Vendas.

Resumo

A caminhada é a forma de exercício físico mais popular entre idosos, e sua prática pode retardar os efeitos do envelhecimento. Recentemente, tem sido proposto modelo alternativo, conhecido como caminhada intervalada (CI), a qual proporciona melhora na aptidão física e em parâmetros de saúde. No entanto, nenhum analisou seu impacto em ajustes hemodinâmicos e autonômicos em idosos, o que poderia contribuir para melhor prescrição da CI. **Objetivo:** Mensurar as respostas agudas em uma sessão de caminhada contínua (CC) ou CI em idosos, e compará-las segundo nível de atividade física. **Métodos:** Trinta de cinco idosos, entre 60 e 75 anos compuseram a amostra. Na primeira sessão foi realizado teste incremental para determinação da velocidade máxima de caminhada (VMC). De modo subsequente, as participantes foram aleatorizadas para os protocolos de CI (5 x 3min@95%VMC:3min@55%VMC) ou CC (30 minutos a 75% da VMC). Frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), glicose, lactato sanguíneo (LAC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) foram coletados nos momentos pré, durante e após as sessões. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foram registradas em posição supina e ortostática e medida a reatividade simpatovagal antes e após as sessões de esforço. **Resultados:** Em comparação à CC, a CI proporcionou maior VO_{2PICO} ($p = 0,002$) e FC_{PICO} ($p = 0,004$). Para lactato, houve interação e o aumento estatisticamente significativo do momento pré- para o momento pós-caminhada ocorreu apenas na CI ($p = 0,003$). Observou-se efeito do momento (pré vs. pós) para PAS ($F = 31,19$; $p < 0,001$), PAD ($F = 6,69$; $p = 0,012$) e glicose ($F = 46,92$; $p < 0,001$) e intervalos R-R medidos nos momentos pré- e pós-caminhada. Foi identificada interação momento vs. modo de caminhada no raiz quadrada média da diferença do intervalo de sucessivas ondas sinusais RR normais (RMSSD, $p = 0,04$), e no componente high frequency (HF, $p = 0,04$). A reatividade simpatovagal (RSP) não foi afetada pelo tipo de caminhada. **Conclusões:** A ausência de diferença estatisticamente significativa na RSP mostra que, do ponto de vista autonômico, os dois modos de caminhada podem ser seguros para idosos. Embora ambos protocolos não tenham diferido estatisticamente quanto à percepção subjetiva de esforço, a caminhada intervalada induziu maior impacto metabólico e cardiorespiratório.

Palavras chave: caminhada intervalada; exercício; idosos;

Astract

Walking is the most popular form of physical exercise among the elderly, and its practice can delay the effects of aging. Recently, an alternative model has been proposed, known as interval walking (IW), which provides an improvement in physical fitness and health parameters. However, none analyzed its impact on hemodynamic and autonomic adjustments in the elderly, which could contribute to a better IW prescription. **Objective:** Measure the acute responses in a continuous walking (CW) or IW session in elderly women, and compare them according to the level of physical activity. **Methods:** Thirty of five elderly women, between 60 and 75 years old, composed the sample. In the first session, an incremental test was performed to determine the maximum walking speed (MWS). Subsequently, the participants were randomized to the IW (5 x 3min @ 95% MWS: 3min@ 55% MWS) or CW protocols (30 minutes at 75% of the MWS). Heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), oxygen uptake ($\dot{V}O_2$), glucose, blood lactate (LAC), and rating of perceived exertion (RPE) were collected in the moments before, during and after the sessions. Heart rate variability (HRV) was recorded in a supine and orthostatic position and sympathovagal reactivity was measured before and after exercise sessions. **Results:** In comparison to CW, IW provided greater VO_{2PICO} ($p = 0.002$) and FC_{PICO} ($p = 0.004$). For lactate, there was interaction, and the statistically significant increase from the pre- to the post-walk moment occurred only in IW ($p = 0.003$). There was an effect of the moment (pre vs. post) for SBP ($F = 31.19$; $p < 0.001$), DBP ($F = 6.69$; $p = 0.012$) and glucose ($F = 46.92$; $p < 0.001$) and RR intervals measured in the pre- and post-walk moments. Moment vs. time interaction was identified walking mode in the raiz quadrada media da diferença do intervalo de sucessivas (RMSSD, $p = 0.04$), and in the high frequency (HF, $p = 0.04$). Sympathovagal reactivity was not affected by the type of walking. **Conclusions:** The absence of a statistically significant difference in sympathovagal reactivity shows that, from an autonomic point of view, the two modes of walking can be safe for elderly women. Although both protocols did not differ statistically in terms of the subjective perception of effort, interval walking induced a greater metabolic and cardiorespiratory impact.

Keywords: interval walking; exercise; older adults;

INTRODUÇÃO

O envelhecimento é caracterizado por mudanças orgânicas e fisiológicas cumulativas, e está associado a inúmeras comorbidades relacionadas ao estilo de vida sedentário e alimentação inadequada (Kirkwood et al., 2017). O envelhecimento reduz a força e massa muscular, diminui a aptidão cardiorrespiratória (Alul et al., 2019) e compromete as funções cardiovasculares (Oxenham et al., 2003), alterando o controle cardíaco e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a qual tem sido usada como marcador para estratificação de risco cardíaco (Perini et al., 2000) e parece estar associada à mortalidade em idosos (de Bruyne et al., 1999; Nicolini et al., 2012).

Entre idosos, a prática de exercícios físicos minimiza as alterações decorrentes do envelhecimento (Garatachea et al., 2015), melhorando a função cardíaca e a atividade metabólica (Turkbey et al., 2010). Por sua vez, a aptidão física tem sido associada à saúde (Sato et al., 2007; Daimiel et al., 2020) e à qualidade de vida de idosos (Ciprandi et al., 2018). Embora pessoas da mesma idade possam diferir fisiológica e geneticamente entre si, a magnitude do impacto multifatorial e complexo causado pela degeneração tecidual e sistêmica do envelhecimento poderia ser modulada pela prática de atividades físicas e pelo nível de aptidão física (Navaratnarajah; Jackson, 2017). Assim, entender como a aptidão física e o nível de atividade física modificariam as respostas fisiológicas de idosos frente ao exercício físico pode contribuir na escolha dos tipos de esforços a serem realizados e na organização de programas de treinamento voltados aos idosos.

Dentre as diferentes formas de exercício físico aeróbico aplicado em idosos, a caminhada contínua é a prática mais popular e democrática, embora a caminhada intervalada tem se constituído como modelo novo e bastante plausível (Masuki et al., 2017). Composta por alternância de ciclos de alta e baixa intensidade, sua prática promove redução significativa da pressão arterial (Nemoto et al., 2007) e na rigidez arterial central (Okamoto et al., 2018), melhora aspectos relacionados às doenças crônicas (Morikawa et al., 2011). Entretanto, o impacto agudo deste modelo de exercício entre idosos ainda é desconhecido, e não se sabe se o nível de atividade física pode afetar o comportamento do organismo frente a este tipo de prática. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi mensurar as respostas

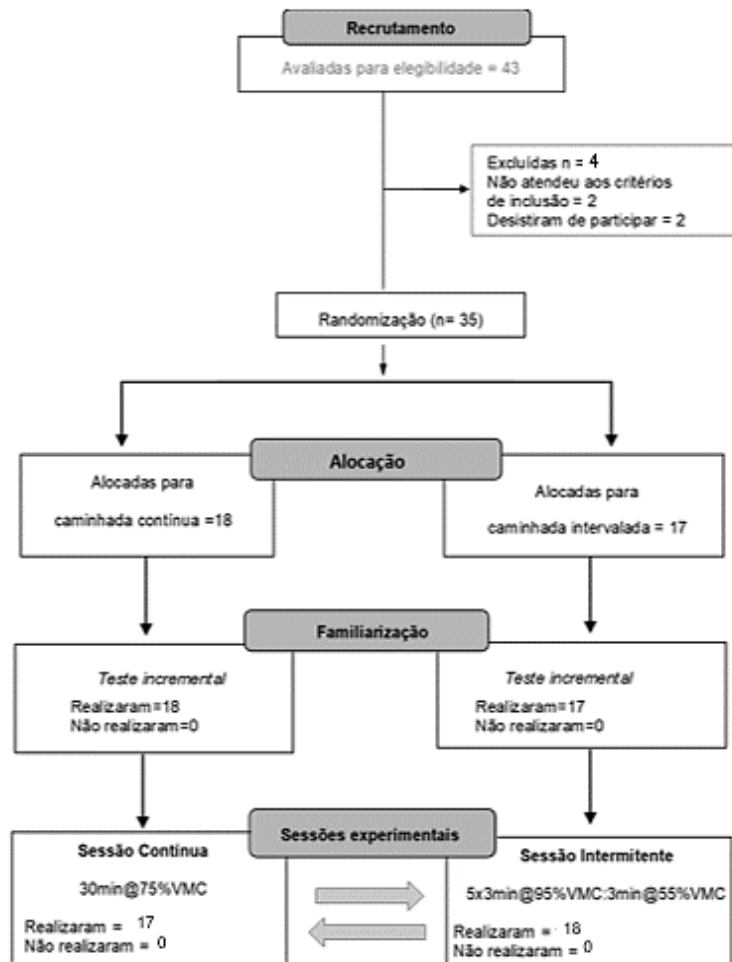
hemodinâmicas e metabólicas agudas de idosas ativas e sedentárias em uma sessão de caminhada contínua ou intervalada.

