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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

"Estudo dos efeitos de diferentes níveis de condicionamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em indivíduos saudáveis – comparação entre os gêneros"

Sabrina Graziani Veloso Dutra

Ribeirão Preto
2011

SABRINA GRAZIANI VELOSO DUTRA

Estudo dos efeitos de diferentes níveis de condicionamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em indivíduos saudáveis – comparação entre os gêneros

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

Área de Concentração: Reabilitação

Orientador: Prof. Dr. Hugo Celso Dutra de Souza

Ribeirão Preto

2011

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.

Catalogação na Publicação
Serviço de Documentação
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Dutra, Sabrina Graziani Veloso.
Estudo dos efeitos de diferentes níveis de condicionamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em indivíduos saudáveis – comparação entre os gêneros / Sabrina Graziani Veloso Dutra; orientador Prof. Dr. Hugo Celso Dutra de Souza. – Ribeirão Preto, 2011.
106f.: Il.;30cm

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. Área de Concentração: Reabilitação) -- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
1. Condicionamento físico. 2. Modulação autonômica cardíaca. 3. Variabilidade da frequência cardíaca. 4. Gênero.

Sabrina Graziani Veloso Dutra

Estudo dos efeitos de diferentes níveis de condicionamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em indivíduos saudáveis – comparação entre os gêneros

Dissertação apresentada a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

Área de Concentração: Reabilitação.

Aprovado em: ___/___/___

Banca Examinadora

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, ***Solange*** *e* ***Jarbas.*** *Vocês são exemplos de dignidade, honestidade, perseverança e caráter. Obrigada por me ensinarem a ser tudo isso, pelo apoio e amor. Amo muito vocês!*

E ao amor da minha vida, ***David.*** *Meu maior incentivador, sempre acreditou no meu potencial, muitas vezes até mais do que eu. Obrigada pelo apoio, por estar em minha vida e por me fazer feliz. Eu te amo muito!*

AGRADECIMENTOS

*Aos meus irmãos, **Rodrigo** e **Fernanda,** pelo amor e apoio. E em especial à minha irmã gêmea, **Suellen**, por me escutar quase todos os dias, por falar bobagem comigo no telefone e me fazer rir a qualquer momento; por ser minha melhor amiga e companheira e pela moral de sempre. Amo vocês!*

*À família do meu noivo, em especial meus sogros, **Fátima** e **Paulo**. Obrigada pela torcida, pelo carinho, por me tratarem como filha e por terem feito a pessoa mais especial da minha vida.*

*A toda minha família, principalmente, a minha avó **Geny**, que sempre chora comigo quando eu vou embora e me dá um presente. Eu te amo "vóvs".*

*Ao Prof. Dr. **Hugo Celso Dutra de Souza**, obrigada pela oportunidade e orientação, pela paciência e atenção ao discutir os resultados, por ler e responder os milhões de e-mails desesperados e por contribuir para minha formação.*

*À **Ana Paula**, a primeira pessoa que eu conheci em Ribeirão Preto, por me incentivar desde o início e por me ajudar durante todo o mestrado. Obrigada pela troca de experiências, pela atenção e, acima de tudo, por sua amizade.*

*Às amigas, **Izabela** e **Thaísa**, que quero levar para toda a vida, obrigada pela amizade, por me ensinar as análises, pelo trabalho em conjunto e pelos momentos de descontração. Saudade de vocês.*

*Às alunas de iniciação científica, **Carol** e, em especial, à **Karina**, pela amizade, pela dedicação e pela contribuição nos testes, além da eficiência de sempre!*

*Aos amigos do grupo, **João Henrique** e **Geisa**, por me socorrerem sempre que necessitei; ao **José Henrique**, pela troca de conhecimentos e amizade; à **Nathália**, pelas longas conversas de descontração e pela amizade que também levarei para sempre. Por fim, à nova colega, **Ana Carolina,** que me ajudou nas últimas análises logo que chegou. Obrigada, valeu gente!*

*Aos amigos **Luiz, Sidney, Quintino** e **Evandro Augusto**, pelo agradável convívio, respeito, torcida e amizade.*

*Ao meu ex-chefe da academia, **Marcos Martins**, pela moral que me deu enquanto funcionária, pela compreensão de sempre de meus horários e necessidades de viagens e faltas relacionadas ao mestrado, congressos, visitas à família; por acompanhar a mim e ao David nas corridas e pela amizade. Muito Obrigada!*

Aos voluntários que participaram deste estudo, e aos que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse meu trabalho! Obrigada!

"Jamais perca seu equilíbrio. Por mais forte que seja o vento da tempestade, busque em seu interior abrigo".

(Hélio Bentes / André Sampaio)

RESUMO

RESUMO

DUTRA, S.G.V. **Estudo dos efeitos de diferentes níveis de condicionamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em indivíduos saudáveis – uma comparação entre os gêneros.** 2011. 106f. Tese (Mestrado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Nós investigamos os efeitos de diferentes níveis de condicionamento físico sobre a modulação autonômica da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em voluntários saudáveis de ambos os gêneros. Os voluntários (n=96), com idade entre 18 e 45 anos (48 homens e 48 mulheres) foram submetidos ao teste ergoespirométrico e divididos em três grupos, de acordo com a resposta do VO_{2pico}; grupo de baixa performance (BP= VO_2: 22-38 ml kg^{-1} min^{-1}, n=16 homens e n=16 mulheres), grupo de média performance (MP= VO_2: 38-48 ml kg^{-1} min^{-1}, n=16 homens e n=16 mulheres) e grupo de alta performance (AP= VO_2: > 48 ml kg^{-1} min^{-1}, n=16 homens e n=16 mulheres). O protocolo experimental empregado para avaliação da VFC foi à análise espectral das séries temporais dos intervalos R-R, obtidos por meio do registro eletrocardiográfico durante o repouso na posição supina (basal) e durante o teste de inclinação (tilt test). Os resultados mostraram que o nível de condicionamento físico não promoveu alterações nos parâmetros espectrais da VFC na posição supina quando os gêneros eram comparados separadamente. No entanto, quando os gêneros foram comparados por nível de condicionamento físico, houve diferenças. As mulheres apresentaram menores valores da pressão arterial e das oscilações de LF, e maiores valores das oscilações de HF em relação aos respectivos grupos formados por homens, independentemente do nível de condicionamento físico. Ao tilt test, todos os grupos formados por homens apresentaram respostas similares. Por outro lado, quando o tilt test foi aplicado nos grupos de mulheres, observamos que o grupo de alta performance apresentava menores variações nas oscilações de LF e HF. Em conclusão, os resultados sugerem que as respostas cardiovasculares e autonômicas são diferentes entre homens e mulheres, uma vez que os homens apresentaram um balanço modulatório autonômico cardíaco mais favorável às oscilações de LF, enquanto que nas mulheres as oscilações de HF foram mais favoráveis. Adicionalmente, o nível de condicionamento físico não interferiu na modulação autonômica observada na posição supina. Por sua vez, no tilt test, as mulheres com melhor performance aeróbia apresentavam menor retirada modulatória parassimpática, quando comparadas com os grupos de baixa e média performance.

Palavras chave: condicionamento físico aeróbio; variabilidade da frequência cardíaca; modulação autonômica cardíaca; gênero.

ABSTRACT

ABSTRACT

DUTRA, S.G.V. **Study of the effects of different fitness levels on cardiac autonomic modulation of healthy subjects - a comparison between genders.** 2011. 106f. Thesis (Master) – Faculty of Medicine of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

We investigated the effects of different fitness levels on the autonomic modulation of heart rate variability (HRV) in healthy volunteers and the difference in response between genders. Ninety-six healthy volunteers, aged between 18 and 45 years (48 men and 48women) underwent cardiopulmonary exercise test and divided into three groups according to the response of VO_{2peak}; group low performance (LP= VO_2: 22-38 ml kg^{-1} min^{-1}, n=16 men and n=16 women), mean performance (MP= VO_2: 38-48 ml kg^{-1} min^{-1}, n=16 men and n=16 women) and high performance (HP= VO_2: > 48 ml kg^{-1} min^{-1}, n=16 men and n=16 women). The experimental protocol used to evaluate the HRV was the spectral analysis of R-R interval time series derived from the record the electrocardiogram at rest in the supine position (baseline) and during the tilt test. The results showed that the fitness level did not promote changes in spectral parameters of HRV in the supine position when the genders were compared separately. However, when genders were compared, there were differences between each grade fitness study. Women had lower blood pressure values and the LF oscillations, and higher values of HF oscillations in relation to their groups formed by men, regardless of fitness level. In the tilt test, all groups made up of men had similar responses. On the other hand, when the tilt test was administered to groups of women, we observed that the high performance group had smaller changes in LF and HF oscillations. In conclusion, our results suggest that men have a modulating cardiac autonomic balance more favorable to the LF oscillations, whereas in women the HF oscillations are more deterministic. In addition, women's group of high-performance seem less reactive to orthostatic stress.

