Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

2016

Diferenciação dos perfis hemodinâmicos e autonômicos cardiovasculares em mulheres jovens e de meia idade pós-menopausa

PPGRDF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
REABILITAÇÃO E DESEMPENHO FUNCIONAL
FMRP-USP

ANA KALINE PEREIRA DAMASCENO FURLAN

Dissertação

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**“DIFERENCIAÇÃO DOS PERFIS HEMODINÂMICOS E AUTONÔMICOS
CARDIOVASCULARES EM MULHERES JOVENS E DE MEIA IDADE PÓS-
MENOPAUSA”**

Ana Kaline Pereira Damasceno Furlan

Ribeirão Preto
2016

ANA KALINE PEREIRA DAMASCENO FURLAN

**Diferenciação dos perfis hemodinâmicos e autonômicos cardiovasculares em
mulheres jovens e de meia idade pós-menopausa**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Fisioterapia

Orientador: Prof. Dr. Hugo Celso Dutra de Souza

Ribeirão Preto

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO DE PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na Publicação

Serviço de Documentação

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Furlan, Ana Kaline Pereira Damasceno.

Diferenciação dos perfis hemodinâmico e autonômico cardiovascular em mulheres jovens e de meia idade pós-menopausa/Ana Kaline Pereira Damasceno Furlan; orientador Prof. Dr. Hugo Celso Dutra de Souza. – Ribeirão Preto, 2016. 93f.: Il.;30cm

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional. Área de Concentração: Fisioterapia) -- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

1. Mulheres. 2. Menopausa. 3. Envelhecimento. 4. Hemodinâmica. 5. Controle Autonômico Cardíaco.

Ana Kaline Pereira Damasceno Furlan

Diferenciação dos perfis hemodinâmicos e autonômicos cardiovasculares em mulheres jovens e de meia idade pós-menopausa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Fisioterapia.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo e filha

Wilson Eduardo e Maria Elisa,

*Pelo prazer que tenho por serem o sentido
para minha vida, dedico muito mais do que
este trabalho, dedico o meu amor, sonhos e
minha admiração.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, àquele que sempre esteve presente. Agradeço pela vida, saúde e disposição para concluir mais uma etapa em minha vida. A Ele, o meu maior agradecimento.

Ao meu marido, Wilson Eduardo, por toda confiança, disponibilidade e interesse em mudar de cidade para alcançar mais um objetivo em minha vida e em especial por todo amor entregue diariamente. Agradeço com todo amor e de todo coração.

Aos meus pais, Luis Carlos Damasceno e Ivone Damasceno e ao meu irmão Felipe Damasceno, pelo carinho e amor durante minha vida, confiança e preocupação diárias, mesmo com a distância nos acompanhando nos últimos anos.

Agradeço a minha família, e amigos por estarem sempre presentes.

Ao meu orientador Prof. Dr. Hugo Celso Dutra de Souza por me receber, aceitar como aluna e compartilhar seus ensinamentos. Agradeço esta oportunidade.

Agradeço a querida Ana Paula Manfio Pereira, por conhecimentos profissionais e principalmente de vida.

Agradeço aos amigos do (LAFFIC), Camila Balsamo, Sabrina Dutra, Ana Carolina Sanches, Sueni Vieira, Tábata Facioli, Stella e Daniel Salvini, pelas conversas e pela cooperação durante esses dois anos.

Aos funcionários da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, e em especial aos funcionários do departamento de fisioterapia, agradeço a disponibilidade de auxílio para o que fosse solicitado.

As voluntárias desta e de outras pesquisas do laboratório pela colaboração e interesse na realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

RESUMO

RESUMO

FURLAN, A.K.S.G.V. **Diferenciação dos perfis hemodinâmico e autonômico cardiovascular em mulheres jovens e de meia idade pós-menopausa.** 2016. 93f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

A fase da vida adulta entre 35 e 60 anos, também denominada de meia idade, compreende o período em que os principais sistemas biológicos apresentam importantes declínios funcionais. Nas mulheres, especificamente, é a fase marcada pelo climatério que tem como principal evento a ocorrência da menopausa. Esse evento fisiológico de importância hormonal e reprodutiva está associado em muitas mulheres ao expressivo aumento da prevalência de doenças cardiovasculares, muitas vezes associadas e precedidas por prejuízos na função autonômica cardiovascular. Nesse sentido, a avaliação da funcionalidade autonômica cardíaca é muito importante como conduta para estratificação de risco cardiovascular. De fato, a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é muito utilizada, entretanto a metodologia segue um protocolo padrão que não leva em consideração situações fisiológicas importantes, como é o caso da reorganização da modulação autonômica cardíaca após o estresse induzido pelo exercício. Adicionalmente, a literatura tem optado por ferramentas lineares em detrimento das não lineares na avaliação da VFC. Nesse caso, a proposta do presente estudo foi avaliar e comparar a função autonômica cardíaca em mulheres jovens (GJ: 21 a 30 anos) e de meia idade pós-menopausa (GMI: 45 a 60 anos) por meio da análise linear (análise espectral) e não linear (análise simbólica) da variabilidade da frequência cardíaca em três momentos distintos (em repouso na posição supina, durante o tilt teste e durante o período de recuperação pós teste cardiopulmonar submáximo).

O GMI apresentou menores valores de VO_{2pico} (24 ± 1.0 vs 39 ± 1.3 ml.kg. min⁻¹) frequência cardíaca basal (71 ± 2 vs 81 ± 2 bpm) e maiores valores da pressão arterial média (91 ± 2 vs 81 ± 1 mmHg) em relação ao GJ. Também apresentou maior modulação simpática e menor modulação vagal da FC na posição supina, entretanto somente evidenciado pela análise linear. Durante o tilt test as respostas do GMI foram menos proeminentes quando comparado com o GJ. Nesse caso, as avaliações linear e não linear apresentaram resultados semelhantes. Por fim, a análise da VFC durante o período de recuperação mostrou que o GMI apresentou recuperação da modulação autonômica vagal

mais rápida evidenciada em ambas análises, linear e não linear. Em conclusão, a avaliação da modulação autonômica cardíaca mostrou que em repouso as mulheres jovens apresentam um predomínio do componente autonômico vagal, enquanto as mulheres de meia idade pós-menopausa apresentam um predomínio simpático. Por sua vez, o tilt test mostrou que a resposta autonômica das mulheres jovens é mais intensa, entretanto na reorganização após o exercício físico as mulheres de meia idade apresentaram maior velocidade no reestabelecimento da modulação vagal. As causas são incertas, porém podem ser decorrentes da redução dos hormônios ovarianos, bem como do processo de envelhecimento por estabelecimento de uma menor complexidade nos sistemas fisiológicos envolvidos.

Palavras chave: mulheres; menopausa; envelhecimento; hemodinâmica; controle autonômico cardíaco.

ABSTRACT

ABSTRACT

FURLAN, A.K.S.G.V. **Differentiation of hemodynamic and autonomic cardiovascular profiles in young and middle-aged women after menopause.** 2016. 93f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

The stage of adulthood between 35 and 60, also known as middle-aged, covers the period in which the main biological systems have important functional decline. In women, specifically, it is the stage marked by climacteric whose main event the occurrence of menopause. This physiological event of hormonal and reproductive importance is associated in many women to the significant increase in the prevalence of cardiovascular disease, often associated and preceded by losses in cardiovascular autonomic function. In this sense, the evaluation of cardiac autonomic functionality is very important as practice for cardiovascular risk stratification. In fact, the analysis of heart rate variability (HRV) is widely used, however the methodology follows a standard protocol that does not take into account important physiological situations, such as the reorganization of cardiac autonomic modulation after exercise-induced stress. Additionally, the literature has opted for linear tools instead of linear no evaluation of HRV. In this case, the purpose of this study was to evaluate and compare the cardiac autonomic function in young women (GJ: 21 to 30 years) and half postmenopausal age (GMI: 45-60 years) through the linear analysis (spectral analysis) and non-linear (symbolic analysis) of heart rate variability at three different times (at rest in the supine position during the tilt test and during the recovery period after submaximal cardiopulmonary test).

The GMI showed lower values of peak VO_2 (24 ± 1.0 vs 39 ± 1.3 ml.kg. min⁻¹) basal heart rate (71 ± 2 vs 81 ± 2 bpm) and higher mean arterial pressure (91 ± 2 vs 81 ± 1 mm Hg) compared to GJ. Also showed higher sympathetic modulation and lower vagal modulation of HF in the supine position, however only evidenced by linear analysis. During the tilt test responses GMI were less prominent compared to GJ. In this case, the linear and nonlinear tools showed similar results. Finally, the analysis of HRV after submaximal cardiopulmonary test showed that the GMI recovered faster autonomic modulation, shown in both analyzes, linear and non-linear. In conclusion, the evaluation of cardiac autonomic modulation showed that resting young women have a predominance of vagal autonomic component, while women half postmenopausal age present a sympathetic predominance. In turn, the tilt test showed that the autonomic response of young women is

more intense, but the autonomic reorganization after exercise, the middle-aged women have faster the reestablishment of vagal modulation. The reasons are unknown, but may be due to the reduction in ovarian hormones, as well as the aging process by establishing less complex physiological mechanisms.

Keywords: women; menopause; aging; hemodynamics; cardiac autonomic control.

LISTA DE ABREVIATURAS

GMI	Grupo Meia-Idade
GJ	Grupo Jovem
IMC	Índice de massa corporal
BPM	Batimentos por minuto
FC	Frequência Cardíaca
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
LF	<i>Low Frequency (baixa frequência)</i>
HF	<i>High Frequency (alta frequência)</i>
ms ²	Milisegundos ao quadrado
iRR	Intervalo R-R
RMSSD	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes
Um	Unidades normalizadas
SUP	Supino
TILT	<i>tilt test</i> (teste de inclinação)
RFC	Recuperação da Frequência Cardíaca
ALT	Altura
Kg/ m ²	Quilogramas/metro quadrado
O ²	Oxigênio
VO _{2pico}	Volume consumido de oxigênio no pico do exercício
VO ₂	Volume Consumido de O ₂
VCO ₂	Volume Expirado de CO ₂
VE	Volume Expirado

MET	Equivalente Metabólico
PA	Pressão arterial
ECG	Eletrocardiograma
PAM	Pressão Arterial Média
PAS	Pressão Arterial Siatólica
PAD	Pressão Arterial Distólica
ECG	Eletrocardiograma
mmHg	Milímetro de mercúrio
ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹	Milímetros por quilograma de peso por minuto

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Valores antropométricos e hemodinâmicos basais das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	38
Tabela 2.	Valores da análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) na posição supino das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	41
Tabela 3.	Valores da análise simbólica da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) na posição supino das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	43
Tabela 4.	Valores da análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) na posição posição ortostática (<i>tilt test</i>) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	48
Tabela 5.	Valores da análise simbólica da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) na posição ortostática (<i>tilt test</i>) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	50
Tabela 6.	Valores da análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), obtidas na recuperação ativa dos testes ergoespirométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	52
Tabela 7.	Valores da análise simbólica da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), obtidas na recuperação ativa	

	dos testes ergoespirométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	54
Tabela 8.	Valores da análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), obtidas na recuperação após testes ergoespirométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	56
Tabela 9.	Valores da análise simbólica da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), obtidos na recuperação após testes ergoespirométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.....	58
Tabela 10.	Correlação entre os métodos de análise da modulação autonômica cardíaca - (análise espectral) X (análise simbólica) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis, obtida na posição supino.....	60
Tabela 11.	Correlação entre os métodos de análise da modulação autonômica cardíaca - (análise espectral) X (análise simbólica) das voluntárias dos Grupos Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis, obtida na posição ortostática (<i>tilt test</i>)	60
Tabela 12.	Recuperação da frequência cardíaca em relação à frequência cardíaca submáxima após testes ergoespirométricos.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Parâmetros espectrais basais calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a P < 0.05 vs. GMI na posição supino. “un” indica unidades normalizada.....40

Figura 2. Parâmetros da análise simbólica, calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. a P < 0.05 vs. Grupo GMI na posição ortostática.....42

Figura 3. Parâmetros espectrais basais calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino e ortostática (tilt test) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. a P < 0,05 vs. Supino GMI; C P < 0,05 vs. Supino GJ.....44

Figura 4. Parâmetros da análise simbólica, calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino e ortostática (tilt test) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. a P < 0,05 vs. Supino GMI; C P < 0,05 vs. Supino GJ.....45

Figura 5. Parâmetros espectrais basais calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição ortostática (tilt test) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão

expressos como médias $\pm$ EPM. a $P < 0.05$ vs. GMI na posição ortostática. “un” indica unidades normalizadas.....47

Figura 6.