MÉTODOS

Foi conduzido estudo com delineamento experimental e medidas repetidas. As participantes compareceram a três visitas no laboratório definidas de modo aleatório. A primeira visita foi destinada ao preenchimento da ficha de anamnese, avaliação antropométrica, familiarização com o ergômetro e teste incremental. Nas duas visitas posteriores foram realizadas sessões experimentais (caminhada contínua: CC; caminhada intervalada: CI), em ordem aleatoriamente determinada. Nas sessões experimentais, avaliaram-se função autonômica cardíaca, variáveis hemodinâmicas, respiratória, metabólicas e de percepção de esforço, segundo nível de atividade física (sedentária ou ativa), tipo de caminhada (contínua ou intervalada) e momento (pré versus pós).

Amostra

Foram envolvidas no estudo 35 participantes idosas. Destas, 17 eram ativas e realizavam atividades de ginástica coletiva duas vezes por semana, em projeto de extensão universitária. O recrutamento das participantes ativas se deu por meio de convite informal durante as aulas do respectivo projeto. As participantes sedentárias foram convidadas via contato telefônico a partir de lista de espera deste mesmo projeto de extensão (Figura 1). O nível de atividade física das participantes foi inferido por meio de questionário. Consideramos como ativas as participantes que realizavam acima de 150 minutos de atividade física realizadas semanalmente. Abaixo de 150 minutos foram consideradas sedentárias. Previamente ao recrutamento, as idosas foram informadas sobre os procedimentos do estudo e os riscos envolvidos, e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Número do parecer: 3.995.419).



VMC = velocidade máxima de caminhada

Figura 1. Fluxograma do estudo com idosas ativas e sedentárias submetidas a diferentes protocolos de caminhada.

Critérios de elegibilidade

Os critérios de inclusão consistiam em ser fisicamente independente e estar entre 60 e 75 anos. Foram excluídas participantes com hipertensão arterial sistêmica (HAS) estágio 2 (160-179mmHg), conforme a 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial publicada no Arquivo Brasileiro de Cardiologia (2016), idosas com problemas respiratórios (doença pulmonar obstrutiva crônica – DPOC), problemas osteoarticulares (osteoartrite) submetidos à procedimento cirúrgico (coluna vertebral e articulação dos joelhos) e diabéticas tipo 2 insulino-dependentes com complicações e manifestações clínicas (retinopatia e úlcera nos pés) resultantes de complicações secundárias da diabetes.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Sessão inicial

Inicialmente, as idosas foram conduzidas até o laboratório e orientadas a ficarem sentadas por cinco minutos. Após, foram coletadas medidas de pressão arterial (PA) e frequência cardíaca (FC) em repouso para registro de dados descritivos da amostra.

Para coleta de dados antropométricos, as idosas compareceram ao laboratório com roupa adequada para prática de exercício físico e foram orientadas a: 1) não ingerir líquidos uma hora antes da avaliação, 2) não estar em jejum, 3) não realizar atividade física extenuante no mínimo oito horas antes das visitas ao laboratório.

As medidas antropométricas ocorreram na primeira visita ao laboratório, antes do protocolo de teste incremental, e seguiram os parâmetros de padronização de técnicas em medidas antropométricas da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK, 2010).

Percentual de gordura: Foi determinado através da equação de Jackson e Pollock (1978), que considera valores de sete dobras cutâneas (subescapular, tricipital, abdominal, suprailíaca, supraespinal, coxa medial e panturrilha).

Massa corporal e estatura: Foi utilizada balança digital (Soehnle™ Professional, precisão de 0,01 kg). Para as medidas de estatura, utilizou-se estadiômetro precisão de 0,1 centímetros (Estadiômetro Standard, Sanny™).

Teste incremental

Foi realizado teste incremental em esteira rolante com angulação plana (Kikos, KX8000, Kiko Fitness, Beijing, China) com aquecimento de cinco minutos em uma velocidade inicial de 3 km•h⁻¹. A partir disto, a velocidade foi ajustada para 4 km•h⁻¹ e aumentada em 0,3 km•h⁻¹ a cada um minuto de estágio (Sentija; Markovic, 2009). O procedimento empregado conta com validação prévia (Farinatti; Monteiro, 2010), apresentando coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de 0,90 (p=0,02). A participantes foram orientadas a caminhar conforme o incremento de carga e o teste foi encerrado quando ela não conseguisse manter o ritmo de caminhada (Rotstein et al., 2005), momento em que se determinou a velocidade máxima de caminhada (VMC).

Sessões experimentais

Caminhada Contínua (CC) e Caminhada Intervalada (CI)

As participantes foram submetidas a duas sessões experimentais, escolhidas em ordem determinada aleatória. Para sua realização, agendamentos prévios foram realizados considerando mesmas rotinas e hábitos diários, assim como horário de prática. As duas sessões tiveram a mesma duração, e foram separadas por, no mínimo, 24 horas e, no máximo, 48h. De todas as sessões experimentais realizadas, apenas duas mulheres não conseguiram realizar o protocolo experimental por completo. Destas, uma realizou apenas a sessão de caminhada intervalada e a outra não conseguiu realizar nenhuma das sessões experimentais. Não foram registradas intercorrências em nenhuma das sessões.

Caminhada contínua: 30 minutos realizados à 75% da VMC. A participante foi orientada a manter um ritmo fixo de velocidade durante todo o período de esforço da sessão, com as mãos posicionadas no corrimão da esteira.

Caminhada intervalada: Realizaram-se cinco blocos de esforço com duração total da sessão de 30 minutos. Nestes cinco blocos, três minutos eram realizados a 95% da VMC e três minutos a 55% da VMC. A velocidade da esteira foi administrada por um profissional que a cada estágio de esforço e intervalo de recuperação configurou a velocidade correspondente.

VARIÁVEIS ANALISADAS

Variabilidade da Frequência cardíaca (VFC): Foi mensurada com a participante em repouso por 10 minutos em posição supina em uma maca e, então, durante cinco minutos em posição ortostática. Para mensuração dos intervalos R-R da VFC foi utilizada uma cinta de frequência cardíaca (Polar™, modelo H7, Polar Electro, Kempele, Finlândia) emparelhada via Bluetooth® a um aplicativo de *smartphone* (Elite HRV, Ashville, Carolina do Norte, EUA). Nas medidas de VFC foram considerados como valores ectópicos os batimentos cardíacos registrados acima de 150 bpm no aplicativo. Nestes casos, os dados foram transferidos para o *Software* (Kubios HRV, versão V2.1) e analisados conforme recomendado pela Sociedade Europeia de Cardiologia *Task Force* (Camm, 1996). Consideraram-se dois

parâmetros do domínio do tempo: RMSSD (Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado dos intervalos R-R adjacentes) e média dos intervalos R-R (iRR). No domínio da frequência, foram registradas: amplitude de baixa (*Low-frequency* [LF]: 0,04 a 0,15Hz) e de alta frequência (*High-frequency* [HF] 0,15 a 0,40Hz) e razão LF/HF, que representa o balanço simpátovagal (Cygankiewicz; Zareba, 2013). Para as medidas de reatividade simpátovagal, as idosas foram orientadas a permanecerem em posição supina por dez minutos e, em seguida, instruídas verbalmente a ficarem em posição ortostática por mais cinco minutos (Kiviniemi et al., 2015). Além disso, foi orientado que todas as idosas mantivessem o ritmo de respiração normalmente e a não falar durante o protocolo, exceto em situação de desconforto. De modo específico, em decúbito dorsal foram instruídas a permanecerem de olhos abertos, com os braços estendidos em pronação ao longo do corpo. Em posição ortostática, orientou-se que permanecessem de olhos abertos e alinhados a um ponto fixo, sem alteração do posicionamento dos pés, com o peso do corpo distribuído igualmente entre os membros inferiores. O cálculo da reatividade simpátovagal (RSP) se deu através da subtração dos valores médios (razão LF/HF) no estímulo estressor dos valores em repouso (Shinba et al., 2008; Shinba, 2014).

Frequência cardíaca: Foi monitorada com cardiofrequencímetro (Polar RS800CX; Polar Electro OY, Kempele, Finlândia) usando registro contínuo da FC a cada 1 s durante teste incremental e nas sessões experimentais. As idosas vestiram a cinta no tórax e permaneceram cinco minutos sentadas para medida de frequência cardíaca em repouso (FC_{REP}). Nas sessões de CC e CI, a frequência cardíaca média (FC_{MÉDIA}) foi mensurada ao longo de toda a sessão. Para frequência cardíaca pico (FC_{PICO}), considerou-se o maior valor absoluto obtido na sessão.

Pressão arterial (mmHg): A pressão arterial foi mensurada antes e imediatamente após o teste incremental e sessões experimentais, conforme as orientações da 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial da Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC, 2016). As idosas se mantiveram sentadas por cinco minutos, com as costas apoiadas na cadeira, pés apoiados no chão, braço esquerdo sob superfície de uma mesa e orientada a não falar durante a aferição. O aparelho utilizado para medida era digital e emprega sistema oscilométrico (modelo HEM-7200, OMRON™, Beijing, China).

Consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$): Foi mensurado durante as sessões experimentais de caminhada contínua e intervalada em esteira, utilizando analisador de gases metabólicos (VO2000™, Medical Graphics®, St. Paul, MN), considerando-se a média a cada três expirações. As participantes utilizaram máscara de Neoprene® ajustada ao rosto, com bocal *high flow* acoplado e umbilical conectado ao aparelho. O aparelho foi calibrado antes e após cada sessão experimental com emprego do *software* Breeze (Medgraphics™, Minnesota, EUA).

Lactato sanguíneo (mmol/L): Foram coletadas amostras de sangue capilar antes e após o término das sessões experimentais, a partir de uma punção transcutânea no dedo indicador, precedida por higienização com álcool etílico a 75%. Destes, 15 µl foram pipetados em um Microtubo Eppendorf® contendo 30µl de anticoagulante EDTA. A leitura das amostras foi realizada em analisador eletroquímico (YSI 2300, Yellow Springs, EUA), previamente calibrado usando solução com 0,45 g/L de lactato, conforme especificações do fabricante para amostras de lactato (Hart et al., 2013).

Glicose plasmática (mg/dL): Para mensuração da glicemia antes e após realização das sessões experimentais foi utilizado glicosímetro portátil (Accu-Check, Performa® da Roche- Alemanha), lancetador (Accu-Chek Softclix® Pro) e lancetas do mesmo aparelho.

Percepção de esforço (PSE): Para classificação do esforço percebido, empregou-se escala de 6-20 de Borg ao final do teste incremental e das sessões de esforço (Clarkson; Conway; Warmington, 2017).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise descritiva foram utilizadas média e desvio padrão. O teste Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade de distribuição dos dados. Nas análises subsequentes, realizou-se análise de variância de três caminhos para nível de atividade física (NAF), modo de caminhada e momento (pré e pós), com medidas repetidas no fator momento para variáveis hemodinâmicas: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), duplo produto (DP), lactato e glicose.

Empregou-se o post-hoc de *Tukey* para NAF e modo de caminhada e *post-hoc* de Bonferroni para momento.

A comparação dos dados de percepção subjetiva de esforço (PSE) e consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_{2PICO}$), para o tipo de esforço e grupo foi realizada com análise de variância (ANOVA *Two-way*) quanto ao nível de atividade física x modo de caminhada. Além disso, foi empregado o post-hoc de *Tukey* para identificação das diferenças entre as médias. O nível de significância adotado foi de $p \leq 5\%$. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software estatístico SPSS, v.20.0.

RESULTADOS

As variáveis demográficas e antropométricas são apresentadas na tabela 1. No teste incremental, observou-se diferença significativa entre as participantes na VMC, duração do teste e pressão arterial diastólica (PAD).

Em proporção aos dados obtidos no teste incremental, as participantes do grupo sedentária atingiram $106,5 \pm 36,5\%$ do $\dot{V}O_{2PICO}$ durante CC e $126,3 \pm 28,7\%$ do $\dot{V}O_{2PICO}$ na CI. As participantes do grupo ativa atingiram $94,6 \pm 15,3\%$ na caminhada contínua e $109,8 \pm 20,5\%$ na caminhada intervalada, com diferenças entre grupos ($F = 4,14$; $p = 0,047$) e entre modos de caminhada ($F = 6,27$; $p = 0,015$), sem interações significantes ($F = 0,11$; $p = 0,74$).

Para variáveis hemodinâmicas e metabólicas, os dados descritivos e respectivas inferências são apresentados na tabela 2. Observou-se efeito do momento para PAS ($F = 31,19$; $p < 0,001$), PAD ($F = 6,69$; $p = 0,012$), DP ($F = 440,46$; $p < 0,001$) e glicose ($F = 46,92$; $p < 0,001$). Para lactato, identificou-se interação Momento x NAF x Modo ($F = 4,01$; $p = 0,05$), sendo que o aumento estatisticamente significativo do momento pré para o momento pós ocorreu apenas na CI ($p = 0,003$).

Constatou-se efeito do NAF para PAS ($F = 6,184$; $p = 0,016$) e para PAD ($F = 6,544$; $p = 0,013$). Os dados relativos à FC_{PICO} e FC_{MED} são apresentados na figura 2. Para a primeira, não foi observado efeito do nível de atividade física ($F = 2,14$; $p = 0,15$), mas sim do modo de caminhada ($F = 9,12$; $p = 0,004$), sem interações significantes. Quanto à FC_{MED} , não foram observadas quaisquer diferenças significantes.

Tabela 1. Dados descritivos das variáveis demográficas e características antropométricas das participantes incluídas no estudo

	Sedentária (n=18)		Ativa (n=17)		p-valor
	Média	±dp	Média	±dp	
Idade (anos)	66,22	±3,46	69,41	±3,04*	0,007
Massa corporal (kg)	67,51	±11,49	66,06	±9,57	0,689
Estatura (cm)	156,94	±7,14	157,33	±6,57	0,867
IMC (kg/m ²)	27,40	±4,31	26,98	±4,68	0,782
Gordura corporal (%)	30,81	±7,62	26,85	±5,17	0,083
PA sistólica (mmHg)	120,89	±17,47	111,00	±15,82	0,089
PA diastólica (mmHg)	73,06	±14,19	65,59	±11,70	0,100
FC de repouso (bpm)	75,61	±17,09	78,12	±14,33	0,642
Teste incremental					
VMC (km/h)	5,75	±0,71	6,61	±0,68*	0,001
FC máxima (bpm)	114,39	±28,81	121,35	±16,12	0,388
FC média (bpm)	106,61	±21,95	109,88	±12,77	0,596
PA sistólica após (mmHg)	147,17	±24,02	137,06	±16,38	0,158
PA diastólica após (mmHg)	72,67	±11,14	65,59	±6,10*	0,027
VO ₂ PICO (mLO ₂ /kg/min)	16,53	±4,30	18,75	±1,98	0,061
PSE final (u.a.)	15,44	±3,09	16,94	±3,27	0,173
Duração do teste (min)	12,17	±2,15	14,37	±2,56*	0,010

Os dados estão apresentados média e desvio padrão.

PA = pressão arterial.

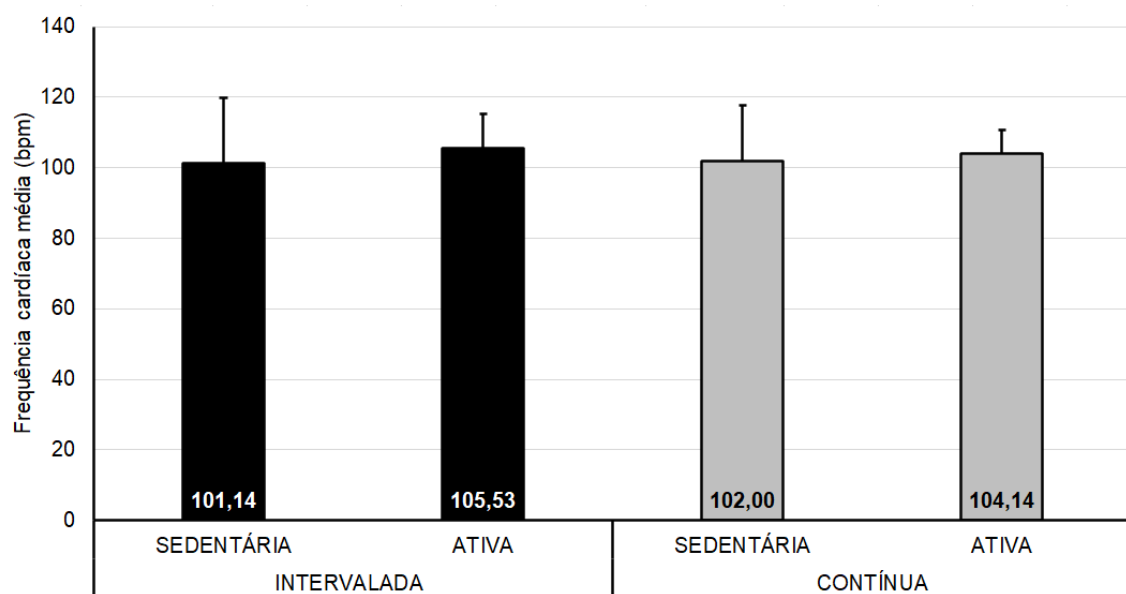
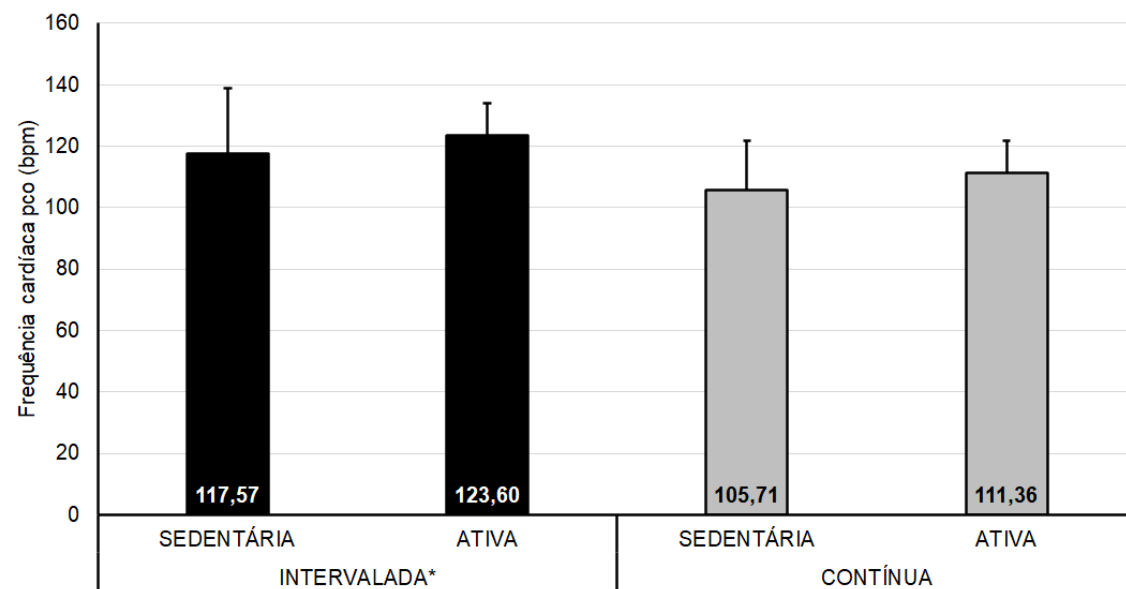
FC = frequência cardíaca.