Key-words: fitness, heart rate variability, cardiac autonomic modulation, genders.

LISTA DE ABREVIATURAS

LISTA DE ABREVIATURA

AP	Alta Performance
BP	Baixa Performance
DPM	Desvio Padrão da Média
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
FFT	Transformada Rápida de Fourier
HF	Alta Frequência
IMC	Índice de Massa Corporal
iRR	Intervalo R-R
LF	Baixa Frequência
MP	Média Performance
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAM	Pressão Arterial Média
PAS	Pressão Arterial Sistólica
SNP	Sistema Nervoso Simpático
SNS	Sistema Nervoso Parassimpático
Um	Unidades Normalizadas
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
VLF	Muito Baixa Frequência
$VO_{2\ máx.}$	Consumo Máximo de Oxigênio

LISTA DE TABELAS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos voluntários e valores hemodinâmicos _____ ***46***

Tabela 2. Valores do lactato sanguíneo do grupo de homens e mulheres obtidos durante o teste ergoespirométrico em três momentos distintos: durante o VO_2 basal, ($lactato_{basal}$); no VO_2 pico ($lactato_{pico}$); e após 6 min de recuperação ($lactato_{rec\ 6'}$) _____ ***49***

Tabela 3. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca na posição supina (basal) em todos os grupos do gênero masculino (BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance) _____ ***51***

Tabela 3. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca na posição supina (basal) em todos os grupos do gênero feminino (BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance) _____ ***53***

Tabela 5. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca na posição supina (basal) em cada grupo estudado _____ ***57***

Tabela 6. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca basal e durante o teste de inclinação (tilt test) no gênero masculino em cada grupo estudado _____ ***60***

Tabela 7. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca basal e durante o teste de inclinação (tilt test) no gênero feminino em cada grupo estudado _____ ***63***

Tabela 8. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso na posição supina (basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de baixa performance _____ ***65***

Tabela 9. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso na posição supina (basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de média performance _____ ***67***

Tabela 10. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso na posição supina (basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de alta performance _____ ***69***

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS

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 _____ ***39***

Figura 2. Traçado representativo das séries temporais obtidas dos intervalos entre as ondas R-R adjacentes (iRR) dos voluntários do grupo de média performance em dois momentos, posição supina e tilt test _____ ***40***

Figura 3. Traçado representativo das séries temporais obtidas dos intervalos entre as ondas R-R adjacentes (iRR) dos voluntários do grupo de alta performance em dois momentos, posição supina e tilt test _____ ***41***

Figura 4. Teste ergoespirométrico _____ ***42***

Figura 5. Valores do lactato sanguíneo dos grupos de homens (A) e mulheres (B) obtidos durante o teste ergoespirométrico em três momentos distintos; durante o VO_2 basal ($lactato_{basal}$); no VO_2 pico ($lactato_{pico}$); e após 6 min de recuperação ($lactato_{rec\ 6'}$). [a] P<0.05 vs. Grupo BP; [b] P< 0.05 vs. Grupo MP. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance _____ ***48***

Figura 6. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) obtidos em todos os grupos do gênero masculino _____ ***50***

Figura 7. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) obtidos em todos os grupos do gênero feminino_____ ***52***

Figura 8. Comparação dos parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) entre os grupos de homens e mulheres de baixa performance. [a] P<0.05 em relação ao grupo de homens _____ ***54***

Figura 9. Comparação dos parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) entre os grupos de homens e mulheres de média performance. [a] P<0.05 em relação ao grupo de homens _____ ***55***

Figura 10. Comparação dos parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) entre os gêneros do grupo de alta performance. *P<0.05 comparando com homens _____ ***56***

Figura 11. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) nos grupos de BP, MP e AP do gênero masculino. [a] P<0.05 referente ao tilt no grupo BP; [b] P<0.05 referente ao tilt no grupo MP e [c] P<0.05 referente ao tilt no grupo AP. [a'] P<0.05 em comparação ao grupo BP referente a diferença de percentual de alteração. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance _____ ***59***

Figura 12. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) nos grupos do gênero feminino. [a] P<0.05 referente ao tilt no grupo BP; [b] P<0.05 referente ao tilt no grupo MP e [c] P<0.05 referente ao tilt no grupo AP. [a'] P<0.05 em comparação ao grupo BP referente a diferença de percentual de alteração. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance _____ ***62***

Figura 13. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de baixa performance. [a] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens; [b] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens _____ ***64***

Figura 14. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de média performance. [a] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens; [b] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens _____ ***66***

Figura 15. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de alta performance. [a] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens; [b] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens _____ ***68***

Figura 16. Espectros representativos das séries temporais dos intervalos R-R de cada grupo estudado, obtidos durante a posição supina (preenchimento cinza) e durante o tilt test (linha contínua preta) _____ ***70***

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO _____ **25**

2. OBJETIVOS _____ **34**

3. MATERIAL E MÉTODOS _____ **36**

3.1. Participantes _____ **36**

3.2. Modelo Experimental _____ **37**

3.3. Composição Corporal _____ **37**

3.4. Teste de Variabilidade da Frequência Cardíaca _____ **37**

3.5. Análise Espectral da Variabilidade da Frequência Cardíaca_____ **38**

3.6. Teste Ergoespirométrico_____ **41**

3.7. Análise Estatística _____ **43**

4. RESULTADOS _____ **45**

5. DISCUSSÃO _____ **72**

6. CONCLUSÃO _____ **86**

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ **88**

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A baixa capacidade cardiorrespiratória está diretamente associada ao aumento da morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares, tanto em homens, quanto em mulheres, independentemente da presença de outros fatores de risco (Chase et al., 2009; Kodama et al., 2009; Lee et al., 2010; Carnethon et al., 2005).

Nesse sentido, tem sido preconizado o aumento da potência aeróbia por meio da prática regular de exercícios físicos como ferramenta não farmacológica para a prevenção ou tratamento de inúmeras doenças, principalmente as caracterizadas como crônico-degenerativas, como a hipertensão, *diabetes mellitus* e obesidade (American College of Sports Medicine, 2007; American Heart Association, 2008).

Entre as adaptações benéficas induzidas pela melhora da potência aeróbia podemos destacar a menor frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial (PA) em repouso e durante a prática de exercícios físicos submáximos (Shin et al., 1997; Perini et al., 2002), o aumento da fração de ejeção, o aumento do débito cardíaco em exercício, o aumento da angiogênese, a restauração e/ou manutenção da função endotelial (Monteiro e Sobral, 2004; Billman e Kukielka, 2006).

De fato, há evidências convincentes de que níveis de condicionamento cardiorrespiratório entre moderado a alto reduzem os riscos de mortalidade por doenças cardiovasculares ou por outras causas em ambos os gêneros, e este efeito cardioprotetor é independente da idade, etnia, adiposidade ou outras condições de saúde (Blair et al., 1989; Sandvik et al., 1993; Mora et al., 2003; Kokkinos et al., 2008; Lee et al., 2010).

Apesar dessas evidências, as causas da redução da morbidade e mortalidade, promovidas pela prática de exercícios físicos, resultantes do aumento na potência aeróbia, ainda não estão totalmente elucidadas. Entretanto, é comum relacionar a melhora no controle autonômico cardíaco como uma das adaptações responsáveis por essa redução (Sridhar et al., 2010; Gouloupolou et al., 2009).

Por outro lado, muitos estudos clínicos e experimentais, que avaliaram o controle autonômico sob diferentes enfoques, têm mostrado resultados conflitantes quanto à ocorrência de adaptações induzidas pelo exercício físico em relação à modulação autonômica da variabilidade da freqüência cardíaca (Bosquet et al., 2007; Piotrowicz et al., 2009; Sloan et al., 2009; Souza et al., 2009).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é caracterizada por flutuações periódicas em diversas frequências de ocorrência que são moduladas por mecanismos intrínsecos cardíacos, sistemas humorais e, principalmente, por mecanismos neurais envolvendo o sistema nervoso autonômico, decorrente da influência dos componentes simpático e parassimpático sobre o coração (Akselrod et al., 1981; Arai et al., 1989; Yamamoto et al., 1991). Estas flutuações que podem ocorrer batimento a batimento refletem a resposta dinâmica do controle do sistema cardiovascular a uma série de perturbações fisiológicas que ocorrem naturalmente (Akselrod et al., 1985; Stauss, 2003). Nesse sentido, a influência da estimulação ou inibição das fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas se sobrepõe ao ritmo intrínseco do nodo sinoatrial, e uma complexa interação entre essas duas eferências promove oscilações dos

intervalos entre as ondas R-R do eletrocardiograma (ECG), resultando na variabilidade da frequência cardíaca (Task Force, 1996).