Parâmetros da análise simbólica, calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição ortostática (tilt test) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática49

Figura 7.

Parâmetros espectrais basais calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação ativa dos testes ergoespirométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática. “un” indica unidades normalizadas51

Figura 8.

Parâmetros da análise simbólica, calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação ativa dos testes ergoespirométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática.....53

Figura 9.

Parâmetros espectrais basais calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação após testes ergoespirométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. a $P < 0.05$ vs. GMI na posição ortostática. “un”

indica unidades normalizadas.....55

Figura 10.

Parâmetros da análise simbólica, calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação após testes ergoespiométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática.....57

Figura 11.

Parâmetros da frequência cardíaca de recuperação, obtidos na recuperação ativa e após testes ergoespiométricos nas voluntárias no GMI e GJ.....61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	28
2. OBJETIVOS	39
3. MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1. Participantes	42
3.2. Protocolos	42
3.3. Avaliações Clínicas	43
3.4. Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca	43
3.6. Teste Ergoespirométrico	47
3.7. Análise Estatística	48
4. RESULTADOS	49
5. DISCUSSÃO	76
6. CONCLUSÃO	85
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Epidemiologia do envelhecimento – “feminização”

O envelhecimento populacional é, hoje, um proeminente fenômeno mundial e um dos maiores desafios da saúde pública contemporânea, uma vez que o crescimento da população idosa é claramente maior que os demais grupos etários (CAMARANO, 2002). Ao contrário do que se imagina comumente, o processo de envelhecimento populacional resulta do declínio da fecundidade e não do declínio da mortalidade (NASRI, 2008). Este fenômeno ocorreu inicialmente em países desenvolvidos, entretanto, mais recentemente, é nos países em desenvolvimento que o envelhecimento da população tem ocorrido de forma mais acentuada (LIMA-COSTA, VERAS, 2003).

No Brasil, o número de pessoas com mais de 60 de idade era de 3 milhões em 1960, 7 milhões em 1975, e 17 milhões em 2006, ou seja, um aumento de 600% em menos de cinquenta anos, e estima-se que alcançará 32 milhões em 2020. Tal aumento colocará o Brasil no ano de 2025 entre as seis maiores populações de idosos do mundo em termos absolutos, quando então o Brasil figurará com uma proporção de idosos semelhante ao que é hoje registrado em países desenvolvidos. Em 2050, este grupo etário deverá responder por cerca de 19% da população brasileira, o que levará a uma drástica mudança de padrão na pirâmide populacional brasileira (NASRI, 2008).

Outro fenômeno que acompanha o envelhecimento da população é a “feminização” da velhice. As mulheres têm uma maior taxa de crescimento, vivem mais do que os homens em quase todas as partes do mundo. Várias são as explicações para esse fenômeno, como exemplo as diferenças biológicas (fator de proteção conferido por hormônios femininos em relação à isquemia coronariana) e diferenças no consumo de álcool e tabaco, que estão associadas às causas de mortes mais frequentes como neoplasia e doenças do aparelho circulatório (LEBRÃO, 2007). No ano de 2000, para cada cem mulheres idosas,

havia 81 homens idosos, e em 2050 haverá provavelmente cerca de 76 idosos para 100 idosas. Em faixas etárias mais avançadas, como acima de 80 anos, estima-se que em 2050, teremos duas idosas para cada idoso. Enfim, a população mais idosa será, de modo predominantemente, feminina (NASRI, 2008).

Envelhecimento e alterações antropométricas, metabólicas e cardiovasculares

Mudança nas dimensões corporais é uma das mais evidentes alterações que acontecem com o aumento da idade cronológica. O processo de envelhecimento é acompanhado por um aumento do peso corporal, especialmente dos 40 aos 60 anos de idade, com diminuição após os 70 anos de idade; diminuição da estatura corporal gradativa, explicada, em grande parte, pela perda de massa óssea e por causa da compressão vertebral, estreitamento dos discos intervertebrais e proeminente cifose. Esse processo parece ser mais rápido nas mulheres do que nos homens, devido especialmente, a maior prevalência de osteoporose durante e após o climatério (MATSUDO et al., 2000). Com essas mudanças no peso e na estatura, o índice de massa corporal (IMC) também se modifica, com o transcorrer dos anos. A importância do IMC no processo de envelhecimento deve-se a que valores acima da normalidade (26-27) estão relacionados com incremento da mortalidade, principalmente por doenças cardiovasculares e metabólicas, como o diabetes (SPIRDUSO, 1995).

Outras importantes mudanças muito estudadas na composição corporal associadas ao envelhecimento são relacionadas ao aumento da gordura corporal, tais como, diminuição da massa livre de gordura e seus principais componentes (mineral, água, proteína e potássio) e diminuição da taxa metabólica de repouso (10% por década) e massa óssea, na mulher mais precocemente a uma taxa de 1% ao ano dos 45 aos 75 anos (GOING, WILLIAMS, LOHMAN, 1995; MATSUDO et al., 2000). Entretanto, essa perda

está relacionada não somente ao envelhecimento mas também à fatores genéticos, hormonais, nutricionais, endócrinos e diminuição dos níveis de atividade física (MATSUDO et al., 2000).

Com relação às variáveis metabólicas e cardiovasculares, os principais efeitos na aptidão física acontecem na diminuição da potência aeróbia (consumo máximo de oxigênio), em torno de 1% por ano, mesmo em indivíduos ativos (SPIRDUSO, 1995). Na perspectiva de Stratton et al. (1994), o decréscimo do débito cardíaco máximo, associado à idade, decorre da frequência cardíaca (FC) máxima, pois esta diminui de 6 a 10 batimentos por minuto (bpm) por década. Portanto, constata-se que no envelhecimento a FC máxima decresce progressivamente, assim como o esforço cardíaco máximo também diminui na mesma proporção que o declínio máximo de oxigênio.

O débito cardíaco submáximo ou em repouso, no entanto, é pouco influenciado pela idade. (SHEPHARD, 2003). Esses efeitos da perda começam a ser mais aparentes em torno dos 50 anos de idade e na maior parte das variáveis da aptidão física, a perda é gradativa e em torno de 1% ao ano ou 10% por década de vida (MATSUDO et al., 2000). Por sua vez, os indivíduos ativos também apresentam alterações na aptidão física com o processo de envelhecimento, entretanto essas perdas parecem ser menores quando comparados aos indivíduos sedentários.

Algumas outras alterações biológicas esperadas com o envelhecimento ocorrem no sistema cardiovascular. Com o envelhecimento, ocorre redução da frequência cardíaca em repouso, aumento do colesterol, como também da resistência vascular, com o consequente aumento da tensão arterial (DE VITTA, 2000) e aterosclerose, esta, por sua vez, é causada por um aumento nas calcificações e de colágeno nas artérias. Essa condição é denominada de arterioesclerose e é provocada por modificação decorrentes do processo de envelhecimento, além de influências ambientais e fatores genéticos. Menores respostas

cardiovasculares aos estímulos simpáticos e parassimpático e diminuição do teor adrenérgico também são observados. Como resultado dessas alterações, aumentam a fase de ejeção, a fase de relaxamento, com redução da diástole, aumento da impedância à ejeção do ventrículo esquerdo e diminuição da complacência (KELLEY, SHARPE, 2001; SCHER et al., 2008). Para Spirduso (2001). Nesse caso, o idoso não atingirá a frequência cardíaca máxima, como o jovem, pelo fato de o coração envelhecido estar menos sensível à estimulação beta-adrenérgica.

Envelhecimento e modificações no controle autonômico cardiovascular

Além de distúrbios metabólicos e cardiovasculares, o envelhecimento também tem sido caracterizado por apresentar alterações no controle autonômico cardiovascular (KLEIGER *et al.*, 1987; KOSKINEN *et al.*, 2009; LIEB *et al.*, 2012). Entre as disfunções autonômicas observadas, as relacionadas à modulação autonômica da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) são as mais comuns (LA ROVERE et al., 2001; TEKIN et al., 2008; HEUSSER et al., 2010; DE SÁ et al., 2011). Em relação à VFC, representa as flutuações temporais entre os batimentos cardíacos (intervalos R-R) (ASKEROLD et al., 1985; SAUL et al., 1990) que refletem o complexo mecanismo de interação entre o sistema cardiovascular e o sistema nervoso autonômico ou neurovegetativo. Em situações fisiológicas, o sistema nervoso autonômico promove ações compensatórias dentro de seus limites normais (PERINI et al., 2003). Nesse sentido, a análise de VFC tem demonstrado ser um método muito útil e não invasiva para a avaliação do controle autonômico cardiovascular (ASKEROLD et al., 1981; MATSUMOTO et al., 1999). A redução da VFC representa um marcador independente de risco aumentado para eventos cardíacos e morte súbita. (FIGUEROA et al., 2007; MALPAS & MALING, 1990). Os mecanismos desta disfunção autonômica se baseiam, em muitos casos, em prejuízos nos mecanismos

fisiológicos e adaptativos regulatórios autonômicos, o que resulta em diminuição da VFC e predispõe o desenvolvimento de intolerância às perturbações, como um evento isquêmico ou distúrbios rítmicos (FREEMAN et al., 2006; LA ROVERE et al, 2003).

A VFC pode ser mensurada por inúmeros métodos. Entre eles destaca-se a análise espectral, um método linear que avalia as oscilações das séries temporais da frequência cardíaca (FC), batimento-a-batimento, no domínio da frequência, e distingue componentes rítmicos e aleatórios que controlam o ritmo cardíaco (ASKEROLD et al., 1981; TASK FORCE, 1996). De fato, a análise espectral provê índices de regulação neural autonômica, particularmente do balanço entre a modulação autonômica simpática e parassimpática (vagal) para a frequência cardíaca. A aplicação dessa análise identifica e quantifica componentes oscilatórios responsáveis pelas variações presentes nos intervalos R-R, sendo os principais: as oscilações de muita baixa frequência (VLF; $<0,04\text{Hz}$), baixa frequência (LF; $0,04\text{--}0,15\text{ Hz}$) e alta frequência (HF; $0,15\text{--}0,5\text{ Hz}$) (MALIANI et al 1991 e 1995; TASK FORCE, 1996). Essas frequências de ocorrência das bandas são exclusivas para humanos, podendo variar entre as espécies.

Os componentes responsáveis pelas oscilações de VLF têm um papel fisiológico pouco definido. As oscilações de LF estão correlacionadas à modulação autonômica simpática e vagal para frequência cardíaca, enquanto as oscilações de HF estão associadas somente à modulação vagal (RUBINI et al.,1993; TASK FORCE, 1996, LOMBARDI, 1997). Adicionalmente, não há modulação autonômica de HF para os vasos.