VMC = velocidade máxima de caminhada.

VO₂= consumo máximo de oxigênio.

PSE = Percepção subjetiva de esforço.

* = estatisticamente diferente estatisticamente diferente entre os grupos (p<0,001).



* = estatisticamente diferente da caminhada contínua ($p = 0,004$).

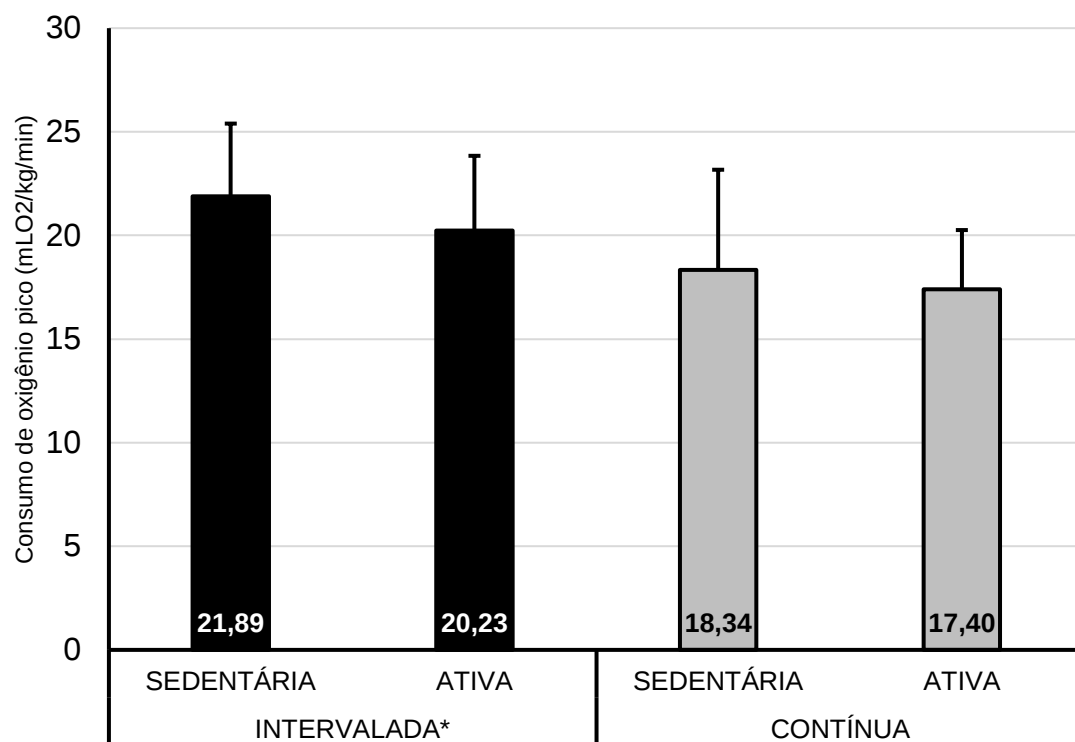


Figura 2. Frequência cardíaca pico (A) e média (B) em dois tipos de caminhada.

Tabela 2. Comportamento das variáveis hemodinâmicas e metabólicas durante caminhada contínua e intervalada

Variáveis	Sedentária (n = 18)				Ativa (n = 17)				Momento		NAF		Momento x NAF		Modo de Caminhada		Momento x Modo		NAF x Modo		Momento x NAF x Modo	
	Pré		Pós		Pré		Pós															
	Média	±dp	Média	±dp	Média	±dp	Média	±dp	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
PA Sistólica (mmHg)									31,19	<0,001	6,18	0,016	1,24	0,271	0,16	0,693	0,84	0,365	0,88	0,354	0,93	0,339
CONTÍNUA	115,71	±15,55	130,07	±18,78	109,93	±14,49	123,64	±13,67														
INTERVALADA	120,86	±17,26	135,43	±19,89	111,87	±13,11	117,47	±20,92														
PA Diastólica (mmHg)									6,69	0,012	6,54	0,013	1,15	0,288	1,75	0,192	0,24	0,627	0,12	0,735	0,47	0,498
CONTÍNUA	67,79	±9,37	71,43	±11,07	63,50	±5,65	66,00	±5,33														
INTERVALADA	69,71	±13,06	76,79	±10,91	65,93	±12,53	67,87	±8,42														
Duplo produto (mmHg x bpm)									440,46	<0,001	0,49	0,486	1,99	0,164	3,17	0,081	7,56	0,008	0,11	0,745	0,76	0,387
CONTÍNUA	8050	±1754	13666	±2612*	8012	±1357	13306	±2418*														
INTERVALADA	8089	±1945	15873	±3408	8224	±1533	14642	±2697														
Lactato (mmol/L)									9,012	0,004	0,06	0,800	1,23	0,272	0,00	0,972	3,76	0,058	2,26	0,138	4,01	0,050
CONTÍNUA	2,13	±0,84	1,67	±0,65	1,81	±1,32	1,74	±0,48														
INTERVALADA	1,67	±0,70	2,77	±1,02#	1,53	±0,61	2,28	±1,23#														
Glicose (mg/dL)									46,92	<0,001	0,56	0,456	1,20	0,279	0,23	0,630	0,27	0,604	0,04	0,842	0,43	0,513
CONTÍNUA	148,50	±62,94	112,93	±49,97	133,93	±64,61	113,79	±39,51														
INTERVALADA	144,36	±61,41	110,00	±53,67	130,60	±34,59	100,07	±11,21														

PA: Pressão arterial. NAF: Nível de atividade física. * Estatisticamente diferente de caminhada intervalada (p = 0,002). # Estatisticamente diferente do momento pré-esforço (p = 0,003).

Os dados mostrados na figura 2 correspondem ao $\dot{V}O_{2PICO}$ nas sessões experimentais, sendo que a caminhada intervalada proporcionou valores superiores neste parâmetro quando comparada à caminhada contínua ($p=0,002$).

Dados sobre a VFC são apresentados na tabela 3. Houve diferença significativa nos intervalos R-R nos momentos pré e pós ($F=36,62$ e $F=35,25$; $p<0,001$) e RMSSD no momento pré ($F=4,37$; $p=0,04$). Também foram identificadas interações significantes entre momento e modo de caminhada para rMSSD ($F = 4,37$; $p = 0,041$) e HF ($F = 4,15$; $p = 0,047$), ambas na posição supina, sendo que para CC houve ligeiro aumento e para a CI houve redução dos valores em relação ao momento pré-esforço.

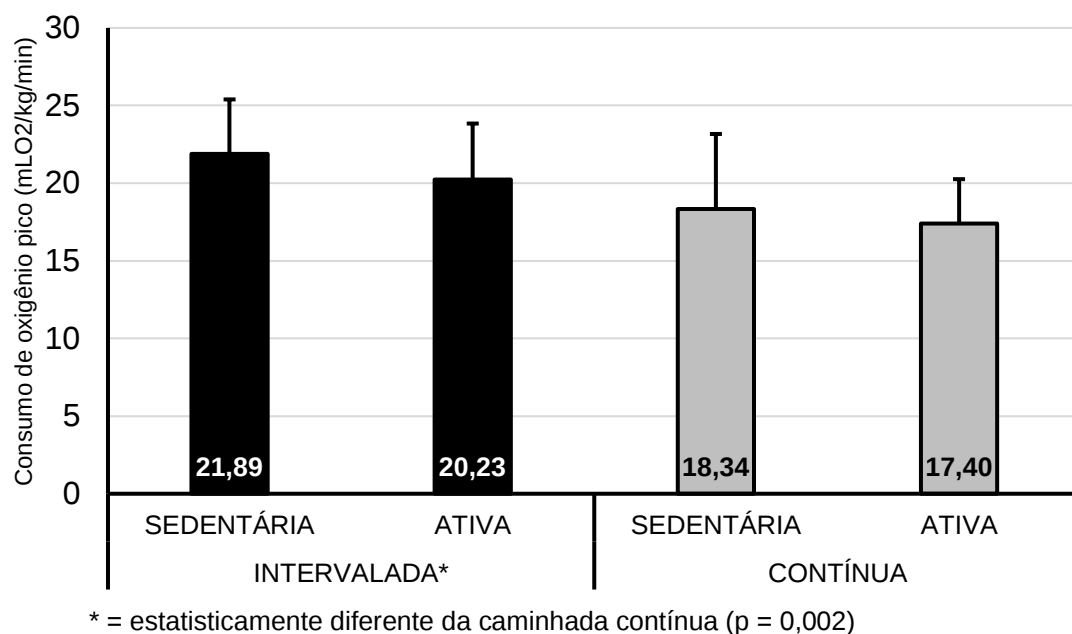


Figura 3. Consumo de oxigênio pico, em mL O₂/kg/min, segundo nível de atividade física e modo de caminhada.