Com o advento das técnicas computacionais, diversos métodos foram desenvolvidos e têm sido utilizados para avaliar e quantificar essas flutuações, não só em estudos experimentais, mas também em estudos clínicos envolvendo as mais diversas populações, principalmente, por serem métodos relativamente simples, não invasivos e de aplicação clínica relevante (Akselrod et al., 1981; Lombardi e Maliani, 1992; Task Force, 1996; Pichon et al., 2006).

A obtenção da frequência cardíaca (FC), batimento a batimento, se dá através do simples registro digitalizado do eletrocardiograma convencional em uma frequência de amostragem adequada. Estes registros podem ser de curta duração (5 minutos, por exemplo) ou de longa duração (24h) (Task Force, 1996).

A escolha da forma de análise da VFC deve ser de acordo com a condição fisiológica ou fisiopatológica estudada, e para isso, deve-se considerar o tipo de registro que foi realizado. Desta forma, uma variedade de métodos também foi desenvolvida para quantificar a VFC, que vão desde uma descrição estatística simples a algoritmos matemáticos complexos não lineares. As mais comumente utilizadas são as análises no domínio do tempo e no domínio da frequência (Lombardi, 1997; Task Force, 1996).

A análise no domínio do tempo utiliza dados estatísticos derivados dos intervalos R-R do ECG. Os índices mais comuns deste método são o SDNN, que representa o desvio padrão de todos os intervalos R-R normais, e o RMSSD, que representa a raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais em relação ao valor médio dividido pelo número dos iR-R em um

determinado período, considerado um indicador da modulação vagal cardíaca (Lombardi, 1997; Lombardi et al., 1996; Task Force, 1996).

No domínio da frequência, a análise ocorre através da obtenção do espectro da potência dos componentes oscilatórios presentes nos intervalos R-R consecutivos (tacogramas), decorrentes do registro do ECG convencional, onde vários algoritmos podem ser usados para avaliar o número, frequência e amplitude dos componentes oscilatórios (Task Force, 1996; Pichon et al., 2006, Freeman et al., 2006). Comumente, são adotados a Transformada Rápida de Fourier (FFT), método não paramétrico, e o modelo autorregressivo (paramétrico). As vantagens do método da FFT são a simplicidade dos algoritmos utilizados e a alta velocidade de processamento, enquanto que a vantagem do modelo autorregressivo é que os componentes espectrais podem ser distinguidos independentemente das bandas de frequência pré-selecionadas, e consequentemente, permite uma estimativa mais precisa da densidade da potência espectral com o cálculo automático dos componentes oscilatórios de altas e baixas frequências (Task Force, 1996; Pichon et al., 2006).

Todos os métodos citados acima têm sido utilizados para investigar a VFC em diversas condições, por exemplo, durante o repouso (Gilder & Ramsbotton, 2008), após bloqueio autonômico farmacológico (Akselrod et al., 1981; Akselrod et al., 1985); estresse ortostático (Grant et al., 2009; Gilder & Ramsbotton, 2008; Pichon et al., 2006), antes, durante e após a realização de exercícios físicos (Mendonça et al., 2010; Arai et al., 1989; Chen et al., 2009).

Em relação à análise no domínio da frequência, os componentes espectrais são classificados de acordo com sua frequência de ocorrência em três bandas principais: oscilações de muito baixa frequência (VLF < 0.04 Hz), supostamente

afetadas pela termorregulação e sistemas humorais, como o sistema renina-angiotensina-aldosterona (Aoki et al., 2001; Overton et al., 2001; Porter & Rivkees, 2001; Braga et al., 2002); oscilações de baixa frequência (LF: 0.04-0.15 Hz), influenciadas pelos componentes simpático e parassimpático; e oscilações de alta frequência (HF: 0.15-0.5 Hz), que traduzem a influência do sistema nervoso parassimpático, que coincide com o ritmo respiratório (Malliani et al., 1991; Rubini et al., 1993, Lombardi et al., 1996; Task Force, 1996).

As potências das oscilações de LF e HF podem ser apresentadas tanto em unidades absolutas (ms^2) quanto em unidades normalizadas (nu), obtidas pelo cálculo da porcentagem da variabilidade de LF e de HF considerando-se a potência total, após a subtração do componente de muito baixa frequência (VLF) (frequências < 0.04Hz). O procedimento de normalização tende a minimizar o efeito da mudança na potência total sobre os valores absolutos da variabilidade dos componentes LF e HF (Malliani et al., 1991; Rubini et al., 1993; Task Force, 1996). Adicionalmente, a razão de LF/HF, também é frequentemente calculada a fim de se estabelecer um índice para o balanço da modulação autonômica cardíaca.

De fato, diversos estudos apontam que a redução na VFC está associada à disfunção do sistema nervoso autonômico e representa um marcador independente de risco aumentado de eventos cardíacos e morte súbita, principalmente em portadores de doenças crônico-degenerativas (Figueroa et al., 2007; Malpas & Maling, 1990). Os mecanismos dessa disfunção se baseiam, em muitos casos, em prejuízos nos mecanismos fisiológicos e adaptativos regulatórios autonômicos, resultando na redução da variabilidade da freqüência cardíaca, predispondo o indivíduo a desenvolver intolerância às perturbações,

como um evento isquêmico ou distúrbios rítmicos (Freeman et al., 2006; La Rovere et al., 2003).

Nesse sentido, foi demonstrado que doenças como a hipertensão, insuficiência cardíaca, diabetes e obesidade promovem, entre outros desajustes, um prejuízo na modulação autonômica cardíaca provocada pelo desequilíbrio do balanço simpato-vagal (Bray, 1991; Matsumoto et al., 1999; Desai et al., 2011).

Por outro lado, o exercício físico aeróbio também tem como benefícios, ao curto prazo, a melhora do balanço autonômico modulatório cardíaco nestas populações clínicas (Davy & Orr, 2009; Figueroa et al., 2007; Amano et al., 2001; Piotrowicz et al., 2009). Nestes casos, os benefícios do exercício físico aeróbio sobre o controle autonômico cardíaco já foram bem documentados, tanto por meio de estudos experimentais, quanto por meio de estudos clínicos (Carter et al., 2003; Souza et al., 2009; Collier et al., 2009). Em relação aos estudos clínicos, uma investigação que comparou os efeitos do treinamento aeróbio e de alta resistência sobre o controle autonômico cardíaco mostrou que apenas a prática de exercícios aeróbios reduzia a FC de repouso e aumentava as oscilações de HF da VFC (Fagard & Cornelissen, 2007; Figueroa et al., 2007; Colier et al., 2009; Goulopoulou et al., 2010).

Embora os benefícios da prática de exercício físico regular sobre a modulação autonômica cardíaca tenha sido amplamente discutido na literatura em indivíduos portadores de doenças crônico-degenerativas (Kanaley et al., 2009; Figueroa et al., 2007; Goulopoulou et al., 2010; Piotrowics et al., 2009), os resultados parecem contraditórios quando estas adaptações se referem a indivíduos saudáveis.

Deste modo, tem sido objeto de discussão se a melhora na potência aeróbia em indivíduos saudáveis também proporciona ajustes benéficos no controle autonômico cardíaco, principalmente em relação à modulação da VFC. Nesse sentido, muitos trabalhos relacionaram o grau de condicionamento físico e estado de saúde do sujeito com a melhor função autonômica cardíaca, sugerindo a hipótese de que atletas de alta performance apresentariam melhor modulação autonômica que indivíduos sedentários ou praticantes de atividades físicas por lazer e/ou saúde (Albert et al., 2003; Hautala et al., 2003; Tulppo et al., 1998; Dixon et al., 1992). Outro motivo de discussão é se as possíveis adaptações autonômicas sobre a modulação autonômica da VFC, induzidas pelo exercício físico, são compartilhadas entre os gêneros (Shin et al., 1997; Tulppo et al., 1998; Figueroa et al., 2006; Goulopolou et al., 2009; Piotrowicz et al., 2009; Sloan et al., 2009).