Por sua vez, a análise da VFC por meio de métodos não-lineares também é frequente na literatura e na prática clínica. Entre os métodos não-lineares destacam-se análises de tendências, função de correlação, expoentes de Hurst e Lyapunov, dimensão fractal (TASK FORCE, 1996), além da análise simbólica (PORTA et al., 2001). Esta última, por sua vez, é um método que tem despertado grande interesse, pois também parece

capaz de diferenciar e quantificar os componentes autonômicos simpático e parassimpático, por meio de uma abordagem relativamente simples. Após a seleção de um tacograma (série de intervalos R-R), os intervalos R-R são distribuídos em 6 níveis (denominados de 0 a 5) e a variação da frequência cardíaca entre esses níveis recebe uma denominação simbólica, estabelecendo padrões envolvendo a sequência de três símbolos. Esses padrões podem ser agrupados em até 04 famílias: padrão 0V, sem variação (ex. 3.3.3, ou 5.5.5); padrão 1V, uma variação (ex. 2.3.3, ou 4.4.2); padrão 2LV, duas variações iguais ascendentes ou descendentes (ex. 2.3.5, ou 5.4.2); e padrão 2ULV, duas variações diferentes formando picos ou vales (ex. 2.4.2, ou 5.2.4) (PORTA et al., 2001). As quatro famílias são avaliadas quanto à porcentagem de ocorrência no tacograma analisado. Estudos mostraram que o padrão 0V% está relacionado com a modulação autonômica simpática, o padrão 1V% com a modulação simpática e parassimpática, enquanto que os padrões 2V% e 2UV% são coerentes com a modulação parassimpática da VFC (GUZZETTI et al, 2005; PORTA et al., 2007). A análise simbólica é um método relativamente novo, e ao que tudo indica, o comportamento dos padrões associados ao componente simpático (0V%) e parassimpático (2V% e 2UV%) teriam o mesmo comportamento observado quando aplicada a análise espectral (PORTA et al., 2007).

De fato, a avaliação da modulação autonômica cardíaca é uma ferramenta que tem sido muito utilizada nos últimos 30 anos, uma vez que fornece importantes informações em relação à regulação cardiovascular, não só indivíduos saudáveis, mas também na prática clínica. Nesse sentido, perturbações do sistema nervoso autonômico podem ser desencadeadas por testes com finalidade diagnóstica, como o teste ortostático de inclinação (*tilt test*), que pode ser realizado de forma ativa ou passiva (WIELING et al., 1993).

O *tilt* ativo consiste na avaliação da resposta da frequência cardíaca quando se assume a posição ortostática partindo da posição deitada em supino. Ao assumir a posição

ortostática verifica-se taquicardia, principalmente, por supressão da influência do componente autonômico parassimpático, decorrente da regulação reflexa autonômica ocasionada pela diminuição transitória da pressão arterial (MARIN-NETO et al., 1980). Assim, ao assumir a posição ortostática, a queda transitória da pressão arterial promove a redução na ativação dos barorreceptores que por meio de mecanismos reflexos leva à uma maior ativação simpática e redução da ativação vagal. Consequentemente, na maioria dos casos ocorre aumento na modulação autonômica simpática e redução na modulação vagal cardíaca, além do aumento da FC. Por sua vez, o efeito contrário é observado quando retornamos da posição ortostática para a posição deitado em supino (TASK FORCE, 1996).

No entanto, essas respostas autonômicas ao *tilt test* podem ser diferentes quando comparados indivíduos hígidos com portadores de doenças crônico-degenerativas, assim como quando comparados indivíduos jovens com indivíduos mais velhos. Nesse sentido, foi verificado que indivíduos em envelhecimento apresentariam maiores oscilações de LF e menores oscilações de HF na posição supina, e menores respostas de aumento de LF e de redução de HF quando a mudança para a posição ortostática era executada (CATAI et al., 2002; MARÃES et al., 2004). Essas observações, assim como a literatura em geral, confirmam que a análise da VFC pode ser utilizada como uma importante ferramenta indicativa da homeostase do sistema cardiovascular, e suas alterações têm elevado valor prognóstico. Sendo assim, a literatura atual tem focado em investigações da modulação autonômica cardíaca em condições de repouso e em testes provocativos (*tilt test*). Entretanto, pouco se sabe sobre a capacidade de organização da modulação autonômica cardíaca de mulheres em diferentes fases da vida, especialmente no período do climatério, fase que engloba a menopausa, um marco no processo de envelhecimento dessa população. Nesse sentido, nossa hipótese baseia-se no fato de que mulheres de meia-idade, no período

do climatério pós-menopausa, além de apresentarem menor capacidade aeróbia associada ao retardo na recuperação da frequência cardíaca (RFC) (DARR et al., 1988; COLE et al., 1999; TREVIZANI et al., 2012), também apresentariam menor capacidade de reorganização autonômica da VFC após o esforço submáximo.

De fato, estudos recentes demonstraram que a diminuição da RFC pós-esforço está associada com prognóstico para doenças cardiovasculares menos favorável. Assim, a RFC pós-esforço pode ser uma medida indireta de avaliação da função autonômica cardíaca. Nesse caso, a recuperação da frequência cardíaca imediatamente após o exercício é considerada como um produto da função da reativação autonômica parassimpática acompanhada de declínio do drive simpático, e costuma ocorrer já durante os primeiros 30 segundos após o exercício (IMAI et al., 1994; ANTELMÍ et al., 2007). Anormalidades no controle autonômico cardíaco, principalmente no componente autonômico parassimpático, associadas à diminuição da RFC pós-esforço já foram observadas e apontadas como uma possível explicação fisiopatológica para o aumento da mortalidade (NISHIME et al., 2000; ANTELMÍ et al., 2007). Por esse motivo o entendimento de todos os aspectos referentes ao controle autonômico cardíaco pode ser de grande valia para a identificação e estratificação de risco em populações específicas, caso das mulheres de meia idade no período do climatério pós-menopausa, fase de importante transição em que a susceptibilidade às doenças cardiovasculares está mais elevada.

Envelhecimento vs. Menopausa

A média de idade da ocorrência da menopausa nos países desenvolvidos é de 51 anos. As características desse evento fisiológico têm recebido especial atenção nas últimas décadas, tendo em vista que a média da expectativa de vida para as mulheres nos países desenvolvidos é estimada em 80 anos, entretanto a média de idade da menopausa

fisiológica manteve-se praticamente inalterada. Portanto, a mulher vive aproximadamente um terço da sua vida no período pós-menopausa, o que explica o grande interesse na gestão desta população, tanto em termos de saúde epidemiológica e pública, quanto em termos de investigação científica (SOUZA & TEZINI, 2013).

Do ponto de vista fisiológico, a menopausa é parte do processo de envelhecimento e é caracterizada pela cessação natural da menstruação. Durante este tempo, a produção de hormônios ovarianos, especialmente os estrogênios, é drasticamente reduzida. Essa redução é acompanhada de importantes alterações, inclusive no sistema cardiovascular. Entre os vários efeitos, os hormônios ovarianos parecem afetar o controle autonômico da frequência cardíaca, pressão arterial, contratilidade miocárdica e capacitância venosa, interferindo, inclusive na regulação do débito cardíaco (SOUZA, TEZINI, 2013).

Nesse caso, como apontado anteriormente o risco de doenças cardiovasculares (DCVs) aumenta consideravelmente (MEIRELLES, 2014). As DCVs que até então tinham uma incidência menor nas mulheres antes da menopausa, passam a oferecer riscos semelhantes aos observados no homem (STANGL *et al.*, 2002). Esse efeito protetor dos hormônios ovarianos resultando em menores índices de mortalidade cardiovascular envolve diversos fatores, entre eles destaca-se as diferenças na modulação autonômica cardiovascular (SABRINA *et al.*, 2013). Essas diferenças autonômicas cardíacas são caracterizadas pelo predomínio do componente autonômico parassimpático (vagal) sobre o componente autonômico simpático no controle da frequência cardíaca (FC). Essa afirmação é baseada em estudos clínicos e experimentais que evidenciam que o sexo feminino, antes da privação dos hormônios ovarianos, possui, além do maior predomínio vagal, um aumento da sensibilidade barorreflexa (GREGOIRE *et al.*, 1996; KUO *et al.*, 1999; LEINWAND, 2003; DIAS *et al.*, 2011).

De fato, investigações epidemiológicas, como o estudo de Framingham, haviam mostrado que a incidência anual de doença cardiovascular em mulheres na pré-menopausa, quando comparada às mulheres pós-menopausa, era por volta de 50% menor (KANNEL *et al.*, 1976). Portanto, a falência ovariana parece ser um divisor de águas em termos de risco cardiovascular. Sendo assim, supõem-se que prejuízos na função autonômica cardiovascular estejam relacionadas à equivalência nas taxas de eventos cardiovasculares após o advento da menopausa (BRENNER, 1988; SINAGRA, CONTI, 2007; DIAS *et al.*, 2011). Pode-se enfatizar ainda que já no início do climatério é comum observar o aumento do peso e reduções na capacidade de exercício, na força muscular e na massa óssea, favorecendo a prevalência de doenças metabólicas e aumentando o risco de DCVs, (SOWERS, LA PIETRA, 1995).

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

O presente estudo teve por objetivo comparar os perfis hemodinâmicos e autonômicos cardiovasculares entre mulheres jovens e mulheres de meia idade pós-menopausa com enfoque nas seguintes abordagens:

- a. Avaliação da modulação autonômica da VFC na posição supina (em repouso), durante o tilt teste e após o teste cardiopulmonar submáximo, utilizando diferentes ferramentas; análise linear por meio da análise espectral; e análise não linear por meio da análise simbólica.
- b. Análise da frequência cardíaca de recuperação e sua relação com a reorganização da modulação autonômica cardíaca após o teste de esforço submáximo.

MATERIAL E MÉTODOS

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostras

3.1.1 Seleção

Uma vez aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMRP-USP), o recrutamento e seleção iniciou-se através da divulgação no Centro de Educação Física, Esporte e Recreação da Universidade de São Paulo - Campus Ribeirão Preto (CEFER, USP-RP).

3.2 Protocolos

Sessenta e quatro voluntárias saudáveis, com idade entre 21 e 60 anos, participaram deste estudo. De acordo com a idade as voluntárias foram divididas em dois grupos: sendo 24 mulheres no grupo meia idade (GMI: 42 a 60 anos) e 40 mulheres no grupo jovens (GJ: 21 a 27 anos). Tratou-se de um estudo transversal, onde os dois grupos foram submetidos ao mesmo protocolo de avaliação. Depois de selecionadas, as voluntárias compareceram ao Centro de Educação Física, Esporte e Recreação da Universidade de São Paulo - Campus Ribeirão Preto (CEFER, USP-RP), onde foram submetidas aos protocolos de avaliação antropométrica, pressão arterial, frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e ergoespiometria. As voluntárias foram triadas e os dados coletados no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil. Foram impedidas de participar do estudo as voluntárias que apresentavam qualquer distúrbio musculoesquelético, metabólico ou doença que compromettesse a realização e os resultados dos testes realizados. Também foram excluídos tabagistas, voluntárias com índice de massa corporal (IMC) $>28 \text{ kg/m}^2$ e que faziam uso de fármacos que interferissem na função autonômica cardíaca. As voluntárias foram

informadas de todos os aspectos científicos e legais do projeto de pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar do presente estudo. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

3.3 Avaliações Clínicas

3.3.1 Antropometria

As técnicas utilizadas para as medidas antropométricas seguiram as recomendações da Sociedade Internacional para o avanço da Cineantropometria (ISAK, 2001). Foram avaliados o peso corporal e a altura por meio de balança de plataforma Filizola (São Paulo, SP; Brasil), com precisão de 0,1 Kg e 0,5 cm, respectivamente. A circunferência da cintura foi mensurada no ponto médio entre a última costela e a crista ilíaca através da fita antropométrica metálica da marca Sanny e o IMC definido como:

$$\text{IMC} = \text{Peso corporal (Kg)} / \text{altura (m}^2\text{)}$$

*Onde: Kg= kilogramas; m²= metros quadrados.