Tabela 3. Comparativo das variáveis de variabilidade da frequência cardíaca nas posições supino e ortostática, conforme modos de caminhada, momento e nível de atividade física.

Variáveis	Sedentária (n =18)				Ativa (n = 17)				Momento		NAF		Momento x NAF		Modo de Caminhada		Momento x Modo		NAF x Modo		Momento x NAF x Modo	
	Pré		Pós		Pré		Pós															
	Média	±dp	Média	±dp	Média	±dp	Média	±dp	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
iRR (supino)									36,62	<0,0001	3,27	0,076	2,02	0,161	0,40	0,531	0,03	0,860	0,16	0,692	2,21	0,143
CONTÍNUA	935,36	±165,28	857,79	±160,85	880,14	±94,59	800,86	±98,19														
INTERVALADA	948,36	±200,42	826,36	±199,40	821,73	±188,69	777,40	±115,01														
iRR (ortostática)									35,25	<0,0001	2,42	0,126	1,89	0,176	0,59	0,445	0,11	0,743	0,01	0,932	0,41	0,525
CONTÍNUA	846,07	±150,08	768,71	±159,66	780,21	±138,07	719,07	±117,94														
INTERVALADA	822,64	±188,63	738,43	±183,46	735,87	±158,83	696,13	±123,29														
rMSSD (supino)									1,87	0,177	0,04	0,840	0,22	0,639	0,02	0,876	4,37	0,041	0,21	0,650	0,01	0,910
CONTÍNUA	24,09	±14,54	27,44	±37,33	21,08	±28,03	22,21	±23,91														
INTERVALADA	28,36	±24,96	19,43	±15,56	31,77	±34,03	19,19	±23,55														
rMSSD (ortostática)									2,35	0,131	0,78	0,382	0,13	0,717	0,23	0,635	1,16	0,287	0,04	0,839	0,50	0,483
CONTÍNUA	24,33	±34,69	17,60	±20,19	25,21	±34,65	27,91	±39,28														
INTERVALADA	28,21	±29,15	18,22	±24,37	38,69	51,30	25,69	±37,96														
LF (supino)									0,01	0,908	0,15	0,700	2,01	0,162	0,07	0,786	1,85	0,180	1,63	0,208	0,05	0,819
CONTÍNUA	329,40	±383,83	933,36	±2683,67	275,04	±647,65	241,56	±451,54														
INTERVALADA	289,11	±455,46	278,68	±330,41	718,05	±1250,25	248,27	±450,61														
LF (ortostática)									1,26	0,266	0,44	0,512	0,14	0,714	0,20	0,656	0,24	0,624	1,68	0,201	1,77	0,189
CONTÍNUA	1053,63	±3464,95	347,46	±592,22	316,00	±623,86	462,68	±1079,07														
INTERVALADA	267,15	±482,35	302,80	±619,76	1978,66	±5624,54	508,11	±1400,60														
HF (supino)									0,17	0,678	0,12	0,727	0,45	0,504	0,05	0,823	4,15	0,047	0,32	0,576	0,20	0,656
CONTÍNUA	238,20	±264,82	713,78	±2106,30	368,71	±1100,29	455,42	±1379,15														
INTERVALADA	567,53	±1355,08	180,36	±233,64	881,64	±1743,51	416,81	±1077,78														
HF (ortostática)									2,15	0,149	1,04	0,313	0,04	0,853	0,12	0,729	0,89	0,350	0,08	0,776	0,84	0,363
CONTÍNUA	604,65	±1958,61	252,89	±670,12	636,89	±1495,07	762,51	±1651,20														
INTERVALADA	633,02	±1216,36	270,47	±814,87	1274,12	±2654,99	595,27	±1475,20														
LF/HF (supino)									3,16	0,081	0,73	0,398	0,47	0,497	0,26	0,612	2,54	0,117	2,54	0,117	0,37	0,544
CONTÍNUA	2,11	±2,52	2,16	±2,53	1,71	±1,39	1,82	±1,48														
INTERVALADA	1,13	±1,02	2,06	±1,68	1,77	±0,97	3,87	±5,36														
LF/HF (ortostática)									0,04	0,852	0,43	0,517	0,24	0,626	0,16	0,689	0,01	0,934	1,01	0,319	0,02	0,880
CONTÍNUA	3,12	±2,61	3,52	±2,65	3,04	±5,52	3,00	±2,16														
INTERVALADA	2,56	±2,77	3,05	±1,59	4,39	±6,90	4,04	±4,63														

NAF: Nível de atividade física. iRR: Média dos intervalos R-R. rMSSD: Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado dos intervalos R-R adjacentes.
 LF: componente de baixa frequência. HF: componente de alta frequência. LF/HF: Razão Balanço Simpatovagal.

Quanto à PSE, houve efeito do NAF (sedentária = $12,4 \pm 3,1$ ua *versus* ativa = $14,7 \pm 3,7$ ua; $F = 6,11$; $p = 0,017$), mas não modo de caminhada (CC = $13,5 \pm 4,1$ ua *versus* CI = $13,6 \pm 3,1$ ua; $F = 0,004$; $p = 0,95$), e sem interações significantes. Já na análise do $\dot{V}O_{2PICO}$, não se observou efeito do NAF ($F = 1,68$; $p = 0,20$), mas sim do modo de caminhada ($F = 10,22$; $p = 0,002$), sem interações significantes ($F = 0,13$; $p = 0,72$), e os dados podem ser observados na figura 1.

Quanto à RSP, os valores antes da caminhada contínua eram de $1,01 \pm 2,54$ para sedentária e de $1,33 \pm 5,75$ para ativa. No momento após, os valores foram, respectivamente, de $1,35 \pm 2,44$ e $1,17 \pm 2,06$. Na caminhada intervalada, os valores pré-esforço foram de $1,43 \pm 2,08$ para sedentária e de $2,62 \pm 6,71$ para ativa. Após a atividade, passaram para $0,99 \pm 1,57$ para sedentária e $0,17 \pm 4,68$ para ativa. A análise de variância de medidas repetidas não identificou efeito do momento ($F = 1,07$; $p = 0,305$), NAF ($F = 0,24$; $p = 0,878$), modo de caminhada ($F = 0,011$; $p = 0,918$). Também não foram localizadas quaisquer interações significantes.

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou os efeitos agudos da caminhada contínua e da caminhada intervalada em variáveis hemodinâmicas, respiratória e metabólicas de idosas sedentárias e ativas. Inicialmente, indica-se idosas ativas apresentaram maior VMC teste incremental, embora fossem ligeiramente mais velhas. Como principais achados do estudo, indica-se que: i) ambos os modelos de esforço geraram impacto em todas as variáveis hemodinâmicas e metabólicas e ii) CC e CI modificaram o intervalo R-R da VFC; iii) a caminhada intervalada proporcionou maiores valores de FC_{PICO} e de $\dot{V}O_{2PICO}$, sem diferenças significantes entre grupos. Até onde sabemos, nenhum estudo avaliou os efeitos de um protocolo de caminhada contínua e intervalada com idosas e seu impacto na RSP como desfecho primário, e se destaca que não foram observadas diferenças segundo NAF, modo de caminhada ou momento para a RSP. Assim, indica-se que resposta autonômica parece não ter sido modulada pelo NAF, nem pelo esforço aplicado.

Naturalmente, conforme o padrão de marcha se altera, há uma transição espontânea entre caminhar e correr que ocorre a uma velocidade específica de cada indivíduo (Kung et al., 2018). A capacidade de tolerar o esforço, distanciamento da marcha e aumento das demandas metabólicas podem influenciar o tempo de alcance

dessa transição (Hanna et al. 2000), e no presente estudo isto foi influenciado pelo nível de atividade física das idosas. De modo geral, a transição na velocidade de locomoção é o produto do comprimento da passada e frequência aliada ao ritmo das passadas, portanto, a modificação desses parâmetros implica na manutenção de eficiência e do esforço físico a níveis teciduais e musculoesqueléticos (Farley; Ferris, 1998). Deste modo, indivíduos bem condicionados tenderiam a suportar por mais tempo o esforço imposto. Essas evidências poderiam explicar as diferenças encontradas entre grupos, em que participantes sedentárias chegaram a uma VMC 13% menor quando comparadas às que eram ativas. Isto ressalta que a baixa aptidão cardiorrespiratória pode ser fator limitante para desempenho da marcha, tanto pela reduzida quantidade de reservas energéticas, quanto pela fadiga precoce (Schrack et al. 2013).