Partindo deste pressuposto, foi demonstrado que homens atletas de alto rendimento apresentavam maior VFC que homens sedentários (Dixon et al., 1992; Albert et al., 2003). De forma similar, foi demonstrado que o treinamento físico de moderado e de alto volume aumentava a VFC em homens saudáveis, evidenciado pela elevação nas oscilações de HF e diminuição nas oscilações de LF (Hautala et al., 2003; Tulppo et al., 2003). No entanto, estudo com homens atletas ciclistas e sedentários não encontrou associação entre a VFC e capacidade aeróbia (Martinelli et al., 2005).

Por sua vez, estudos em mulheres que avaliaram a VFC e a capacidade aeróbia mostraram que atletas de endurance e mulheres engajadas em atividade física de alto volume apresentavam maiores níveis da modulação parassimpática cardíaca que as sedentárias ou mulheres com baixo volume de atividade física

(Midleton & De Vito, 2005; Gilder & Ramsbotton, 2008). Entretanto, quando houve mistura dos gêneros nas investigações, não foi encontrado nenhum efeito favorável do condicionamento físico sobre a modulação autonômica da VFC (Perini et al., 2002; Bosquet et al., 2007).

Em relação à comparação entre os gêneros, pouco se encontra dados na literatura, entretanto, entretanto, um estudo que comparou adolescentes de ambos os gêneros e de vários graus de condicionamento físico aeróbio não encontrou diferenças na VFC entre homens e mulheres em nenhum dos grupos estudados (Brunetto et al., 2005). Esta semelhança de resultados pode estar associada à faixa etária estudada. Por outro lado, estudo mais recente abordou o efeito de 12 semanas de treinamento aeróbio ou de força sobre a modulação autonômica cardíaca em uma população de faixa etária entre 18 e 45 anos. Quando os dois gêneros foram comparados os resultados mostraram que somente os homens apresentaram aumento nas oscilações de HF, e somente para o exercício aeróbio (Sloan et al., 2009).

De fato, existem muitas discrepâncias em relação aos efeitos do treinamento físico aeróbio sobre a modulação autonômica cardíaca em indivíduos saudáveis. Portanto, nossa hipótese é que homens e mulheres apresentam diferentes padrões modulatórios quando sedentários, e que o treinamento físico aeróbio interfere nesses padrões de forma diferente.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

O presente estudo teve por objetivo; comparar em voluntários saudáveis, o efeito do condicionamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca e suas possíveis diferenças quando comparados os gêneros em semelhantes condições fisiológicas, utilizando a análise espectral em duas diferentes situações:

a. Avaliação da modulação autonômica da VFC na posição supina (em repouso) em voluntários classificados por gênero e por diferentes níveis de condicionamento físico; baixa performance; média performance; e alta performance.

b. Avaliação da modulação autonômica da VFC frente ao teste de estresse ortostático (tilt test), em todos os voluntários classificados por gênero e por diferentes níveis de condicionamento físico; baixa performance; média performance; e alta performance.

MATERIAL E MÉTODOS

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Participantes

Noventa e seis voluntários saudáveis, com idade entre 18 e 45 anos (48 homens e 48 mulheres), participaram deste estudo. De acordo com a resposta do consumo de O_2, os voluntários (homens e mulheres) foram divididos em três grupos separados por gênero com 16 voluntários em cada grupo: BP, Baixa performance (VO_2: 22-38 ml kg^{-1} min^{-1}), MP, Média Performance (VO_2: 38-48 ml kg^{-1} min^{-1}) e AP, Alta Performance (VO_2: > 48 ml kg^{-1} min^{-1}) em modalidades esportivas de predomínio aeróbio (atletas de atletismo de provas de fundo).

Os voluntários foram triados e os dados coletados no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil. Foram impedidos de participar do estudo os voluntários que apresentavam qualquer distúrbio musculoesquelético, metabólico ou doença que comprometesse a realização e os resultados dos testes realizados. Também foram excluídos tabagistas, voluntários com índice de massa corporal (IMC) >25 kg/m^2 e/ou que faziam uso de fármacos que interferisse na função autonômica cardíaca. Os voluntários foram informados 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.

Imediatamente após uma minuciosa anamnese e medição da pressão arterial em repouso, os voluntários foram submetidos ao teste de análise da VFC na posição supina e ao tilt test em mesa ortostática elétrica. No segundo dia, os

voluntários foram submetidos ao teste ergoespirométrico para classificação em relação à performance física aeróbia.

3.2. Modelo experimental

Como descrito acima, todos os dados foram coletados para cada voluntário em duas visitas ao laboratório, no horário fixado entre 08:00 e 10:00h da manhã. Primeiramente, foi realizado o teste da VFC, e no dia seguinte, o exame ergoespirométrico e demais testes. Os voluntários foram instruídos previamente a permanecerem 24h sem exercerem esforço físico extenuante e sem consumir alimentos com cafeína ou bebidas alcoólicas, além da recomendação para dormirem entre 7h e 8h consecutivas na noite anterior aos testes.

3.3. Composição corporal

O peso corporal e a estatura foram obtidos por meio de uma balança analógica com altímetro (*Welmy*) e o índice de massa corporal (IMC) através do cálculo do peso corporal em quilogramas divido pela altura em metros ao quadrado (kg/m^2). A composição corporal foi realizada por meio de Bioimpedância elétrica (Maltron BF-906).

3.4. Teste da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Para avaliar a VFC, registros eletrocardiográficos foram realizados através da derivação MC5 modificada e freqüência de amostragem de 1000Hz, utilizando-se eletrodos descartáveis (3M, S2332) com interface para o sistema de aquisição de dados (Adinstruments Inc., ML866/P, Austrália). A temperatura (21^0C) e iluminação do ambiente foram controladas, e não houve qualquer barulho ou

ruído que prejudicasse o registro. Também foi colocado um sensor de expansão torácica e abdominal para registro da frequência respiratória. Após o voluntário assumir a posição supina em uma maca ortostática e permanecer nesta posição por 20 min para registro basal, foi realizado o teste de inclinação (tilt test), ou seja, o voluntário foi colocado passivamente na posição ortostática com a maca inclinada a 75° (Montano et al., 1994), por mais 10 min. 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.

3.5. Análise Espectral da VFC

A análise espectral da VFC foi conduzida empregando-se o modelo autorregressivo a partir dos registros batimento a batimento (tacogramas), de acordo com os intervalos R-R (iRR) do ECG, através da medida do tempo entre as ondas R adjacentes, durante os últimos 10 minutos do registro basal e durante o tilt teste. As séries temporais foram divididas em segmentos contínuos de 200 batimentos sobrepostos com 100 batimentos da série anterior. Os componentes oscilatórios presentes nos segmentos estacionários foram calculados baseados nos recursos de Levinson-Durbin, de acordo com os critérios de Akaike's (Malliani et al., 1991). Esse procedimento permite uma quantificação automática da frequência central e da influência de cada componente oscilatório relevante presente nas séries dos intervalos. Os componentes oscilatórios no domínio da frequência foram classificados como baixa frequência (LF), oscilações entre 0.04–0.15Hz e alta frequência (HF), oscilações entre 0.15–0.5Hz (Task Force, 1996). Ambos esses valores foram expressos também em unidades normalizadas (nu), obtida pelo cálculo entre a razão de potência absoluta (ms^2) de LF ou HF pela

potência total subtraindo-se o componente de muito baixa frequência (VLF, frequências < 0.04Hz) multiplicado por 100. O procedimento de normalização tende a minimizar o efeito da mudança na potência total nos valores absolutos na variabilidade dos componentes LF e HF (Malliani et al., 1991; Rubini et al., 1993; Task Force, 1996).