3.4 Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca

3.4.1 Análise Espectral

As voluntárias foram orientadas a não ingerir bebidas alcoólicas e cafeína, não praticar exercícios físicos, manter dieta habitual nas 48 horas que antecederam ao exame, além da recomendação para dormirem entre 7h e 8h consecutivas na noite anterior aos testes. O registro para análise espectral da VFC foi realizado entre 08h00min e 11h00min da manhã, obedecendo ao seguinte protocolo: após 20 minutos na posição supino em uma mesa de *tilt test* (mesa ortostática) motorizada (automática), sendo este tempo dividido em: 20 minutos na posição supino, sendo 10 minutos de adaptação e 10 minutos de registro.

Posteriormente, o motor da mesa era acionado e as voluntárias eram transferidas passivamente da posição supino para a posição ortostática durante mais 10 minutos. Após este período, foi retomada a posição supina por 10 min a fim de restaurar a modulação autonômica basal, perfazendo um total de 40 min. O registro da VFC na posição supino e em resposta ao *tilt test* foi realizado por meio do eletrocardiograma (ADInstruments, Australian), do qual foram obtidas as séries temporais (Figura 1) oriundas da medida do tempo entre os intervalos das ondas R-R adjacentes (iRR).

As análises da VFC foram realizadas por meio de um programa computacional (CardioSeries v2.1 - <http://sites.google.com/site/cardioseries>), desenvolvido no Departamento de Fisiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (Universidade de São Paulo, Brasil). Os valores dos iRR obtidos pelo eletrocardiograma (ECG; ADInstruments, Sidney/Austrália) foram reamostrados (3Hz) por interpolação cúbica do tipo spline, para regularização do intervalo de tempo entre batimentos. As séries com valores interpolados dos iRR foram divididas em segmentos com 512 valores cada, com sobreposição de 50% (Protocolo de Welch).

A estacionariedade dos valores dos iRR de cada segmento foi examinada visualmente e aqueles com artefatos ou transientes foram excluídos. Cada segmento estacionário dos iRR foi submetido à análise espectral pela Transformada Rápida de Fourier (FFT), após janelamento do tipo Hanning. Os componentes oscilatórios foram classificados como baixa frequência (LF) e alta frequência (HF), os quais apresentam oscilações nas faixas de frequência: (LF: 0,04 – 0,15 Hz) e alta frequência (HF: 0,15 – 0,5 Hz).

A média dos valores das potências dos espectros dos iRR, em ambas as bandas de frequência (LF e HF), foram utilizadas para expressar a potência de LF em unidades absolutas em milissegundos ao quadrado (ms^2) e HF (ms^2) dos iRR para cada indivíduo. A

potência relativa (%), conhecida também como unidades normalizadas (un), dos espectros dos iRR, em cada banda de frequência, bem como a razão entre as potências de LF e HF (LF/HF) dos mesmos foram determinadas após a subtração dos componentes de muito baixa frequência ($VFC < 0,04$ Hz). O procedimento de normalização tende a minimizar o efeito da mudança na força total nos valores absolutos na variabilidade dos componentes LF e HF (MALLIANI *et al.*, 1991; RUBINI *et al.*, 1993; TASKE FORCE, 1996).

3.4.2 Análise Simbólica

Para a análise simbólica, foi utilizada a metodologia conforme descrita anteriormente (PORTA *et al.* (2001), onde foi subtraído o menor iRR do maior iRR e o delta resultante foi dividido por seis, gerando seis níveis com intervalos idênticos (0 à 5). Posteriormente, foi realizada a distribuição da série de iRR de acordo com a sua duração de tempo. Cada sequência simbólica, constituiu-se dos valores sequenciais de três iRR (uma trinca simbólica) que foram transformados em símbolos (0,1,2,3,4 e 5), conforme o nível em que cada valor de iRR se adequava. Para a análise final foram utilizados os seguintes padrões de trincas: 1) 0V: padrões sem variação, com três símbolos iguais, como por exemplo (2,2,2) ou (5,5,5); 2) 1V: padrões com uma variação, ou seja, padrões com dois símbolos consecutivos iguais e o símbolo restante diferente, como por exemplo (3,2,2) e (3,3,2); 3) 2LV: padrões com duas variações, com os três símbolos formando uma rampa ascendente ou descendente, como por exemplo, (5,4,2) ou (1,2,4); e 4) 2ULV: padrões com duas variações ao contrário, onde os três símbolos formam um pico ou um vale, como por exemplo, (3,5,3) ou (4,1,2). No final, os valores de 2LV e 2ULV foram somados e apresentados como 2V. Estudos anteriores mostraram que 0V% representa a modulação autonômica cardíaca simpática, 2V% a parassimpática e 1V, a simultaneidade das duas modulações (PORTA *et al.*, 2001; GUZZETTI *et al.*, 2005; PORTA *et al.*, 2007). Para a

análise dos dados foi utilizado o *software* (CardioSeries v2.1 – <http://sites.google.com/site/cardioseries>).

Figura 1. Traçado representativo das séries temporais obtidas dos intervalos entre as ondas R-R adjacentes (iRR) dos voluntários do grupo de baixa performance em dois momentos, posição supina e tilt test.

3.5 Teste Ergoespirométrico

O teste ergoespirométrico foi realizado durante a avaliação das voluntárias. A ergoespirometria teve por objetivo submeter a voluntária ao estresse físico programado para obtenção de informações da função cardiorrespiratória e metabólica, como o limiar anaeróbio e o volume consumido de oxigênio no pico do exercício (VO_{2pico}).

O teste foi realizado em esteira ergométrica (Super ATL Millenium®, Inbramed/Inbrasport, Porto Alegre, RS, Brasil). A atividade elétrica cardíaca foi monitorada através do eletrocardiograma (ECG) com nove derivações (MC5, DI, DII, V1-V6) e o consumo de O_2 foi monitorado por um analisador metabólico (Ultima™ Cardio2, Medical Graphics Corp., St. Paul, Minneapolis, USA). O protocolo em esteira utilizado foi o de Bruce Modificado.

Os parâmetros fisiológicos avaliados no teste ergoespirométrico foram: volume expirado (VE), volume consumido de O_2 (VO_2), volume expirado de CO_2 (VCO_2), equivalente metabólico, razão VE/VO_2 , VE/VCO_2 , limiar anaeróbio, níveis de lactato e glicemia sanguíneos, pressão arterial (PA), eletrocardiograma (ECG) e frequência cardíaca (FC).

A análise eletrocardiográfica (ECG) foi realizada por sistemas bipolares e os sinais elétricos emitidos pela atividade cardíaca foram captados por eletrodos fixados na pele do tórax. O procedimento de preparo da pele foi feito com limpeza dos locais escolhidos sendo realizada com gaze embebida em álcool, esfregando-se várias vezes até conseguir um leve grau de eritema. Os eletrodos foram do tipo descartáveis (3M) e a colocação foi efetuada com a voluntária em posição ortostática.

Durante a realização do teste também foi utilizada a escala de percepção de esforço de Borg (1998) modificado para avaliar o grau de fadiga durante o teste. A frequência cardíaca máxima prevista foi calculada por meio da fórmula $220 - \text{idade}$. Os indivíduos

foram estimulados a se exercitar até sentirem sintomas limitantes, ou se fosse atingida 85% da frequência cardíaca máxima prevista. O critério de interrupção do exercício era exaustão física ou frequência cardíaca submáxima acima da esperada para a idade. Após o pico do exercício, os indivíduos caminhavam durante um período de desaquecimento de seis minutos a uma velocidade de 2,5 km/hora e grau de inclinação de 2,5%. A frequência cardíaca era medida a cada minuto de exercício, no pico do exercício e no 1º, 3º e 6º minutos da recuperação com o paciente em pé (recuperação ativa), e do 6º, 9º e 12º minutos da recuperação com o paciente sentado (após teste ergoespirométricos). A recuperação da frequência cardíaca foi definida como a frequência cardíaca máxima atingida menos a frequência cardíaca em um período especificado na recuperação, e representava a queda da frequência cardíaca durante esse intervalo de tempo.

3.7. Análise Estatística

Para a análise estatística foram elaboradas planilhas eletrônicas, e as informações foram analisadas utilizando-se o programa eletrônico Sigma-Stat[®], versão 2.03. Na comparação entre os dois grupos foi utilizado o teste "t" de Student para medidas independentes, seguido do pós-teste Mann-Whitney quando necessário. Foram consideradas como diferenças significativas quando o *p* era menor que 5% ($P < 0.05$). Também foram realizadas análises de correlação entre a modulação autonômica cardíaca (análise espectral) e frequência cardíaca. Para essas análises foram utilizadas a correlação de Pearson (para amostras paramétricas) e de Spearman (para amostras não paramétricas). Foram consideradas como correlações moderadas e altas quando os valores de *p* foram significativos e os valores de *R* se encontravam entre 0,4 e 0,7 e acima de 0,7, respectivamente. Para a criação de gráficos foi utilizado o software SigmaPlot 13.0 (SigmaPlot Software Inc., San Jose, CA, USA).

RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1. Parâmetros hemodinâmicos e antropométricos

Na Tabela 1 estão representados os valores hemodinâmicos e antropométricos das voluntárias do GMI e GJ. O GMI além de mais velhas, apresentavam menor estatura, tinham o IMC mais elevado e apresentavam menores valores de VO_2 , taxa de equivalência metabólica (MET) e pulso de O_2 em relação ao GJ.

Com relação aos parâmetros hemodinâmicos (Tabela 1), houve diferenças significativas entre GMI e GJ em relação à frequência cardíaca ($p = <0,001$). Nesse caso, o grupo GMI apresentou os menores valores. Quanto à PA, observamos que a pressão arterial sistólica (PAS), a pressão arterial diastólica (PAD) e a pressão arterial média (PAM) eram significativamente menores no grupo GJ.

Tabela 1: Valores antropométricos e hemodinâmicos basais das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
Características			
Idade, anos	55 ± 1.6	23 ± 0.4	< 0.001
Peso, Kg	66 ± 2.4	62 ± 1.8	0.149
Estatura, m	1.57 ± 0.01	1.61 ± 0.01	0.006
IMC, kg/m ²	27 ± 0.7	24 ± 0.7	0.002
VO _{2pico} , ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹	24 ± 1.0	39 ± 1.3	< 0.001
MET ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹	7 ± 0.3	11 ± 0.3	< 0.001
Pulso de O ₂ , ml. Bat ⁻¹	11 ± 0.4	13 ± 0.3	< 0.001
Valores Hemodinâmicos			
FC, bpm	71 ± 2	81 ± 2	< 0.001
PAS, mmHg	117 ± 3	105 ± 2	< 0.001
PAD, mmHg	78 ± 2	70 ± 1	0.003
PAM, mmHg	91 ± 2	81 ± 1	< 0.001

Os valores estão expressos em médias ± EPM. kg=quilograma; m metro; kg/m²=quilograma/altura (m²); bpm=batimento por minuto; mmHg=milímetro de mercúrio.

4.2. Variabilidade da Frequência Cardíaca na Posição Supino

A Figura 1 e a Tabela 2 apresentam os valores da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) por métodos lineares, realizados por meio do domínio do tempo (RMSSD) e domínio da frequência (análise espectral) na posição supina. Os resultados mostram que o grupo GMI apresentou menores valores da RMSSD, variância total, banda de LF em unidades absolutas e HF em unidades absolutas e normalizadas em relação ao grupo GJ. Também mostra que o grupo GMI apresentou maiores valores da banda de LF em valores normalizados e da razão LF/HF.