De modo amplo, não foi observado efeito do nível de atividade física nas respostas à sessão de caminhada. Ocorreram diferenças quando os modos de caminhada foram comparados entre si, ressaltando desgaste metabólico mais elevado na caminhada intervalada ao se considerar $\dot{V}O_{2PICO}$, FC_{PICO} e concentração de lactato sanguíneo. No que se refere às variáveis cardiorrespiratórias, foram conduzidos diversos estudos envolvendo protocolos de exercício contínuos e intervalados e suas respostas fisiológicas em indivíduos idosos (Kim et al. 2018; Rognmo et al., 2004; O'Brien et al. 2019; Hwang et al. 2019). Do ponto de vista agudo, foi observado que o treinamento intervalado é capaz de induzir maior $\dot{V}O_{2PICO}$ em indivíduos de meia idade e idosos, inclusive se ressaltava superioridade do modelo intervalado quanto à otimização do transporte e captação de oxigênio (Ogawa; Spina; Martin, 1992). Adicionalmente, estudo que avaliou respostas cardiovasculares em indivíduos velhos numa sessão de caminhada intervalada encontrou valores de $\dot{V}O_{2PICO}$ de $18,9 \pm 0,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (Cucato, 2013), abaixo do que foi encontrado na sessão de caminhada intervalada do nosso estudo, embora similar para os achados incluindo os valores de caminhada contínua ($18,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$). Hipoteticamente, a diferença entre os estudos pode estar relacionada às características das populações estudadas. Ainda que ambos os estudos tenham incluído indivíduos mais velhos, o nosso estudo foi conduzido apenas com mulheres e não envolveu nenhuma participante com doença arterial periférica.

No sentido de atender as demandas orgânicas, o aumento relativo de variáveis hemodinâmicas, como volemia (pressão arterial, volume sistólico),

aumento do débito cardíaco (DC) e débito cardíaco máximo são efeitos agudos do exercício aeróbio previstos (Bonne et al. 2014). O mecanismo pelo qual há aumento da FC de modo agudo, se dá pela retirada do tônus vagal e consequente aumento da atividade simpática, estes por sua vez, provocam o aumento da PAS (Oberman et al. 1999), assim como foi relatado em nosso estudo e em outros estudos conduzidos com idosos após protocolos de caminhada (Rowlands et al. 1984; Ogawa et al. 1992). A vasoconstrição aumenta resistência periférica total (RPT) e a circulação sanguínea é redistribuída da região esplâncnica para os músculos em atividade, contribuindo para aumento do débito cardíaco (Fletcher et al. 2001). O aumento do débito cardíaco induzido pelo exercício promove maior dilatação arterial (Hellstrom et al., 1996), ao passo que estímulos provocados pelo estresse intermitente diminuem a rigidez arterial, permitindo maior fluxo sanguíneo, diminuição do tônus vascular e aumento da FC (Green et al. 2011). Assim sendo, alterações da FC e PAS compõe o mecanismo central de adaptabilidade cardiovascular, impactando diretamente no aumento do Duplo Produto, o qual foi observado também no presente estudo.

O aumento do DP também foi relatado em outra investigação, na qual os autores analisaram as respostas cardiovasculares em idosos, e encontraram valores mais elevados após caminhada em declive (Navalta et al. 2004) e em outros protocolos de exercício submáximo (Boutcher et al., 1999; Overend et al., 2000). Apesar de a PAS ter apresentado diferenças quanto aos momentos e do NAF nas idosas, a ausência de diferenças significantes em relação aos protocolos de caminhada intervalada e contínua mostra que a PAS muda de modo linear em ambos os modelos e, portanto, independente das intensidades propostas no presente estudo. Além disso, o efeito de drogas vasoativas que atuam para inibir a FC, PAS e o inotropismo podem ter exercido influência nos parâmetros das variáveis hemodinâmicas e autonômicas em concomitância com o comprometimento associado à responsividade β -adrenérgica frente a ativação simpática, como consequência normal do avanço da idade (Pan et al. 1986).

Quanto aos índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a dosagem do protocolo utilizado pode não ter sido suficiente para gerar impacto autonômico de elevada magnitude (Michael et al. 2017), e os dados derivados da caminhada intervalada foram semelhantes à caminhada contínua. De modo bastante similar, em outro estudo a caminhada em intensidade moderada de 20 minutos não modificou

de forma aguda a VFC de mulheres ativas de meia idade, mostrando não haver impacto agudo na atividade simpática ou parassimpática (James; Reynolds; Martin, 2010). Embora não tenha havido impacto dos modelos de esforço no desfecho primário do estudo (reatividade simpato-vagal), foi encontrada diferença significativa nos intervalos R-R e na variável RMSSD. Uma explicação plausível pode estar associada a maior demanda energética no esforço intermitente, uma vez que a intensidade deste modelo de exercício requer maior contribuição do metabolismo glicolítico, fazendo com que o acúmulo de metabólitos na corrente sanguínea estimule a atividade simpática após o exercício (Buchheit et al. 2007; Fisher et al. 2010), e promova o aumento da FC, afirmação que pode ser suportada pelo aumento na concentração de lactato no presente estudo.

Barorreceptores arteriais, receptores cardiorrespiratórios, quimiorreceptores periféricos, arteriais e a própria modulação vagal cardíaca (sistema intrínseco à variabilidade da frequência cardíaca) podem integrar parte dos mecanismos que justificam a alteração da FC em decorrência da predominância de atividades vagais durante o exercício aeróbio (Cole; Blackstone; Pashkow, 1999). Além disso, os intervalos R-R e outros índices eletrofisiológicos, como RMSSD, também podem ter influência de fatores genéticos, uma vez que já foram observadas associações relevantes com o exercício aeróbio (Orinin et al. 2017). E, tratando-se de uma população idosa, fatores subjacentes podem resultar em alterações dos índices de VFC (Malandish et al. 2020), como alterações hormonais durante a menopausa, nível de treinamento ou destreino e a característica do exercício aeróbio (Tartibian et al. 2018).

Na análise dos dados de variáveis metabólicas, indica-se que a glicemia diminuiu após os protocolos de caminhada contínua e intervalada. Em pesquisas que avaliaram o perfil glicêmico de indivíduos saudáveis e com doenças cardiometabólicas após caminhada de baixa intensidade, também foi observada diminuição dos níveis de glicemia pós-prandial (Manohar et al. 2002; Lunde et al. 2012). Outro estudo que comparou quatro protocolos distintos de caminhada ao ar livre envolvendo idosos, e analisou os efeitos do exercício agudo sobre os níveis glicêmicos, demonstrou que os valores em todos os protocolos propostos apresentaram diminuição significativa da glicemia sanguínea (Jong-Hwan et al., 2009). O impacto no metabolismo glicêmico causado pelo exercício físico acelera a captação de glicose pelo músculo esquelético por meio da via de sinalização da

insulina (Wojtaszewsk et al., 2000), o que desencadeia uma série de eventos metabólicos no organismo, mantendo os níveis glicêmicos mais baixos por horas após o esforço (Treebak et al. 2009). Adicionalmente, um estudo que comparou protocolos de caminhada para redução dos níveis glicêmicos mostrou que uma sessão de caminhada intervalada é suficiente para melhorar o índice glicêmico de idosos com diabetes *mellitus* do tipo 2 quando comparada a outros dois modelos de caminhada, o que reforça o aspecto de que o volume e intensidade são importantes, mas o modo de caminhada pode influenciar a redução da glicemia com maior magnitude (Karstoft et al. 2014). De modo agudo, a implementação do modelo de caminhada intervalada parece auxiliar melhor ajustes metabólicos na saúde do idoso e minimizar complicações secundárias de alterações glicêmicas.

Quanto à concentração de lactato sanguíneo, grande parte dos estudos que avaliaram estes níveis após esforços intermitentes encontrou maiores valores de lactato quando estes foram comparados à protocolos contínuos (Falz et al. 2019; Peake et al. 2014; Moser et al. 2015), o que reforça que a intensidade do exercício está associada a valores mais altos de lactato sanguíneo (Davis et al. 1983). Em contexto bem similar, a presente investigação observou valores superiores de lactato após a caminhada intervalada, o qual pode estar relacionado com o impacto agudo do esforço, considerando sua importância como marcador de demandas metabólicas do sistema glicolítico e oxidativo no exercício (Robergs, 2004).

A quantificação da intensidade das sessões neste estudo foi analisada pela escala PSE, na qual as idosas diferiram quanto ao NAF na sensação perceptiva de esforço. As idosas sedentárias classificaram a sessão como PSE 12 e as ativas tiveram percepção na escala de PSE 14. De modo geral, as respostas indicam que as sedentárias não perceberam as sessões de esforço como sendo exigentes. Um fato que pode estar associado este aspecto é a falta de afinidade com a escala, ainda que tenham sido familiarizadas previamente às sessões, a ausência de experiência com a prática de exercício físico também pode ter influenciado na resposta perceptual. Além disso, essas diferenças podem resultar de distintos níveis de condicionamento físico (Kilpatrick et al. 2014). Outros estudos ressaltam que a PSE pode ser maior em indivíduos que já praticam caminhada ou outro tipo de exercício físico; desta forma, idosos menos ativos tenderiam a subestimar suas limitações, o que poderia influenciar nas respostas de PSE (Brach et al. 2009; Kelly-Hayes et al. 1992).