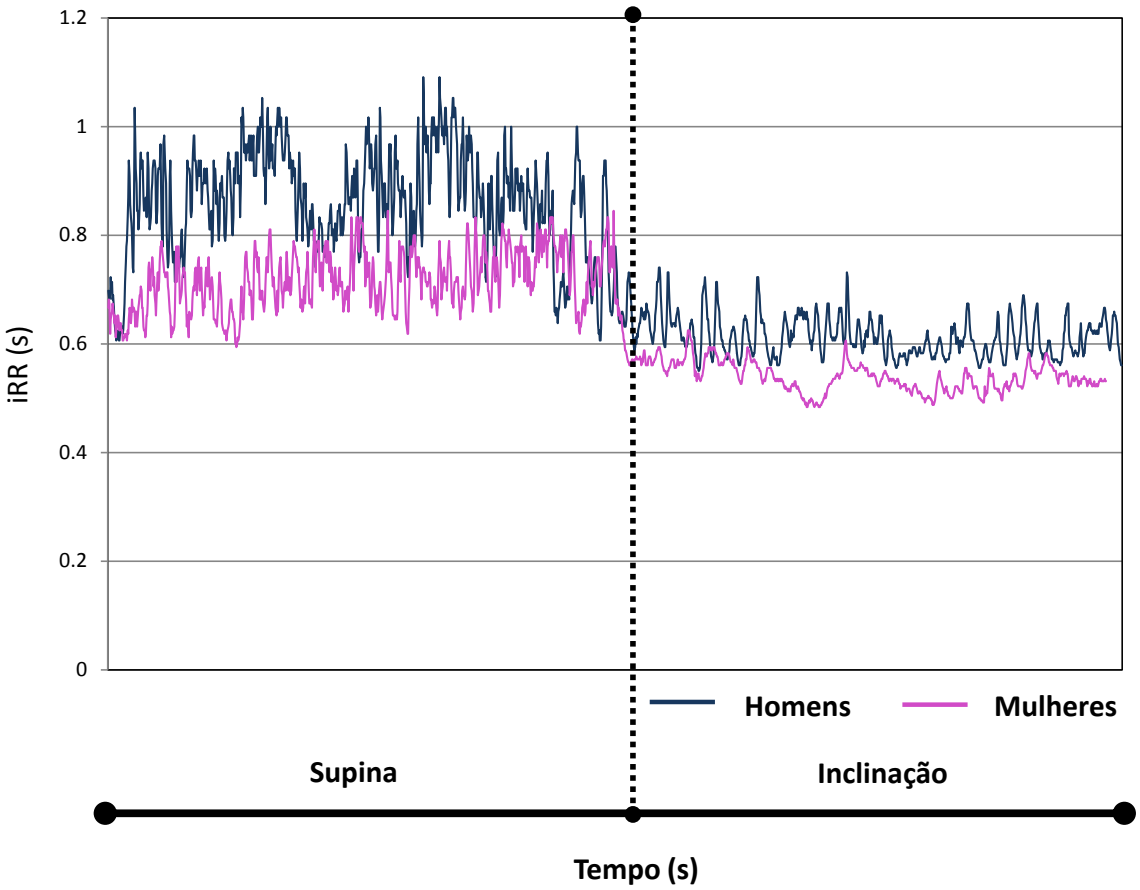

Figura 1. Traçado representativo das séries temporais obtidas dos intervalos entre as ondas R-R adjacentes (iRR) dos voluntários do grupo de baixa performance em dois momentos, posição supina e tilt test.

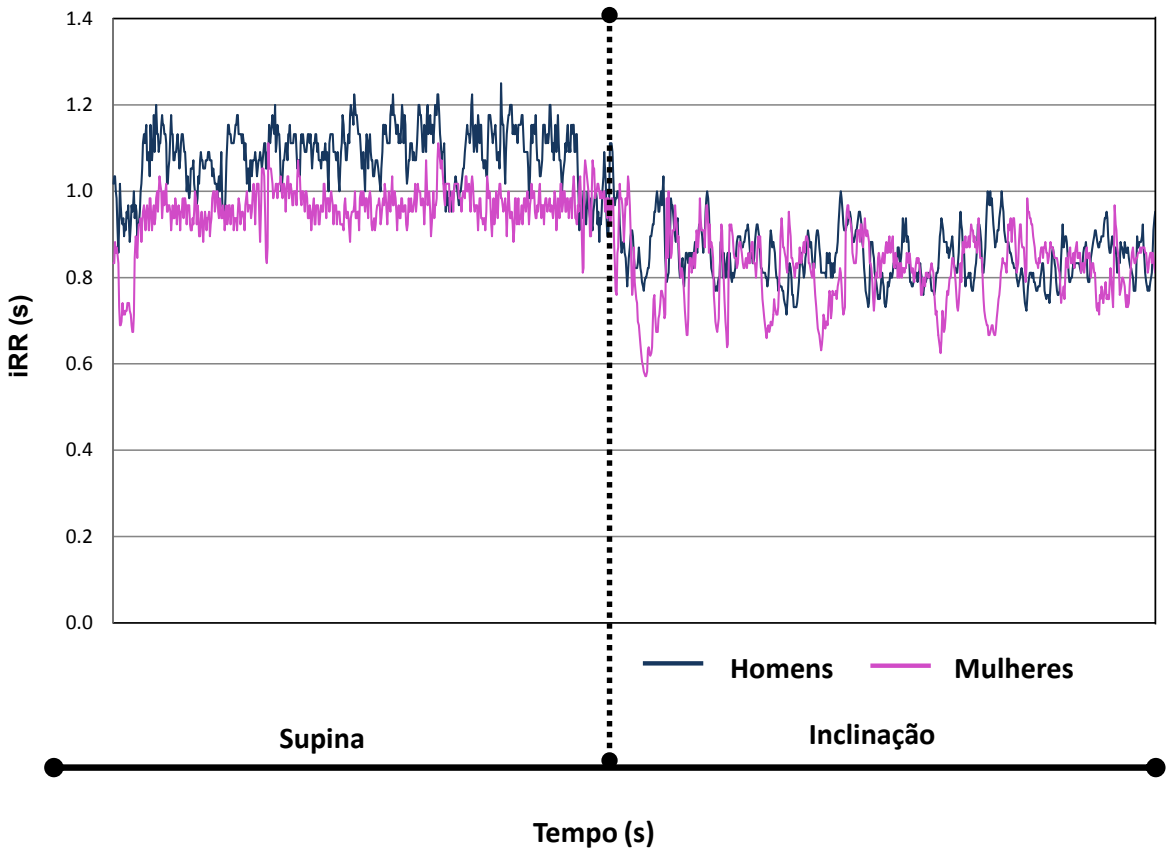

Figura 2. Traçado representativo das séries temporais obtidas dos intervalos entre as ondas R-R adjacentes (iRR) dos voluntários do grupo de média performance em dois momentos, posição supina e tilt test.

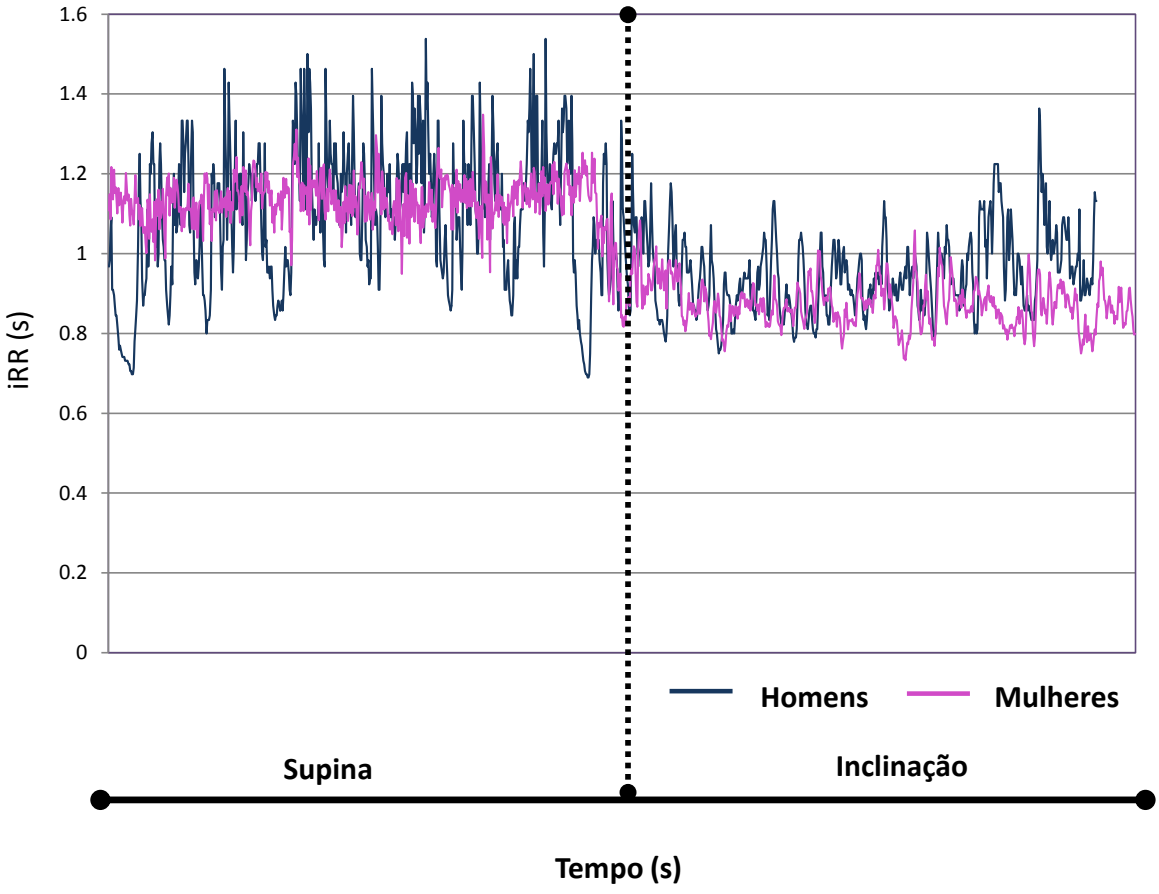

Figura 3. Traçado representativo das séries temporais obtidas dos intervalos entre as ondas R-R adjacentes (iRR) dos voluntários do grupo de alta performance em dois momentos, posição supina e tilt test.