Por sua vez, a Figura 1 e a Tabela 2 apresentam os valores da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) por método não linear, realizado por meio da análise simbólica. Os resultados mostraram informações semelhantes às obtidas com a análise espectral, ou seja, houve predominância mesmo que sem significância estatística da modulação parassimpática (2V%) sobre a modulação simpática (0V%), quando comparados GMI e GJ.

Figura 1. Parâmetros espectrais basais calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a P < 0.05 vs. GMI na posição supino. un=unidades normalizadas.

Tabela 2: Parâmetros espectrais basais calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
iRR, ms	908 ± 25	841 ± 18	0.053
RMSSD	36 ± 6	53 ± 5	0.017
Variância, ms²	2345 ± 650	3666 ± 637	0.014
LF, ms²	887 ± 356	1104 ± 252	0.027
HF, ms²	710 ± 253	1751 ± 382	0.002
LF, nu	55 ± 3	44 ± 2	0.017
HF, nu	44 ± 3	55 ± 2	0.017
LF/HF	1.6 ± 0.2	1 ± 0.1	0.023

Os valores estão apresentados como médias ± EPM. ms=milissegundo; ms²= milissegundo elevado à segunda potência; nu=unidades normalizadas.

Figura 2. Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM.

^a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática.

Tabela 3: Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidas na posição supino das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
Análise Simbólica			
0V (%)	21.7 ± 2.8	16.5 ± 1.5	0.176
1V (%)	46.3 ± 1.4	47.1 ± 0.8	0.978
2V (%)	31.9 ± 3	36.3 ± 2	0.221
Razão 0V/2V	1.1 ± 0.3	0.6 ± 0.1	0.185

Os valores estão apresentados como médias ± EPM. %, percentagem.

A Figura 3 apresenta os resultados da análise espectral da VFC no GMI e GJ, comparando os valores da variância total, bandas de LF e HF em unidades absolutas e normalizadas, e razão LF/HF, obtidos na posição supino e ortostática (*tilt test*). Os resultados mostraram que ao *tilt test* o GJ (Figura 3) apresentou significativa ascensão na banda de LF em unidades normalizadas e reduções na variância total, banda de HF em unidades absolutas e normalizadas, resultando em aumento expressivo da razão LF/HF. O GMI (Figura 3) apresentou ao *tilt test* semelhantes resultados aos observados no GJ, com exceção da variância total, que não diferiu entre a posição supino e ortostática. Por sua vez, a Figura 4 apresenta os resultados da análise simbólica da VFC no GMI e GJ, obtidos na posição supino e ortostática (*tilt test*). Os resultados mostraram que ao *tilt test*, tanto o GMI, quanto o GJ apresentaram significativos aumentos nas oscilações de 0V% e reduções nas

oscilações de 2V%, resultando em aumentos também significativos da razão 0V%/2V%.

Figura 3: Parâmetros espectrais basais calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino e ortostática (*tilt test*) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a $P < 0,05$ vs. Supino GMI; ^c $P < 0,05$ vs. Supino GJ.

Figura 4. Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição supino e ortostática (*tilt test*) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a $P < 0,05$ vs. Supino GMI; ^c $P < 0,05$ vs. Supino GJ.

4.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca na Posição Ortostática

A Figura 5 e a Tabela 4 apresentam os resultados da análise espectral da VFC no GMI e GJ, comparando os valores de IRR, RMSSD, variância total, bandas de LF e HF em unidades absolutas e normalizadas, e razão LF/HF, obtidos somente na posição ortostática (*tilt test*). Os resultados mostraram que o GJ obteve ao *tilt test* maiores respostas na variância, nas oscilações de LF em unidades absolutas e normalizadas, e menores valores de iRR e HF em unidades normalizadas, resultando no aumento significativo da razão LF/HF.

A Figura 6 e a Tabela 5 apresentam os valores da análise da VFC, obtidos por meio da análise simbólica na posição ortostática (*tilt test*) nos dois grupos estudados, GMI e GJ. Como na análise espectral, a análise simbólica apresentou predominância da modulação simpática (0V%) sobre a modulação parassimpática (2V%), no GJ.

Figura 5. Parâmetros espectrais basais calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição ortostática (tilt test) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM.

^a $P < 0.05$ vs. GMI na posição ortostática. un=unidades normalizadas.

Tabela 4: Parâmetros espectrais basais calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidas na posição ortostática (tilt test) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
iRR, ms	774 ± 18	632 ± 13	<i>< 0.001</i>
RMSSD	21 ± 3	18 ± 2	<i>0.613</i>
Variância, ms²	1287 ± 241	1870 ± 245	<i>0.017</i>
LF, ms²	490 ± 113	818 ± 128	<i>0.008</i>
HF, ms²	222 ± 58	243 ± 47	<i>0.236</i>
LF, nu	68 ± 3	77 ± 2	<i>0.045</i>
HF, nu	31 ± 3	22 ± 2	<i>0.045</i>
LF/HF	3.3 ± 0.5	4.7 ± 0.3	<i>0.045</i>

Os valores estão apresentados como médias ± EPM. ms=milissegundo; ms²= milissegundo elevado à segunda potência; un=unidades normalizadas.

Figura 6. Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na posição ortostática (tilt test) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática.

Tabela 5: Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidas na posição ortostática (tilt test) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
Análise Simbólica			
0V (%)	33.4 ± 2.9	47 ± 1.8	< 0.001
1V (%)	44.3 ± 1.5	42.1 ± 1.2	0.136
2V (%)	22.1 ± 2.5	10.8 ± 0.7	< 0.001
Razão 0V/2V	2.65 ± 0.5	6.2 ± 1	< 0.001

Os valores estão apresentados como médias ± EPM. %, percentagem.

4.4. Variabilidade da Frequência Cardíaca na Recuperação do Teste Cardiopulmonar

A Figura 7 e a Tabela 6 apresentam os resultados da análise espectral da VFC no GMI e GJ, comparando os valores de IRR, RMSSD, variância total, bandas de LF e HF em unidades absolutas e normalizadas, e razão LF/HF, obtidos na recuperação ativa pós teste cardiopulmonar submáximo. Os resultados mostraram menores valores de iRR, RMSSD, oscilações de HF em unidades absolutas e normalizadas e maiores ascensões nas oscilações de LF em unidades normalizadas e na razão LF/HF no GJ.

A Figura 8 e a Tabela 7 apresentam os resultados da análise simbólica da VFC no GMI e GJ, obtidos na recuperação ativa pós teste cardiopulmonar submáximo. Os resultados mostraram que na recuperação ativa pós teste cardiopulmonar submáximo, o GJ apresentou significativos aumentos nas oscilações

de 0V% e reduções nas oscilações de 2V%, resultando em aumentos também significativos da razão 0V%/2V%.

Figura 7. Parâmetros espectrais basais calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação ativa pós teste cardiopulmonar submáximo das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores

estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática. un=unidades normalizadas.

Tabela 6: Parâmetros espectrais basais calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidas na recuperação ativa pós teste cardiopulmonar submáximo das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
iRR, ms	545 $\pm$ 13	435 $\pm$ 7	<i>< 0.001</i>
RMSSD	10 $\pm$ 1.4	5 $\pm$ 0.2	<i>< 0.001</i>
Variância, ms²	986 $\pm$ 151	728 $\pm$ 60	<i>0.450</i>
LF, ms²	74 $\pm$ 18	30 $\pm$ 5	<i>0.060</i>
HF, ms²	88 $\pm$ 25	12 $\pm$ 1.6	<i>< 0.001</i>
LF, nu	48 $\pm$ 4	65 $\pm$ 2	<i>< 0.001</i>
HF, nu	51 $\pm$ 3	34 $\pm$ 2	<i>< 0.001</i>
LF/HF	1.2 $\pm$ 0.1	2.4 $\pm$ 0.2	<i>< 0.001</i>

Os valores estão apresentados como médias $\pm$ EPM. ms=milissegundo; ms²=milissegundo elevado à segunda potência; un=unidades normalizadas.

Figura 8. Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação ativa pós teste cardiopulmonar submáximo das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática.

Tabela 7: Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidas na recuperação ativa pós teste cardiopulmonar submáximo das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
Análise Simbólica			
0V (%)	68.5 ± 2.6	82 ± 1.1	< 0.001
1V (%)	24 ± 1.8	13.7 ± 0.78	< 0.001
2V (%)	7.4 ± 1	4.1 ± 0.34	0,002
Razão 0V/2V	13.4 ± 1.6	26 ± 2.7	< 0.001

Os valores estão apresentados como médias ± EPM. %, percentagem.

A Figura 9 e a Tabela 8 apresentam os resultados da análise espectral da VFC no GMI e GJ, comparando os valores de IRR, RMSSD, variância total, bandas de LF e HF em unidades absolutas e normalizadas, e razão LF/HF, obtidos na recuperação pós teste cardiopulmonar submáximo. Os resultados mostraram que o GJ obteve na recuperação pós teste cardiopulmonar submáximo menores respostas de iRR, RMSSD, LF em unidades absolutas, HF em unidades absolutas, HF em unidades normalizadas e na variância. O GJ apresentou também maiores valores nas oscilações de LF em unidades normalizadas e na razão LF/HF.

Com relação aos valores da análise da VFC, obtidos por meio da análise simbólica, a Figura 9 e a Tabela 8 apresentam os valores na recuperação pós teste cardiopulmonar submáximo. Os resultados mostram uma predominância da

modulação modulação simpática (0V%), sobre a modulação parassimpática (2V%),
no GJ.

Figura 9. Parâmetros espectrais basais calculados das series temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação após testes ergoespiométricos das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a $P < 0.05$ vs. GMI na posição ortostática. un=unidades normalizadas.

Tabela 8: Parâmetros espectrais basais calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidas na recuperação pós teste cardiopulmonar submáximo das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
iRR, ms	703 ± 18	553 ± 10	<i>< 0.001</i>
RMSSD	24 ± 5	10 ± 1.1	<i>0.002</i>
Variância, ms²	2220 ± 607	798 ± 110	<i>0.001</i>
LF, ms²	856 ± 352	233 ± 42	<i>0.011</i>
HF, ms²	604 ± 244	86 ± 20	<i>< 0.001</i>
LF, nu	65 ± 4	76 ± 2	<i>0.023</i>
HF, nu	34 ± 4	23 ± 2	<i>< 0.001</i>
LF/HF	3.1 ± 0.5	4.7 ± 0.4	<i>0.023</i>

Os valores estão apresentados como médias ± EPM. ms, milissegundo; ms², milissegundo elevado à segunda potência; un, unidades normalizadas.

Figura 10. Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação pós teste cardiopulmonar submáximo das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis. Os valores estão expressos como médias $\pm$ EPM. ^a $P < 0.05$ vs. Grupo GMI na posição ortostática.

Tabela 9: Parâmetros da análise simbólica, calculados das séries temporais dos intervalos R-R (iRR), obtidos na recuperação pós teste cardiopulmonar submáximo das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
Análise Simbólica			
0V (%)	48 ± 3.3	58 ± 2.2	0.012
1V (%)	39 ± 2	33 ± 1.57	0.025
2V (%)	12.6 ± 1.7	8.3 ± 0.8	0.044
Razão 0V/2V	12 ± 2.8	13.5 ± 2.3	0.394

Todos os valores estão apresentados como médias ± EPM. %, percentagem.