Por fim, analisamos a reatividade simpatovagal e suas respostas de acordo com modo de caminhada (contínua e intervalada). Sabe-se que o envelhecimento causa deterioração progressiva da função fisiológica cardiovascular (Gurel et al. 2019). Isso poderia provocar uma disfunção na condução do impulso elétrico do nó sinusal para o restante da estrutura cardíaca, o que está diretamente relacionado à regulação do sistema nervoso parassimpático (Kuga et al. 1988). Embora poucos estudos tenham investigado as medidas fisiológicas de reatividade do sistema nervoso simpático e do sistema nervoso parassimpático (Krantz et al. 2000), em sua maioria, as variáveis de VFC foram modificadas em decorrência do estresse imposto por inúmeros métodos (Kim et al. 2018). Entretanto, no presente estudo não foram encontradas quaisquer diferenças para reatividade simpatovagal para momento, NAF e modo de caminhada. Particularmente, a predominância que se espera do sistema nervoso simpático e concomitante retirada vagal podem não ter ocorrido como resultantes do próprio processo do envelhecimento (Gurel et al. 2019). Este indicador poderia reforçar a segurança da caminhada intervalada realizada a 95% da VMC em idosas.

Como limitações do estudo, indica-se a ausência de medidas antropométricas para avaliação do tamanho dos membros inferiores, visto que estes podem influenciar o comprimento da passada e gerar economia de energia e maior VMC para as participantes de maior estatura (Bohannon, 1997), e idosas de maior estatura poderiam ter alcançado maior tempo no teste. Por outro lado, a máxima velocidade de caminhada personaliza o treinamento com ênfase no perfil de aptidão física individual das idosas, o que reduziria o impacto desta limitação. Outra limitação presente se constitui pelo fato de que as idosas sedentárias passaram por período de familiarização na esteira apenas na sessão inicial. Acredita-se que a insegurança pela falta de experiência ao caminhar de modo sistematizado no ergômetro possa ter subestimado a sua máxima velocidade e isto impactaria no comportamento das respostas das variáveis hemodinâmicas e de VFC. Em contrapartida, um maior período de familiarização com o ergômetro poderia resultar em processo de adaptação ao treinamento, o que desconsideraria a condição de sedentarismo das participantes envolvidas no estudo. O uso de medicamentos também pode ter influenciado as respostas cardiovasculares pelo mecanismo de β -bloqueadores com ação vasodilatadora. De todo modo, o ajuste posológico destes fármacos inviabilizaria a participação das idosas tanto pela insegurança que isto geraria,

quanto pela inacessibilidade ao serviço médico de saúde para tal finalidade.

Em termos de aplicação prática a proposta do estudo tem como variável de exposição um modelo de esforço que pode ser utilizado para além dos fins de atividade de lazer. Portanto, considerando prescrição prévia e individualizada, de modo agudo a caminhada intervalada pode induzir alterações fisiológicas importantes no organismo do idoso. Finalmente, os achados do presente estudo demonstraram que a caminhada intervalada aumenta de modo consistente as demandas hemodinâmicas e metabólicas de idosas, independente do nível de atividade física, com valores mais altos de $\dot{V}O_{2PICO}$ e FC_{PICO} quando os modos de caminhada foram comparados entre si. Apesar dos modelos propostos terem o mesmo tempo de duração, evidenciou-se diferenças substanciais quanto ao impacto agudo da caminhada intervalada nas respostas cardiopulmonares e metabólicas pelos valores de concentração de lactato acima do limiar aeróbio e diminuição dos níveis de glicemia em relação à caminhada contínua. A VFC sofreu pouco impacto das sessões propostas e não houve efeito significativo na RSP, o que se traduz como exercícios seguros do ponto de vista autonômico. A percepção subjetiva de esforço foi semelhante entre tipos de caminhada, embora o modo intervalado tenha gerado maior impacto cardiorrespiratório e metabólico.

REFERÊNCIAS

Alul LAU, Campos RG, & Fierro, AA (2019). Aerobic capacity of Chilean adults and elderly: proposal of classification by regional percentiles. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 25(5), 390-394. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220192505185893>.

Brach JS, Perera S, Studenski S, & Newman A. (2008). The Reliability and Validity of Measures of Gait Variability in Community-Dwelling Older Adults. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 89: 2293–2296. doi: 10.1097/PHM.0b013e3182644165d.

Bonne TC, Doucende G, & Fluck D. et al. (2014). Phlebotomy eliminates the maximal cardiac output response to six weeks of exercise training. *American Journal Physiology*, 306, 752–760. doi: 10.1152/ajpregu.00028.2014

Boutcher S, & Stocker D. (1999). Cardiovascular responses to light isometric and aerobic exercise in 21- and old males. *European Journal Applied Physiology*, 80, 220-6.

Bruyne MC, Kors JA, AW Hoes, et al. (1999). Both decreased and increased heart rate variability on the standard 10-second electrocardiogram predict cardiac mortality in the elderly. *American Journal of Epidemiology*, 150(12)1-7. doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009959

Buchheit M., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Parasympathetic reactivation repeated sprint exercise. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 293(1), H133–H141. doi:10.1152/ajpheart.00062.2007

Bohannon RW (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age and Ageing*, 1(26), 15-19. Doi: 10.1093/ageing/26.1.15.

Clarkson MJ, Conway L, Warmington SA, Blood flow restriction walking and physical function in older adults: a randomized control trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(12):1041-1046 doi.org/doi:10.1016/j.jsams.2017.04.012

Ciprandi D, Bertozzi F, & Zago M. (2018). Associations between objectively measured physical activity levels and physical fitness and health-related quality of life in elderly women. *Sport Sciences for Health*, (14)183-191. https://doi.org/10.1007/s11332-018-0428-3

Cucato GG, Rodrigues LBCC, & Farah BQ. et al.(2011). Cardiovascular responses to an exercise test in subjects with intermittent claudication. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, (13)3. doi: org/10.1590/1980-0037.2011v13n3p208

Daimiel L, González MAM, & Corella D et al. (2020). Physical fitness and physical activity association with cognitive function and quality of life: baseline cross-sectional analysis of the PREDIMED-Plus trial, *Nature Reports*, 10, 3472. doi.org/10.1038/s41598-020-59458-6

Davis HA, Bassett J, Hughes P. et al. (1983). Anaerobic threshold and lactate zurnpoint. *European Journal of Applied Physiology*, 50: 383-392. doi: 10.1007/bf00423244

Farley CT, & Ferris, DP (1998). Biomechanics of walking and running: Center of mass movements to muscle action. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 26, 253–285. PMID: 9696992

Falz R, Fikenzer S, & Holzer R. (2019). Acute cardiopulmonary responses to strength training, high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training. *European Journal of Applied Physiology*, 119,1513-1523. 9:1513–1523. doi.org/10.1007/s00421-019-04138-1

Farinatti PT, & Monteiro, WD. (2010). Walk–run transition in young and older adults: with special reference to the cardio-respiratory responses. *European Journal Applied Physiology*, 109:379-388. doi: 10.1007/s00421-010-1366-1

Fisher JP, Seifert, T., Hartwich, D., Young, C. N., Secher, N. H., & Fadel, P. J. (2010).

Autonomic control of heart rate by metabolically sensitive skeletal muscle afferents in humans. *The Journal of Physiology*, 588(Pt7), 1117–1127. doi:10.1113/jphysiol.2009.185470

Fletcher GF, & Cantwell JD. *Exercise and Coronary Heart Disease*. Springfield: Charles C Thomas Publisher (1974).

Garatachea N, Galeano HP, & Gomar FS. (2015). Exercise attenuates the major hallmarks of aging. *Rejuvenation Research*, 18(1)57-89. doi: 10.1089/rej.2014.1623

Green DJ, Spence A, & Halliwill JR. (2011). Exercise and vascular adaptation in asymptomatic humans. *Experimental Physiology*, 96(2)57-70. doi. 10.1113/expphysiol.2009.048694

Gurel NZ, Carek AM, & Inan OT. (2019). Comparison of autonomic stress reactivity in young healthy versus aging subjects with heart disease. *Plos One*, 14(5)1-16. doi.org/10.1371/journal.pone.0216278

Hanna, A., Abernethy, B., Neal, R. J., & Burgess-Limerick, R. (2000). Triggers for the transition between human walking and running. In W. A. Sparrow (Ed.). *Energetics of human activity*. Champaign, IL: Human Kinetics. 124–164.