3.6. Teste Ergoespirométrico

O teste ergoespirométrico foi realizado em esteira ergométrica (Super ATL millenium, Inbrasport) com aumento gradual de inclinação e velocidade de acordo com o protocolo Ellestad até a exaustão e a análise de gases expirados foi monitorado por um analisador metabólico (ADInstruments Inc.) 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}).

A atividade elétrica cardíaca foi monitorada através do eletrocardiograma (ECG) de nove derivações (MC5, DI, DII, V1-V6) com o auxílio do frequencímetro (Polar S810i, Finlândia) durante todo o teste.

Amostras sanguíneas de sangue foram coletadas do dedo médio para dosagem de lactato periférico (Accutrend Lactate) durante o repouso (basal), no VO_{2pico} e na recuperação após o teste (6 min). Durante a realização do teste foi utilizada a escala de percepção de esforço de Borg (1998) modificada para avaliar o grau de fadiga subjetivo dos voluntários.

Figura 4. Teste ergoespirométrico

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 gêneros em cada grupo, foi utilizado o teste "*t*" de *Student* para medidas independentes, seguido do pós-teste *Mann-Whitney* quando necessário. As comparações entre os grupos foram realizadas utilizando-se o teste ANOVA *one way*, seguido do pós-teste de *Tukey* quando necessário. Foram consideradas como diferenças significativas quando o *p* era menor que 5% ($P<0.05$).

RESULTADOS

4. RESULTADOS

Características antropométricas e parâmetros hemodinâmicos

As características antropométricas dos voluntários e os parâmetros hemodinâmicos estão apresentados na Tabela I. Os grupos de homens eram mais altos, tinham o IMC mais elevado, e apresentaram os menores valores de percentual de gordura corporal em relação aos grupos de mulheres, independentemente do nível de condicionamento físico aeróbio. Entretanto, os grupos de AP de ambos os gêneros apresentaram menores valores da porcentagem de gordura corporal em relação aos demais grupos, ou seja, de baixa e de média performances. O VO_{2pico} apresentou valores crescentes e significativamente diferentes quando os gêneros foram comparados isoladamente. Por sua vez, a comparação entre os gêneros em cada faixa de condicionamento físico aeróbio (baixa, média e alta performance), mostrou que os grupos de homens de MP e AP apresentaram os maiores valores.

Com relação aos parâmetros hemodinâmicos, tanto os homens quanto as mulheres, apresentaram diferentes valores da FC basal entre seus respectivos grupos. Neste caso, os grupos de AP apresentaram os menores valores, enquanto que os grupos de BP apresentaram os menores valores. No entanto, a FC basal era semelhante quando os gêneros foram comparados em cada faixa de performance aeróbia. Quanto à PA, observamos uma relação inversa com a capacidade cardiorrespiratória, ou seja, a pressão arterial sistólica (PAS), a pressão arterial diastólica (PAD) e a pressão arterial média (PAM) eram significativamente reduzidas quanto maior o condicionamento físico aeróbio. Além disso, quando os gêneros foram comparados os grupos de mulheres apresentaram os menores valores para todos os parâmetros pressóricos.

Tabela 1. Características dos voluntários e valores hemodinâmicos.

	BP			MP			AP				
	Homens	**Mulheres**	***p***	**Homens**	**Mulheres**	***p***	**Homens**	**Mulheres**	***p***	***p'***	***p"***
Características											
Idade, anos	27 ± 1	27 ± 1	***.797***	27 ± 1	27 ± 2	***.575***	32 ± 2	32 ± 2	***.898***	***.124***	***.087***
Estatura, m	1.77 ± 0.02	1.66 ± 0.01	***.001***	1.76 ± 0.01	1.65 ± 0.01	***.001***	1.75 ± 0.02	1.61 ± 0.02	***.001***	***.712***	***.052***
Peso, kg	73 ± 2	61 ± 1	***.001***	73 ± 2	61 ± 1	***.001***	72 ± 2	54 ± 2 [a b]	***.001***	***.619***	***.005***
IMC, kg/m^2	23.3 ± 0.3	21.9 ± 0.5	***.014***	23.5 ± 0.3	22.4 ± 0.4	***.013***	23.3 ± 0.5	20.8 ± 0.4	***.001***	***.621***	***.061***
% Gordura	17 ± 0.3	22 ± 0.2	***.001***	13 ±0.3 [a]	14 ± 0.3 [a]	***.038***	10 ± 0.2 [a b]	12 ± 0.4 [a b]	***.001***	***.001***	***.001***
VO_{2pico}, ml.kg^{-1}.min^{-1}	31.7 ± 0.7	30.4 ± 0.6	***.183***	43.4 ± 0.5 [a]	41.8 ± 0.8 [a]	***.036***	62.1 ± 1 [a b]	54.7 ± 2 [a b]	***.001***	***.001***	***.001***
Valores Hemodinâmicos											
FC, bpm	81 ± 3	81 ± 3	***.954***	65 ± 2 [a]	68 ± 2 [a]	***.169***	52 ± 2 [a b]	55 ± 2 [a b]	***.423***	***.001***	***.001***
PAS, mmHg	120 ± 3	111 ± 2	***.017***	114 ± 2 [a]	107 ± 2 [a]	***.004***	109 ± 3 [a b]	100 ± 2 [a b]	***.040***	***.008***	***.003***
PAD, mmHg	76 ± 3	67 ± 2	***.008***	68 ± 1 [a]	65 ± 3	***.140***	65 ± 3 [a]	58 ± 2 [a b]	***.064***	***.012***	***.034***
PAM, mmHg	93 ± 2	84 ± 2	***.007***	86 ± 2 [a]	82 ± 2	***.021***	83 ± 3 [a]	75 ± 2 [a b]	***.042***	***.005***	***.007***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. Comparação entre os gêneros (*p*); comparação intergrupos de homens (*p'*) e comparação intergrupos de mulheres (*p''*). [a] P<0.05 *vs.* grupo de BP, [b] P<0.05 *vs.* grupo de MP. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance.

Respostas do lactato sanguíneo

A figura 5 e a tabela 2 apresentam as repostas do lactato sanguíneo ao teste ergoespirométrico dos voluntários dos grupos de BP, MP e AP nos momentos basal ($lactato_{basal}$), pico ($lactato_{pico}$) e recuperação ($lactato_{rec\ 6'}$) após 6 minutos do término do teste ergoespirométrico.

Em relação aos homens, não houve diferenças significativas nos valores do $lactato_{basal}$ entre os grupos. Por sua vez, o grupo de AP apresentou maiores valores do $lactato_{pico}$ somente quando comparado ao grupo de BP. Por outro lado, o $lactato_{rec\ 6'}$, diferiu entre todos os grupos, apresentando valores decrescentes em relação à performance aeróbia. Em relação às mulheres, também não observamos diferenças significativas no $lactato_{basal}$ entre os grupos. Entretanto, observamos que os valores do $lactato_{pico}$ dos grupos de MP e AP eram significativamente superiores aos valores do grupo de BP, enquanto que os valores do $lactato_{rec\ 6'}$ do grupo AP eram inferiores aos grupos de BP e MP.