4.5. Correlação entre os métodos de avaliação da modulação autonômica - análise espectral x análise simbólica

Na tabela 10 estão representados os valores da correlação entre a análise espectral (bandas de LF e HF em unidades normalizadas e razão LF/HF) e a análise simbólica, ambos obtidos na posição supino das voluntárias no GMI e GJ. Observamos no grupo GMI moderadas correlações positivas de 0V% e 0V/2V com a banda de LF e com a razão LF/HF, e negativas com a banda de HF. Por sua vez, as oscilações em 2V% demonstraram moderadas correlações negativas com a banda de LF e com a razão LF/HF, e moderada correlação positiva com a banda de HF. De forma semelhante, o GJ mostrou correlação com as bandas de LF, HF e com a razão LF/HF, contudo, a correlação foi alta.

Na tabela 11 estão representados os valores da correlação entre a análise espectral (bandas de LF e HF em unidades normalizadas e razão LF/HF) e a análise simbólica, ambos obtidos na posição ortostática durante o *tilt test* em voluntárias no GMI e GJ. Observamos no GMI altas correlações positivas de 0V% e 0V/2V com a banda de LF e com a razão LF/HF, e negativas com a banda de HF. Por sua vez, as oscilações em 2V% demonstraram altas correlações negativas com a banda de LF e com a razão LF/HF, e alta correlação positiva com a banda de HF. O GJ mostrou semelhantes resultados, no entanto 1V% e 2V% se correlacionaram negativamente de forma moderada com a banda de LF e com a razão LF/HF, e positivamente com a banda de HF.

Tabela 10: Correlação entre os métodos de análise da modulação autonômica cardíaca - (análise espectral) X (análise simbólica) das voluntárias do Grupo Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis, obtida na posição supino inicial (supino 1).

	LF%				HF%				LF/HF			
	GMI		GJ		GMI		GJ		GMI		GJ	
	R	P	R	p	R	p	R	P	R	p	R	P
Análise Simbólica												
0V (%)	0.576	0.003	0.835	<0.001	-0.576	0.003	-0.835	<0.001	0.517	0.009	0.860	<0.001
1V (%)	-0.184	0.384	0.462	0.002	0.184	0.384	-0.462	0.002	-0.184	0.384	0.411	0.008
2V (%)	-0.544	0.006	-0.817	<0.001	0.544	0.006	0.817	<0.001	-0.508	0.011	-0.823	<0.001
0V/2V	0.517	0.009	0.849	<0.001	-0.517	0.009	-0.849	<0.001	0.517	0.009	0.849	<0.001

Tabela 11: Correlação entre os métodos de análise da modulação autonômica cardíaca - (análise espectral) X (análise simbólica) das voluntárias dos Grupos Meia Idade (GMI) e Grupo Jovens (GJ) saudáveis, obtida na posição ortostática (*tilt test*).

	LF%				HF%				LF/HF			
	GMI		GJ		GMI		GJ		GMI		GJ	
	R	P	R	p	R	p	R	P	R	p	R	P
Análise Simbólica												
0V (%)	0.759	<0.001	0.772	<0.001	-0.759	<0.001	-0.772	<0.001	0.750	<0.001	0.722	<0.001
1V (%)	-0.230	0.275	-0.699	<0.001	0.230	0.275	0.699	<0.001	-0.230	0.275	-0.699	<0.001
2V (%)	-0.845	<0.001	-0.688	<0.001	0.845	<0.001	0.688	<0.001	-0.808	<0.001	-0.688	<0.001
0V/2V	0.806	<0.001	0.739	<0.001	-0.806	<0.001	-0.739	<0.001	0.806	<0.001	0.739	<0.001

4.6. Resposta da Frequência Cardíaca de Recuperação

A figura 11 apresenta a resposta da frequência cardíaca de recuperação, obtidos imediatamente após testes ergoespirométricos das voluntárias no GMI e GJ. Observamos comportamento semelhante da frequência cardíaca de recuperação em ambos os grupos.

A tabela 12 apresenta a queda da frequência cardíaca nos 12 minutos da recuperação. O GJ mostrou uma taxa de recuperação mais rápida do segundo ao décimo segundo minuto após testes ergoespirométricos. Essa relação não foi observada no primeiro minuto após o exercício.

Figura 11: Parâmetros da frequência cardíaca de recuperação, obtidos na recuperação ativa e após testes ergoespirométricos nas voluntárias no GMI e GJ.

Tabela 12: Recuperação da frequência cardíaca em relação à frequência cardíaca submáxima após testes ergoespirométricos.

	GMI (N = 24)	GJ (N = 40)	P
Recuperação da frequência cardíaca	Batimentos por minuto (média)		
1º minuto	21 ± 2.7	26 ± 2.5	<i>0.05</i>
3º minuto	33 ± 2.8	52 ± 2.4	<i>< 0.001</i>
6º minuto	38 ± 2.7	63 ± 2	<i>< 0.001</i>
9º minuto	54 ± 2.2	75 ± 2	<i>< 0.001</i>
12º minuto	55 ± 1.9	78 ± 1.8	<i>< 0.001</i>

Os valores estão expressos em médias ± EPM.

DISCUSSÃO

5. DISCUSSÃO

No nosso estudo foi observado que voluntárias jovens apresentaram melhores valores em parâmetros antropométricos e hemodinâmicos, como: estatura, IMC, $VO_{2\text{pico}}$, FC, PA, MET e pulso de O_2 quando comparadas com voluntárias de meia-idade. Com relação a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), nosso estudo ratificou também que na posição supino, as voluntárias jovens mostraram uma maior modulação vagal e menor modulação simpática que as voluntárias de meia-idade e que obtiveram na posição ortostática (*tilt test*) aumento da modulação simpática cardíaca. Diferentemente da nossa hipótese e nosso principal achado foi que as voluntárias jovens apresentaram na recuperação dos testes ergoespirométricos, retardo na recuperação da VFC, apesar do comportamento normal da recuperação da FC.

Parâmetros antropométricos

Uma das mais evidentes alterações que acontecem com o aumento da idade cronológica é a mudança nas dimensões corporais. Com o processo de envelhecimento, existem mudanças principalmente na estatura, no peso e na composição corporal (FIATARONE-SINGH, 1998; MATSUDO et al., 2000). No presente estudo foi observado menor estatura e maior IMC no grupo GMI (Tabela 1). Existe uma diminuição da estatura, com o passar dos anos, por causa da compressão vertebral, o estreitamento dos discos e a cifose. Esse processo parece ser mais rápido nas mulheres do que nos homens, devido especialmente, a maior prevalência de osteoporose após a menopausa (FIATARONE-SINGH, 1998; MATSUDO et al., 2000). Em relação ao IMC, sabe-se que a classificação difere de acordo com a idade, sendo que em idosos o IMC entre 22 a 27 Kg/m^2 é considerado normal (CERVI et al., 2005).

Apesar de existir uma tendência natural de ganho de peso em pessoas em envelhecimento, e por não se ter feito controle alimentar das participantes do estudo, houve a preocupação de o peso corporal das voluntárias ser similar, evitando interferência nos resultados. Dessa forma, pode-se notar que os valores de todas variáveis antropométricas na Tabela 1 são muito parecidos entre os grupos, conferindo maior padronização da amostra nesses aspectos.

Parâmetros Hemodinâmicos e aptidão cardiorrespiratória

Existem diversas particularidades durante o processo de envelhecimento, como alterações estruturais e funcionais, que devem ser ponderadas no momento da comparação entre mulheres jovens e de meia-idade. No nosso estudo foi observado maiores valores de PA no GMI (Tabela 1). Sabe-se que o envelhecimento está associado ao aumento da pressão arterial (KELLEY, SHARPE, 2001; SCHER et al., 2008). Sendo explicada, pelas alterações das propriedades vasculares da aorta. O diâmetro aórtico aumenta em 15% a 35% dos 20 aos 80 anos de idade. Histologicamente ocorre uma distorção da orientação laminar das fibras murais, fragmentação da elastina e aumento do conteúdo de colágeno, ocasionando uma diminuição da elasticidade do tecido conjuntivo, (IZZO, LEVY, BLACK, 2000; MIRANDA et al., 2002) diminuição da sensibilidade dos barorreceptores (MONAHAN et al., 2001) que somada à arteriosclerose determina um aumento da resistência vascular periférica, existindo assim forte correlação entre o envelhecimento normal e a diminuição da complacência aórtica, explicando neste estudo maiores valores da pressão arterial no grupo GMI (IZZO, LEVY, BLACK, 2000; MIRANDA et al., 2002). Paralelamente a esse processo de aumento de PA, pode ocorrer aumento da inatividade física, contribuindo para estas alterações (SAÚDE. MDS-SDVE, 2008).

O grupo GMI apresentou menores valores de FC e VO_2 , indo de encontro aos resultados relevantes de outros estudos (PETERSON et al., 2003; HUGGET et al., 2005). Em relação às funções nos sistemas cardiovascular e metabólico em repouso e em resposta a o exercício físico, a literatura refere que há uma perda progressiva na capacidade funcional aeróbica com o avançar da idade. Um mais clássicos estudos que verificaram esse impacto da idade na potência aeróbica foi o desenvolvido por ROBINSON em 1930, citado em SPIDURSO, 1995. Naquele estudo, o autor analisou dados transversais da potência aeróbica de homens ativos, de 25 a 75 anos de idade, encontrando um declínio dessa variável de 10% por década (1% por ano), que são valores similares aos encontrados, mais recentemente. (MATSUDO et al., 2000; PETERSON et al., 2003; HUGGET et al., 2005). Nossos resultados mostram que o VO_2 (ml.kg.min^{-1}) foram de 23 para o GMI e 39 para o GJ (Tabela 1). Apesar da diferença estatística, a capacidade aeróbica funcional foi “regular” para ambos grupos segundo a estratificação proposta pela *American Heart Association* (1972).

Modulação autonômica cardíaca na posição supino e ortostática (tilt test)

A análise da VFC é uma importante ferramenta não invasiva que é muito utilizada como prognóstico em diversas situações fisiopatológicas, como infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca, hipertensão e diabetes. (MALPAS&MAILING, 1990; OIKAWA et al., 2009). Por ser uma ferramenta de relativa facilidade de utilização e manuseio, é utilizada em larga escala. No nosso estudo as voluntárias jovens apresentaram valores e respostas significativamente melhores, em relação as voluntárias de meia-idade, para as variáveis usadas na análise da VFC em supino e na posição ortostática (*tilt test*). Estudos têm demonstrado que o processo de envelhecimento fisiológico leva a uma redução da VFC, relacionada a uma diminuição da atuação vagal sobre o nodo sinusal em

indivíduos de meia-idade (BARBOSA et al., 1996; DEKKER, 1997; LOPES et al., 2006). Na posição supino os menores valores das variáveis utilizadas para a análise da VFC no domínio do tempo (RMSSD) e melhores respostas no domínio da frequência (maior variância, banda de HF sobre LF em unidades normalizadas) encontrados nas voluntárias jovens, quando comparados as voluntárias de meia idade, demonstram que a redução da VFC que ocorre com o avançar da idade já é evidente na faixa etária entre 40 e 60 anos. Catai et al (2002) e Marães et al (2004) encontraram resultados semelhantes aos deste estudo, investigando indivíduos dessa mesma faixa etária.

A mudança da posição supina para a ortostática gera um acúmulo de sangue nos membros inferiores e vísceras abdominais, acarretando uma redução do retorno venoso e PA. Essas alterações geram um aumento da FC e consequentes variações da mesma, devido, principalmente, ao barorreflexo arterial, ativação simpática e inibição vagal (BRUNETTO et al., 2005; BOEMEKE G et al, 2011). Dessa forma, com a manobra de *tilt test* é possível mensurar e posteriormente avaliar a VFC (CASTRO et al., 1992; BOEMEKE et al, 2011).