Hwang CL, Lim J, Yoo JK. (2019). Effect of All-Extremity High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on aerobic fitness in Middle-Aged and Older Adults with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial, 116, 46–53. doi:10.1016/j.exger.2018.12.013

Hellstrom G, Fischer-Colbrie W, Wahlgren NG, et al. (1996). Carotid artery blood flow and middle cerebral artery blood flow velocity during physical exercise. *Journal Applied Physiology*, 81, 413-418. doi: 10.1152/jappl.1996.81.1.413

James DVB, Reynolds LJ, & Martin, SM. (2010). Influence of the Duration of a Treadmill Walking Bout on Heart Rate Variability at Rest in Physically Active Women. *Journal of Physical Activity and Health*, 7, 95-101. doi: 10.1123/jpah.7.1.95.

Karstoft K, Winding K, Knudsen SH. et al. (2013). The Effects of Free-Living Interval-Walking Training on Glycemic Control, Body Composition, and Physical Fitness in Type 2 Diabetic Patients. *Diabetes care*, 36(2)228-236. doi: 10.2337/dc12-0658.

Kilpatrick, MW, & Greeley S. J. (2014). Exertional responses to sprint interval training: A comparison of 30-sec and 60-sec conditions, *Psychological Reports*, 114 (3)854-65. doi10.2466/06.15.PR0.114k27w8.

Kelly-Hayes M, Jette AM, Wolf PA, R B D'Agostino, & Odell, PM (2009). Functional limitations and disability among elders in the Framingham Study. *American Journal of Public Health*, 82(6), 841-845. doi: 10.2105/ajph.82.6.841.

Kim HK, Hwang CL, & Yoo JK et al. (2017). All-extremity exercise training improves arterial stiffness in older adults. *Medicine Science Sport Exercise*, 49:1404–1411. doi.org/10.1249/MSS.00000 00000001229

Kirkwood TBL. (2017). Why and how are we living longer? *Experimental Physiology*, 102(9):1067-1074. doi:10.1113/EP086205

Krantz, D S, & Manuck, SB. (1984). Acute psychophysiologic reactivity and risk of cardiovascular-disease - a review and methodologic critique. *Psychological Bulletin*, 96, 435–464. doi: 10.1037/0033-2909.96.3.435

Kuga K, Yamaguchi I, Sugishita Y, Ito I. (2018). Assessment by autonomic blockade of age-related changes of the sinus node function and autonomic regulation in sick sinus syndrome. *The American Journal Cardiology*, 61(4)361–6. PMID: 3341215.

Lunde MS, Hjellset VT, & Høstmark AT. (2012). Slow post meal walking reduces the blood glucose response: an exploratory study in female Pakistani immigrants. *Journal of Immigrant and Minority Health*, 14(5):816-822. doi: 10.1007/s10903-012-9574-x.

Kung, S. M., Fink, P. W., Hume, P., & Shultz, S. P. (2015). Kinematic and kinetic differences between barefoot and shod walking in children. *Footwear Science*, 7, 95–105.

Malandish A, & Tartibia B. (2020). The effects of short-term moderate intensity aerobic exercise and long-term detraining on electrocardiogram indices and cardiac biomarkers in postmenopausal women. *Journal of Electrocardiology*, 60, 15-22. doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2020.03.004

Manohar C, Levine JA, & Nandy DK, et al. (2002). The effect of walking on postprandial glycemic excursion in patients with type 1 diabetes and healthy people. *Diabetes Care*, 35(12), 2493-2499. doi: 10.2337/dc11-2381

Morikawa M, Okazaki K, Masuki S et al. (2011). Physical fitness and indices of lifestyle-related diseases before and after interval walking training in middle-aged and older males and females. *British Journal Sports Medicine*, 45(3), 216–224. doi.org/10.1136/bjsm.2009.064816

Moser O, Tschakert G, & Mueller A. et al. (2015). Effects of High-Intensity Interval Exercise versus Moderate Continuous Exercise on glucose Homeostasis and Hormone Response in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus Using Novel Ultra-Long-Acting Insulin. *Plos One*, 10(8). doi: 10.1371/journal.pone.0136489

Navaratnarajah, A, & Jackson, SHD. (2016). The physiology of ageing. *Medicine In Older Adults*, 45(1). 1-5.doi.org/10.1016/j.mpmmed.2016.10.008

Navalta, JW, Sedlock, DA, Park KS. (2004). Physiological responses to downhill walking in older and younger individuals. *Journal of Exercise Physiology online*, 7 (6).

Nicolini P, Ciulla MM, & Asmundis C D. (2012). The Prognostic Value of Heart Rate Variability in the Elderly, Changing the Perspective: From Sympathovagal Balance to Chaos Theory. *Pacing and Clinical Electrophysiology*, 35:621–637. doi.org/10.1111/j.1540-8159.2012.03335.x

Nemoto K, Gen-no H, & Masuki S et al. (2007). Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. *Mayo Clinical Procedures*, 82, 803–811. doi:10.4065/82.7.803

O'Brien MW, Johns JA, Robinson SA et al. (2020). Impact of High-Intensity Interval Training, Moderate-Intensity Continuous Training, and Resistance Training on Endothelial Function in Older Adults, 52(5)1057-1067. doi: 10.1249/MSS.0000000000002226

Ogawa T, Spina, RJ, Martin, W. H., 3rd, Kohrt, W. M., Schechtman, K. B., Holloszy, J. O., & Ehsani, A. A. (1992). Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*, 86(2)494-503. doi:10.1161/01.CIR.86.2.494

Okamoto T, Min SK, & Sakamaki-Sunaga M. (2018). Acute effect of interval walking on arterial stiffness in healthy young adults. *International Journal Sports Medicine*, doi.org/10.1055/a-0608-4476

Orinin M, Tinker A, & Munroe PB et al. (2017). Long-term intra-individual reproducibility of heart rate dynamics during exercise and recovery in the UK Biobank cohort. *PLoS ONE*, 12(9). doi.org/10.1371/journal.pone.0183732.

Oxenham HC, Young AA, & Cowan BR, et al. (2003). Age-related changes in myocardial relaxation using three-dimensional tagged magnetic resonance imaging. *Journal of cardiovascular magnetic resonance: official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*.5(3):421-30. doi: 10.1081/jcmr-120022258

Overend T, Versteegh T, & Thompson E. (2000). Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults, 55, 177-182.

Park JH, Miyashita M, Takahashi, M (2009). Low-Volume Walking Program Improves Cardiovascular-Related Health in Older Adults. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(3), 624–631.

Peake JM, Tan SJ, Markworth JF. (2014). Metabolic and hormonal responses to isoenergetic high-intensity interval exercise and continuous moderate-intensity exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 307, 539-552. doi: 10.1152/ajpendo.00276.2014

Perini R, Milesi S, Fisher M, Pendergast DR, & Veicsteinas, A. Heart rate variability during dynamic exercise in elderly males and females, *European Journal Applied Physiology*, 82, 8-15. doi: 10.1007/s004210050645

Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. (2004). Biochemistry of Exercise-Induced Metabolic Acidosis. *The American Journal of Physiology-Regulatory*, 287(3), 502-516. doi: 10.1152/ajpregu.00114.2004

Rowlands DB, Stallard TJ, Littler WA, Isaacs B. (1984). Ambulatory blood pressure and its response to exercise in the elderly. *European Heart Journal*, 5, 13-16.

Rognmo O, Hetland E, & Helgerud J, et al. (2004). High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *European Journal of Preventive Cardiology*, 11, 216-222. doi: 10.1097/01.hjr.0000131677.96762.0c

Sato T, Demura S, Murase T, & Kobayashi Y. et al. Contribution of Physical Fitness Component to Health Status in Middle-aged and Elderly Females. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(6) 569-577. doi.org/10.2114/jpa2.26.569

Schrack JA, Simonsick EM, & Ferrucci L. (2018). The Relationship of the Energetic Cost of Slow Walking and Peak Energy Expenditure to Gait Speed in Mid-to-Late Life, 92(1)28-35. doi: 10.1097/PHM.0b013e3182644165

Sentija, D, & Markovic, G. (2009). The relationship between gait transition speed and the aerobic thresholds for walking and running. *International Journal of Sports Medicine*, 30, 795–801. doi: 10.1055/s-0029-1237711

Shinba T. (2014). Altered autonomic activity and reactivity in depression revealed by heart-rate variability measurement during rest and task conditions. *Psychiatry Clinical Neuroscience*, 68, 225-233. doi: 10.1111/pcn.12123

Shinba T, Kariya N, & Matsui Y. (2008). Decrease in heart rate variability response to task is related to anxiety and depressiveness in normal subjects. *Psychiatry Clinical Neuroscience*, 62, 603-609. doi:10.1111/j.1440-1819.2008.01855.x

Tartibian B, Afsargharehbagh R, & Malandish A, et al. (2018) Assessment of electrocardiogram indices in postmenopausal women: effects of aerobic exercise and detraining. *International Journal Basic Science Medicine* 2018;3(1):38–45. doi.org/10.15171/ijbms.2018.07

Treebak JT, Frøsig C, & Pehmøller C, et al. (2009) Potential role of TBC1D4 in enhanced post-exercise insulin action in human skeletal muscle. *Diabetologia* 52(5):891–900. doi: 10.1007/s00125-009-1294-y.

Wojtaszewski JF, Hansen BF, & Gade Kiens B et al. (2000). Insulin signaling and insulin sensitivity after exercise in human skeletal muscle. *Diabetes*, 49(3):325-331. doi:10.2337/diabetes.49.3.325