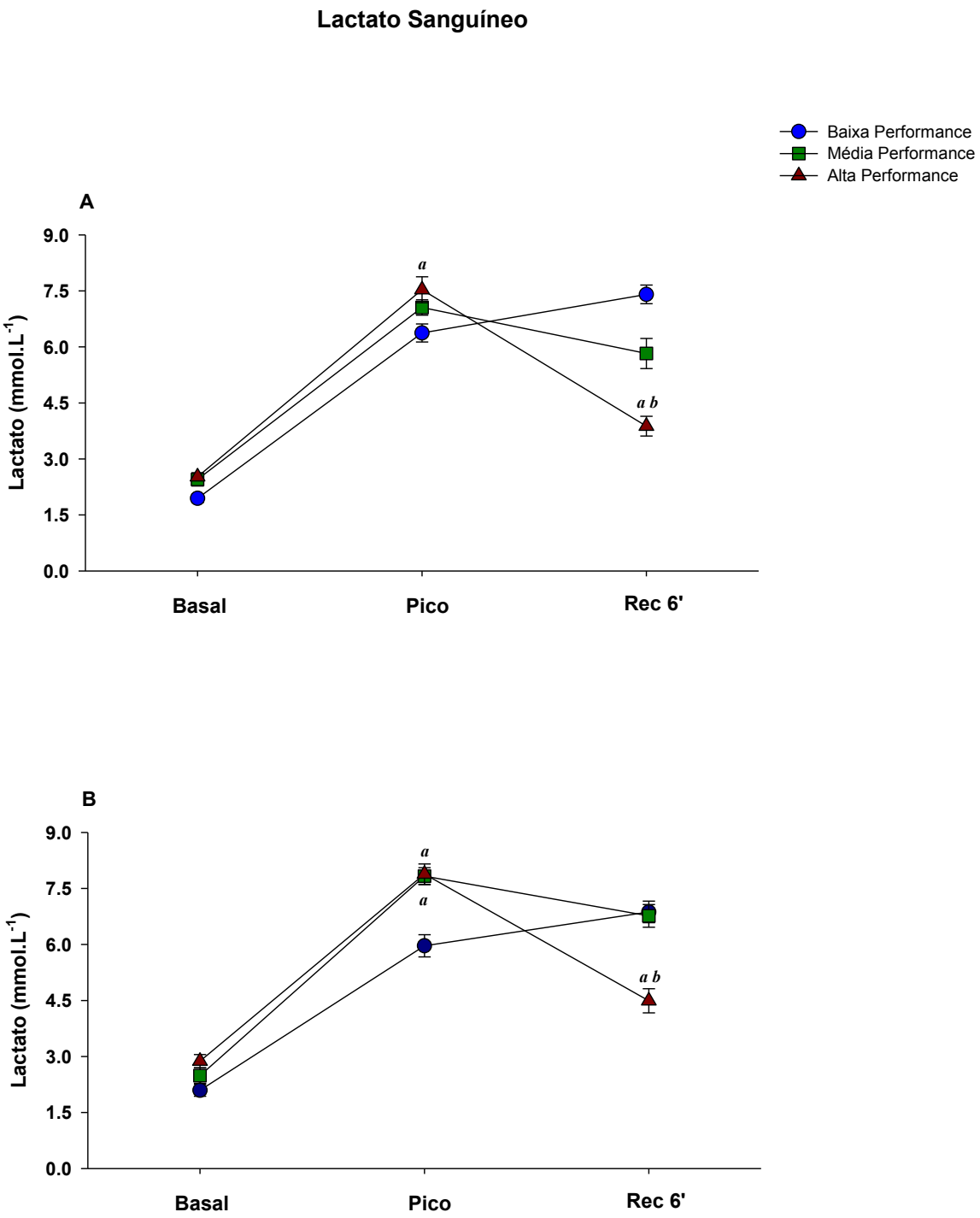

Figura 5. Valores do lactato sanguíneo dos grupos de homens (A) e mulheres (B) obtidos durante o teste ergoespirométrico em três momentos distintos: durante o VO_2 basal ($lactato_{basal}$); no VO_2 pico ($lactato_{pico}$); e após 6 min de recuperação ($lactato_{rec\ 6'}$). [a] P<0.05 vs. Grupo BP; [b] P< 0.05 vs. Grupo MP. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance.

Tabela 2. Valores do lactato sanguíneo dos grupos de homens e mulheres obtidos durante o teste ergoespirométrico em três momentos distintos: durante o VO_2 basal ($lactato_{basal}$); no VO_2 pico ($lactato_{pico}$); e após 6 min de recuperação ($lactato_{rec\ 6'}$).

	BP		*p*	MP		*p*	AP		*p*	*p'*	*p''*
	Homens	Mulheres		Homens	Mulheres		Homens	Mulheres			
Lactato, mmol.L^{-1}											
Basal	1.9 ± 0.1	2.1 ± 0.2	***.454***	2.4 ± 0.2	2.5 ± 0.2	***.897***	2.5 ± 0.1	2.7 ± 0.2	***.093***	***.142***	***.181***
Pico	6.4 ± 0.2	6.0 ± 0.3	***.293***	7.1 ± 0.2	7.8 ± 0.2 [a]	***.020***	7.5 ± 0.4 [a]	7.9 ± 0.3 [a]	***.438***	***.013***	***.001***
Rec 6'	7.4 ± 0.3	6.9 ± 0.3	***.170***	5.8 ± 0.4 [a]	6.8 ± 0.3	***.102***	3.9 ± 0.3 [a b]	4.5 ± 0.3 [a b]	***.153***	***.001***	***.001***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. Comparação entre os gêneros (*p*); comparação intergrupos de homens (*p'*) e comparação intergrupos de mulheres (*p''*). [a] P<0.05 *vs.* grupo de BP, [b] P<0.05 *vs.* grupo de MP. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance.

Análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca – VFC

A figura 6 e a tabela 3 mostram os resultados da análise espectral da VFC na posição supina (registro basal em repouso) nos grupos do gênero masculino. Os resultados não apontaram qualquer diferença nos parâmetros espectrais avaliados.

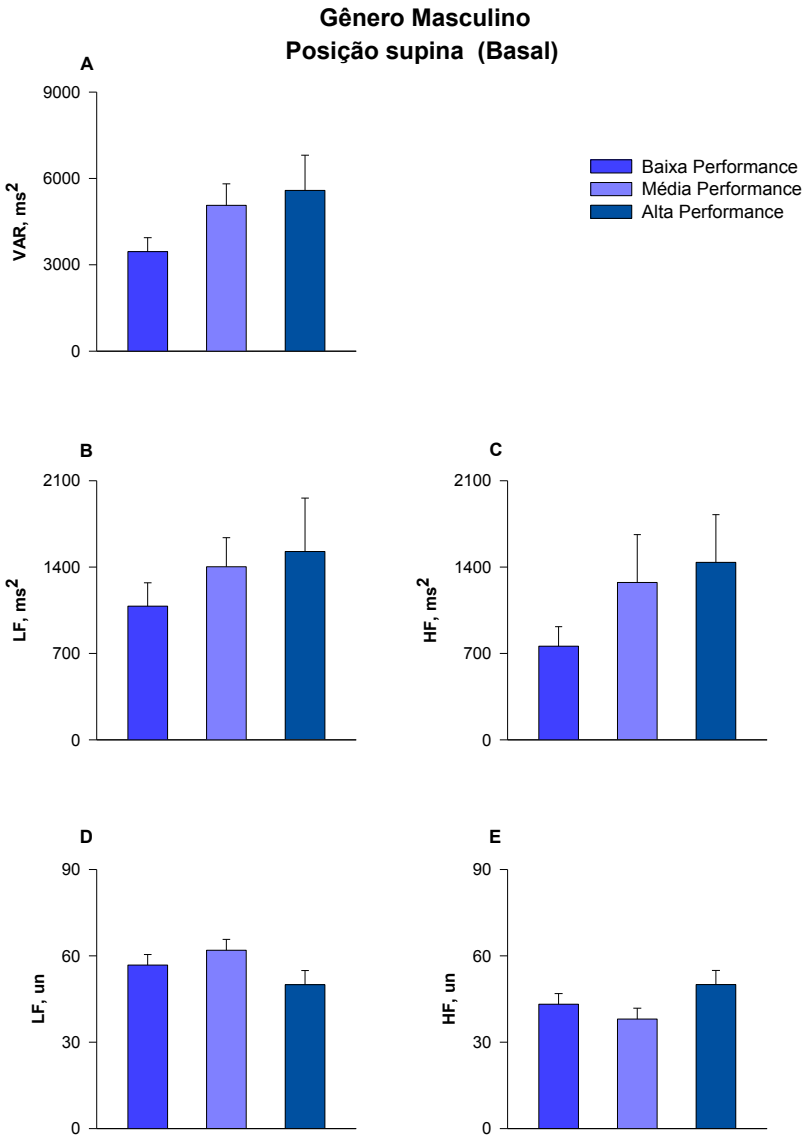

Figura 6. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) obtidos em todos os grupos do gênero masculino.