Portanto, ao *tilt test*, quando analisados intergrupos (Figura 3) observou-se que o grupo meia-idade apresentou uma menor resposta ao estímulo provocativo da mudança postural. E quando analisados intragrupos (Figura 3), ambos os grupos responderam com aumento da banda de LF em unidades normalizadas e redução da banda de HF em unidades absolutas e normalizadas, e consequentemente, resultou em aumento da razão LF/HF, contudo foi observada respostas mais expressivas no grupo jovem. Entretanto, a variância total apresentou resultados diferentes entre os dois grupos, ou seja, somente o grupo GJ apresentou redução significativa em resposta ao *tilt test*. A mudança de postura que ocorre durante o *tilt test*, comumente, provoca uma redução na variância total do espectro. Isso ocorre devido à redução dos componentes oscilatórios, que são maiores na

posição supino, principalmente por influências de oscilações do componente parassimpático presente na banda de HF (PAGANI *et al.*, 1986; GUZZETTI *et al.*, 1988; TASKE FORCE, 1996).

Estudo recente em nosso laboratório (DUTRA *et al.*, 2013) mostrou que há importantes diferenças entre a modulação autonômica cardíaca entre homens e mulheres, havendo maior modulação simpática (maior LF) e menor modulação parassimpática (menor HF) em homens quando comparados às mulheres. Foi verificado também em ratas, que a ativação do sistema parassimpático leva a maiores efeitos pré-sinápticos e pós-sinápticos cardíacos do que em ratos machos, provavelmente por ocorrer a maior liberação de acetilcolina (DU, DART, RIEMERSMA, 1994). Diante das evidências dos estudos supracitados, e dos achados no presente estudo, sugerimos que as mulheres de meia-idade apresentam uma resposta da modulação autonômica cardíaca mais próxima a dos homens, apresentando uma maior modulação cardíaca simpática e menor modulação parassimpática quando comparadas as mulheres jovens.

Análise simbólica

Uma ferramenta de análise não linear da VFC que vem sendo utilizada é a análise simbólica, descrita por Porta *et al.* (2001). Esta metodologia tem se mostrado efetiva na avaliação das modulações simpática e parassimpática induzidas por intervenções farmacológicas ou testes autonômicos específicos, com a finalidade de estimular o SNA (GUZZETTI *et al.*, 2005; PORTA *et al.*, 2007).

No presente estudo foi avaliada a correlação entre dois métodos de análise da VFC, um método linear representado pela análise espectral, e um método não linear, representado pela análise simbólica. A análise simbólica, como já mencionado anteriormente, mostrou ser um método confiável, tanto quanto a análise espectral, para a

maioria das avaliações realizadas no presente estudo. A exceção ficou por conta da comparação das respostas na posição supino, em que a análise espectral apontou alterações em que a análise simbólica não detectou (Figura 1 e Figura 2). Entretanto, em todas as correlações realizadas entre os dois métodos, houve de moderada a alta correlação positiva entre o padrão 0V% e a banda de LF em unidades normalizadas, e as oscilações 2V% e a banda de HF também em unidades normalizadas (Tabela 10 e Tabela 11). Deste modo, assim como mostrado anteriormente por outros autores (PERSEGUINI et al., 2011), também foi identificado a predominância do padrão 2V% na posição supino, análogo à predominância da banda de HF quando a análise espectral é aplicada, e na posição ortostática (tilt test) foi bem evidenciado o padrão 0V%, mimetizando o que ocorre com a banda de LF em unidades normalizadas.

Os resultados dos estudos que analisaram a VFC em análises lineares são similares aos observados no presente estudo com a análise simbólica. O que sugere que a análise simbólica fornece resultados similares para análise da VFC na avaliação do sistema nervoso autônomo e predição do funcionamento do organismo, tanto em condições normais quanto patológicas. Contudo, é importante que novas investigações sejam realizadas para validar ainda mais esse método de análise.

Modulação autonômica cardíaca pós- esforço

Sabe-se que há predominância da atividade vagal (parassimpática) em repouso, e que esta é progressivamente inibida com o exercício (COLE et al., 1999). No instante inicial do exercício, a retirada do tônus parassimpático é responsável pela elevação da FC, enquanto que durante o período de recuperação pós-esforço, aparentemente, há uma participação conjunta dos ramos do Sistema nervoso autônomo, (PASCHOAL et al, 2006) com aumento da modulação parassimpática, enquanto a modulação simpática diminui

gradualmente. (STUCKEY et al., 2012; OHUCHI, 2000). Numerosos estudos em humanos mostram que a ativação neural de comando central evoca uma diminuição da modulação parassimpática e um aumento da modulação simpática em resposta ao exercício. (OHUCHI, 2000; TERZIOTTI et al., 2001; SUN, 2016). Por outro lado, durante a recuperação do exercício, os dados de comportamento da variabilidade da FC e possíveis diferenças na recuperação da FC, têm sido inconsistentes, ainda pouco discutidas e um tanto controverso.

No presente estudo, nossas descobertas foram contrárias à nossa hipótese. Nossos dados sugerem que durante a recuperação pós-esforço, o grupo GJ exibiu variabilidade da FC mais atrasada, maior modulação simpática que quando comparado ao grupo GMI. No entanto, na recuperação da FC, no grupo GJ, foi observado um comportamento normal e até superior ao grupo GMI.

Gladwell et al relataram um aumento na modulação parassimpática durante os primeiros 15 minutos de recuperação do exercício, no entanto, após os primeiros 15 minutos, não houve diferença na modulação parassimpático de valores pré-exercício. Um outro importante estudo (STUCKEY et al., 2012) indicou um aumento da dominância simpática e diminuição das modulações parassimpáticas 60 minutos pós- exercício. Pen Sun et al, em estudo recente observou que a modulação simpática retorna aos valores basais em média 30 minutos após exercício. De fato, observamos diferentes respostas para um mesmo parâmetro avaliado na recuperação.

É interessante notar que a recuperação da FC não foi sincronizado com a recuperação do RMSSD, iRR, HF, LF, LF / HF no grupo GJ. Na recuperação da FC, mesmo não sendo observada uma queda significativa de FC no primeiro minuto, observou-se uma taxa de recuperação mais rápida do segundo ao décimo segundo minuto pós-esforço. Em vez disso, a VFC não voltou para valores próximos aos basais até 12 minutos

pós-esforço. Isto sugere que, para além do sistema nervoso autonômico, podem existir outros fatores que influenciam a recuperação da FC. A literatura sugere que durante o exercício, não há apenas uma supressão total do sistema nervoso parassimpático, seguido por um aumento no tônus simpático, hormônios circulantes e as catecolaminas podem influenciar durante a recuperação do exercício (MENDONÇA et al., 2011; DOS SANTOS et al., 2013; WHITE, RAVEN, 2014). Infelizmente, estes fatores acima mencionados não foram medidos neste estudo. O mecanismo preciso da recuperação da VFC mais lento que a recuperação da FC no grupo GJ não ficou claro com o presente estudo.

Existem várias limitações para o nosso estudo. Nós não controlamos a frequência respiratória durante a avaliação da VFC. Além disso, medimos a VFC, apenas imediatamente após exercício, 12 minutos pós-esforço. Talvez, os valores após 12 minutos de recuperação teria feito a nossa conclusão mais forte. O tamanho da amostra também foi relativamente pequena e pode não ter sido uma amostra representativa da população jovem e da população de meia-idade. Em conclusão, nós investigamos a função autonômica cardíaca em resposta a um teste pós-esforço em esteira aguda e observamos uma mudança no sentido do que imaginávamos. Muito embora fosse esperado que na fase final do teste pós-esforço houvesse uma tendência à supressão de VFC pela ausência da participação vagal no controle da FC, nossa fundamentação fisiológica não sustentava a premissa de haver um maior atraso do retorno da VFC no grupo GJ durante a recuperação pós-esforço, sugerindo que esta recuperação da VFC é mais complexa do que no grupo GMI. Todavia, estes foram os resultados encontrados no presente estudo.

CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

Em conclusão, nossos resultados sugerem durante o exercício, há uma supressão total do sistema nervoso parassimpático, seguido por um aumento no tônus simpático, hormônios circulantes e catecolaminas. E estes podem influenciar durante a recuperação do exercício. Infelizmente, estes fatores acima mencionados não foram medidos neste estudo. O mecanismo preciso da recuperação da VFC mais lento que a recuperação da FC no grupo GJ não ficou claro com este estudo. Todavia, estes foram os resultados encontrados no presente estudo.

REFERÊNCIAS

7. REFERÊNCIAS

AKSELROD, S. et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. **Science**, v. 213, n. 4504, p. 220-2, Jul 1981.

ANTELMÍ, I. et al. Recuperação da Frequência Cardíaca após Teste de Esforço em Esteira Ergométrica e Variabilidade da Frequência Cardíaca em 24 Horas em Indivíduos Sadios. **Arq Bras Cardiol**, v. 90, n. 6, p. 413- 418, 2008.

ASKEROLD, S. et al. Hemodynamic regulation: investigation bt spectral analysis. **American Journal of Physiology**, v. 249, n.4, p. 867-875, 1985.

BARBOSA, P.R, BARBOSA, F.J, Sá, C. Influência da idade, sexo e doença coronária sobre a modulação autonômica do coração. **Arq Bras Cardiol**. v. 67, n. 5, p. 325- 329, 1996.

BOEMEKE G.; BERNARDI R. R.; MUZZI L. G.; DIAS Q. N.; VERSIANI L. C.; SAMORA G. A.; Comparação da frequência cardíaca entre idosos e adultos saudáveis. **E-Scientia**, v. 4, n. 2, p.03-10, 2011.

BRUNETTO, A. F. et al. Respostas Autonômicas Cardíacas à manobra de tilt los adolescentes obesos. **Rev. Assoc. Med. Bras**, v.51, n.5, p 256-260, 2005.

CAMARANO, A.M. **Envelhecimento da população brasileira: uma contribuição demográfica**. Rio de Janeiro: IPEA. 26p, 2002 (Texto para discussão, 858).

CASTRO, C.L.B.; NÓBREGA, A.C.L.; ARAÚJO, C.G.S. Testes Autonômicos Cardiovasculares. Uma Revisão Crítica. Parte 1. **Arq Bras Cardiol**. v.59, n.1, p.75-85. 1992.

CATAI, A.M. et al. Effect of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. **Braz Med Biol Res**. V. 35, n. 6, p. 741- 752, 2002.

CERVI, A. et al. Critical analysis of the use of the body mass. **Rev Nutr**, v. 16, n. 6, p. 765- 775, 2005.

COLE, C.R. et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **N Engl J Med**. V. 341, n. 18, p. 1351- 1357, 1999.

DARR, K.C., BASSET, D.R., MORGAN, B.J., THOMAS, D.P. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. **Am J Physiol**. v. 254, n. 2, p. 340- 343, 1988.

DE SÁ, J. C. et al. Analysis of heart rate variability in polycystic ovary syndrome. **Gynecol Endocrinol**, v. 27, n. 6, p. 443-7, Jun 2011.

DE VITTA, A. Atividade física e bem-estar na velhice. In A.L. **E por falar em boa velhice**. Campinas, SP: Papirus, p.25-38, 2000.

DEKKER, J.M. et al. Heart rate variability from short electrocardiographic recordings predicts mortality from all causes in middle-aged and elderly men. **Am J Epidemiol**. V. 145, n. 10, 1997.

DOS SANTOS, M.R. et al. (2013) Impaired post exercise heart rate recovery in anabolic steroid users. **Int J Sports Med**, v.34, p. 931–935, 2013.

DU, X. J.; DART, A. M.; RIEMERSMA, R. A. Sex differences in the parasympathetic nerve control of rat heart. **Clin Exp Pharmacol Physiol**, v. 21, n. 6, p. 485-93, Jun 1994.

DUTRA, S. G. et al. Cardiac autonomic modulation is determined by gender and is independent of aerobic physical capacity in healthy subjects. **PLoS One**, v. 8, n. 10, p. e77092, 2013. ISSN 1932-6203.

FIATARONE-SINGH, M. Combined exercise and dietary intervention to optimize body composition in aging. Towards prolongation of the healthy life span. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 854, . p. 378-393, 1998.

FIATARONE-SINGH, M.A. Body composition and weight control in older adults. Perspectives in exercise science and sports medicine: exercise, nutrition and weight control. **Carmel: Cooper**, v. 11, p. 243-288, 1998.

FIGUEROA, A. et al. Endurance training improves post-exercise cardiac autonomic modulation in obese women with and without type 2 diabetes. **Eur J Appl Physiol**, v. 100, n. 4, p. 437-44, Jul 2007.

FREEMAN, J.V. et al. Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 48, n. 5, p. 342- 362, 2006.

GARRIDO, R., MENEZES, P.R. O Brasil está envelhecendo: boas e más notícias por uma perspectiva epidemiológica. **Rev Bras Psiquiatr**, v.24, p. 4-6, 2002.

GLADWELL, V.F., SANDERCOCK, G.R, BIRCH, S.L. Cardiac vagal activity following three intensities of exercise in humans. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 30, p. 17-22, 2010.

GOING, S., WILLIAMS, D., LOHMAN, T. Aging and body composition: biological changes and methodological issues. In: Hollozy JO (ed.) **Exer. Sport Sci. Reviews.. Baltimore: Williams & Wilkins**, v.23, p.411-449, 1995.

GUZZETTI, S. et al. Symbolic dynamics of heart rate variability: a probe to investigate cardiac autonomic modulation. **Circulation**, v. 112, n. 4, p. 465-70, Jul 2005.

GUZZETTI, S. et al. Sympathetic predominance in essential hypertension: a study employing spectral analysis of heart rate variability. **J Hypertens**, v. 6, n. 9, p. 711-7, Sep

1988.

HEUSSER, K. et al. Carotid baroreceptor stimulation, sympathetic activity, baroreflex function, and blood pressure in hypertensive patients. **Hypertension**, v.55, n.3, p. 619-626, 2010.

HUGGETT, D.L.; CONNELLY, D.M.; OVEREND, T.J. Maximal Aerobic Capacity Testing of Older Adults: A Critical Review. **Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 60, n.1. p. 57-66, 2005.

IMAI, K. et al. Vaguely mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in-patients with chronic heart failure. **J Am Coll Cardiol**. v. 24, p. 1529- 1535, 1994.

IZZO, J.L., LEVY, D., BLACK, H.R. Importance of systolic blood pressure in older americans. **Hypertension**, v. 35, p. 1021- 1024, 2000.

KALACHE, A., VERAS, R.P., RAMOS, L.R. O envelhecimento da população mundial. Um desafio novo. **Rev Saúde Públ**, v. 21, n. 3, p. 200-210, 1987.

KELLEY, G.A., KELLEY, K. Aerobic exercise and resting blood pressure in older adults: a meta-analytic review of randomized controlled trials. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v.56, p.298-303, 2001.

KLEIGER, R. E. et al. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. **Am J Cardiol**, v. 59, n. 4, p. 256-62, Feb 1987.

KOSKINEN, T. et al. Metabolic syndrome and short-term heart rate variability in young adults. The cardiovascular risk in young Finns study. **Diabet Med**, v. 26, n. 4, p. 354-61, Apr 2009.

LA ROVERE, M.T. et al. Baroreflex sensitivity and heart rate variability in the identification of patients at risk for life-threatening arrhythmias: implications for clinical trials. **Circulation**, v. 103, n.16, p. 2072- 2077, 2001.

LA ROVERE, M.T. et al. Short-term heart rate variability strongly predicts sudden cardiac death in chronic heart failure patients. **Circulation**, v. 107, n.4, p. 565-570, 2003.

LEBRÃO, M.L. O envelhecimento no Brasil: aspectos da transição demográfica e epidemiológica. **Saúde Coletiva**, v. 17, n.4, p. 135-140, 2007.

LIEB, D. C. et al. Cardiac autonomic imbalance in newly diagnosed and established diabetes is associated with markers of adipose tissue inflammation. **Exp Diabetes Res**, v. 2012, p. 878760, 2012.

LIMA-COSTA, M. F., VERAS, R. Saúde pública e envelhecimento. **Cad Saúde Públ**, v. 19, n. 3, p. 700-701, mai/jun, 2003.

LOMBARDI, F. Spectral analysis of heart rate variability. **Cardiac Eletrophysiology Review**, v. 3, p. 335-337, 1997.

LOPES, F.L. et al. Redução da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Indivíduos de Meia- Idade e o Efeito do Treinamento de Força. **Rev. bras. fisioter.** v. 11, n. 2, p. 113-119, 2007.

MALLIANI, A. et al. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation**, v. 84, n. 2, p. 482-92, Aug 1991.

MALPAS, S.C.; MALING, T.G. Heart-rate variability and cardiac autonomic function in diabetes. **Diabetes**, v. 39, n. 10, p. 1177- 1181, 1990.

MARÃES, V.R.F.S., SANTOIA, M.D.B., CATAI, A.M., MORAES, F.R., OLIVEIRA. L., GALLO Jr, L. et al. Modulação do sistema nervoso autonômico na resposta da frequência cardíaca em repouso e à manobra de valsalva com o incremento da idade. **Rev Bras Fisiot**, v. 8, n. 2, p. 97- 103, 2004.

MARIN-NETO, J.A. et al. Mechanisms of tachycardia on standing: studies in normal individuals and in chronic Chagas ` heart disease patients. **Cardiovascular Research**, v. 14, n. 9, p. 541- 550, 1980.

MATSUDO, S.M., MATSUDO, V.K.R., NETO, T.L.B. Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.8, n.4, p.21-32, set 2000.

MATSUMOTO, T. et al. Autonomic responsiveness to acute cold exposure in obese and non-obese Young women. **International Journal of Obesity**, v. 23, n. 4, p. 637-647, 2005.

MENDONÇA. G.V., PEREIRA, F.D., FERNHALL, B. Effects of cigarette smoking on cardiac autonomic function during dynamic exercise. **J Sports Sci**, v. 29, p. 879-886, 2011.

MIRANDA, R.D. et al. Hipertensão arterial no idoso: peculiaridades na fisiopatologia, no diagnóstico e no tratamento. **Rev Bras Hipertens**, v. 9, n. 3, p. 293-300, 2002.

MONAHAN, K.D. et al. Age- associated changes in cardiovascular baroreflex sensitivity are related to central arterial compliance. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v. 281, p. 284-289, 2001.

NASRI, F. **O envelhecimento populacional no Brasil**. Einstein. v. 6, n. 1, p. 4-6, 2008.

NISHIME, E.O. et al. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. **JAMA**. v. 284, p. 1392- 1398, 2000.

OHUCHI, H. et al. Heart rate recovery after exercise and cardiac autonomic nervous activity in children. **Pediatr Res**, v. 47, p. 329-335, 2000.

OIKAWA, K. et al. Prognostic value of heart rate variability in patients with renal failure on hemodialysis. **Int J Cardiol**, v. 131, n.3, p. 370-377, 2009.

PAGANI, M. et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. **Circ Res**, v. 59, n. 2, p. 178-93, Aug 1986.

PALÁCIOS, J. Mudança e Desenvolvimento Durante a Idade Adulta e a Velhice. **Desenvolvimento Psicológico e Educação Psicologia Evolutiva**, v, 1, 2^a.Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PASCHOAL, M.A., POLESSI, E.A., SIMIONI, F.C. Evaluation of heart rate variability in trained and sedentary climacteric women. **Arq Bras Cardiol**, v. 90, n. 2, p. 80-86, 2008.

PENG-SUN. et al. Autonomic Recovery Is Delayed in Chinese Compared with Caucasian following Treadmill Exercise. **Plos One**, v. 11, n.1, 2016.

PERINI, R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. (3-4), p. 317- 325, 2003.

PERSEGUINI, N.M et al. Spectral and symbolic analysis of the effect of gender and postural change on cardiac autonomic modulation in health elderly subjects. **Braz J Med Biol Res**, v. 44, n.1, p. 29-37, 2011.

PETERSON, A.T. et al. Metabolic responses associated with deer hunting. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 31, n.12, p. 1844-1848, 1999.

PORTA, A. et al. Entropy, entropy rate, and pattern classification as tools to typify complexity in short heart period variability series. **IEEE Trans Biomed Eng**, v. 48, n. 11, p. 1282-91, Nov 2001.

PORTA, A. et al. Assessment of cardiac autonomic modulation during graded head-up tilt by symbolic analysis of heart rate variability. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v. 293, n. 1, p. H702-8, Jul 2007.

PORTA, A. et al. Assessment of cardiac autonomic modulation during graded head-up tilt by symbolic analysis of heart rate variability. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v. 293, n. 1, p. 702-708, 2007.

RAMOS, L.R. Fatores determinantes do envelhecimento saudável em idosos residentes em centro urbano: Projeto Epidoso. **Cad Saúde Públ**, v.19, p. 793-797, 2003.

RUBINI, R. et al. Power spectrum analysis of cardiovascular variability monitored by telemetry in conscious unrestrained rats. **J Auton Nerv Syst**, v. 45, n. 3, p. 181-90, Dec 1993.

Saúde. MDS-SDVE. **Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico – Vigitel**. Brasília, DF, 2008.

SAUL, J.P. et al. Heart rate and muscle sympathetic nerve variability during reflex changes of autonomic activity. **American Journal of Physiology**, v.258, n.3, p.H713- 721, 1990.

SCHER, L.M.L., NOBRE, F., LIMA, N. The role of the physical exercise on blood pressure in older individuals. **Rev Bras Hipertens**, vol.15, n.4, p.228-231, 2008.

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

SPIRDUSO, W. Physical Dimensions of Aging. **Champaign: Human Kinetics**, 1st ed.1995.

SPIRDUSO, W.W. E CRONIN, D.L. Exercise dose-response effects on quality of life and independent living in older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.6, p.598-608, 2001.

STRATTON, J., LEWY, W., CERQUEIRA, M., SCHWARTZ, R. E ABRASS, I. Cardio vascular responses to exercise effects of aging and exercise training in healthy men. **Circulation**, v.89, p.1648-1655, 1994.

STUCKEY, M. I. et al. Autonomic recovery following sprint interval exercise. **Scand J Med Sci Sports**, v. 22, n. 6, p. 756-63, Dec 2012.

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Eletrophysiology. Heart rate variability: standards of measurements, physiological interpretation and clinical use. **Circulation**, v. 93, n.5, p. 1043- 1065, 1996.

TEKIN, G. et al. Altered autonomic neural control of the cardiovascular system in patients with polycystic ovary syndrome. **Int J Cardiol**, v. 130, n. 1, p. 49-55, Oct 2008.

TERZIOTTI, P. et al. Post-exercise recovery of autonomic cardiovascular control: a study by spectrum and cross-spectrum analysis in humans. **Eur J Appl Physiol**, v. 84, p. 187–194, 2001.

TREVIZANI, G.A., BARBOSA, P.R.B., NADAL, J. Effects of Age and Aerobic Fitness on Heart Rate Recovery in Adult Men. **Arq. Bras, Cardiol**, v. 99, n. 3, p. 802- 810, 2012.

WHITE, D.W., RAVEN, P.B. Autonomic neural control of heart rate during dynamic exercise: revisited. **J Physiol**. V. 592, p. 2491–2500, 2014.

WIELING, W.; van LIESHOU, J.J. Maintenance of postural normotension in humans. **Clinical Autonomic Disorders. Evaluation and Management**, p. 69-77, 1993.