Tabela 3. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca na posição supina (basal) em todos os grupos do gênero masculino (BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance).

	BP	**MP**	**AP**	***p'***
iRR, ms	926 ± 30	984 ± 28	1126 ± 31 [a b]	***.001***
Variância, ms^2	3567 ± 498	5065 ± 748	5586 ± 1222	***.174***
LF, ms^2	1084 ± 189	1403 ± 235	1526 ± 433	***.528***
HF, ms^2	758 ± 159	1275 ± 388	1438 ± 387	***.362***
LF, nu	57 ± 4	62 ± 4	51 ± 5	***.142***
HF, nu	43 ± 4	38 ± 4	49 ± 5	***.142***
LF/HF	1.8 ± 0.4	2.4 ± 0.4	1.5 ± 0.4	***.108***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. *p'* se refere aos resultados estatísticos da comparação entre todos os grupos estudados. [a] P<0.05 *vs.* grupo de BP, [b] P<0.05 *vs.* grupo de MP.

A figura 7 e a tabela 4 apresentam os resultados da análise espectral da VFC na posição supina (registro basal em repouso) em todos os grupos do gênero feminino. Assim como observado nos grupos de homens, não houve qualquer diferença nos parâmetros espectrais avaliados.

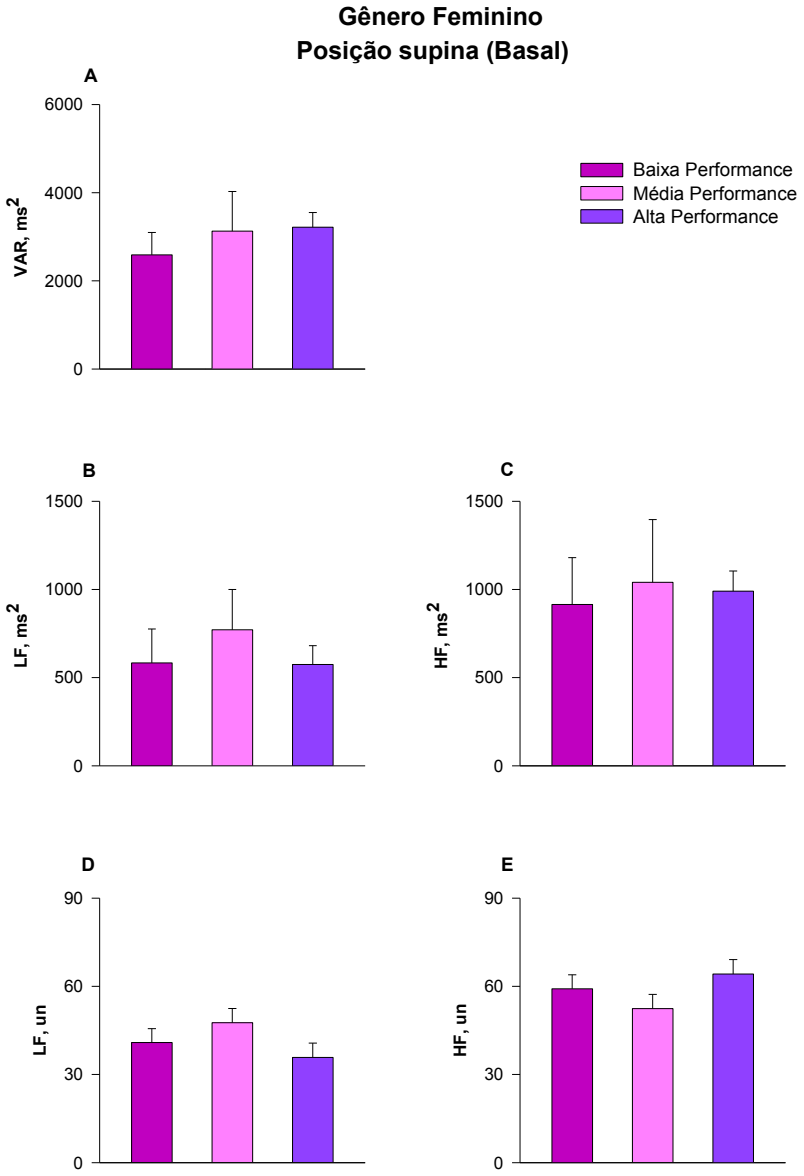

Figura 7. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) obtidos em todos os grupos do gênero feminino.

Tabela 4. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca na posição supina (basal) em todos os grupos do gênero feminino (BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance).

	BP	**MP**	**AP**	***p'***
iRR, ms	852 ± 28	900 ± 34	1176 ± 51 [a b]	***.001***
Variância, ms^2	2590 ± 508	3129 ± 898	3218 ± 332	***.149***
LF, ms^2	583 ± 193	771 ± 228	574 ± 107	***.721***
HF, ms^2	915 ± 265	1041 ± 355	990 ± 114	***.945***
LF, nu	41 ± 5	48 ± 5	36 ± 5	***.270***
HF, nu	59 ± 5	52 ± 5	64 ± 5	***.270***
LF/HF	0.97 ± 0.2	1.2 ± 0.2	0.7 ± 0.2	***.214***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. *p'* se refere aos resultados estatísticos da comparação entre todos os grupos estudados. [a] P<0.05 *vs.* grupo de BP, [b] P<0.05 *vs.* grupo de MP.

As figuras 8, 9 e 10 e a tabela 5 apresentam, respectivamente, os resultados da análise espectral da VFC na posição supina (registro basal em repouso) em mulheres e homens dos grupos de BP, MP e AP. Os resultados mostraram que as mulheres apresentaram menores valores de LF em unidades absolutas e normalizadas, maiores valores de HF em unidades normalizadas, e menores valores da razão LF/HF (Tabela 5), independentemente do nível de condicionamento físico aeróbio.

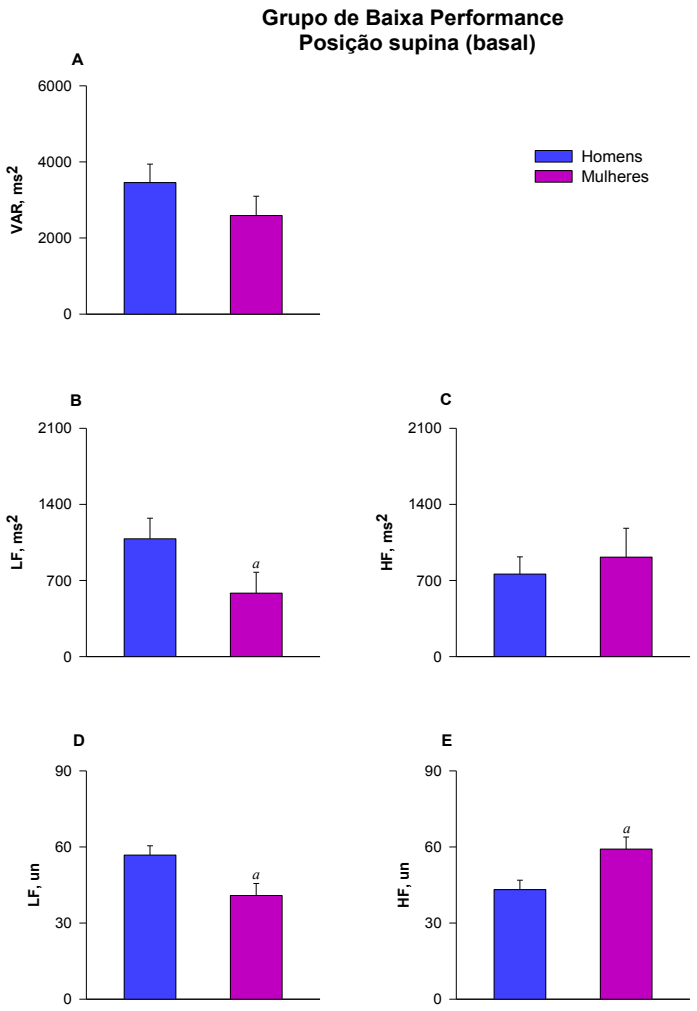

Figura 8. Comparação dos parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) entre os grupos de homens e mulheres de baixa performance. [a] P<0.05 em relação ao grupo de homens.

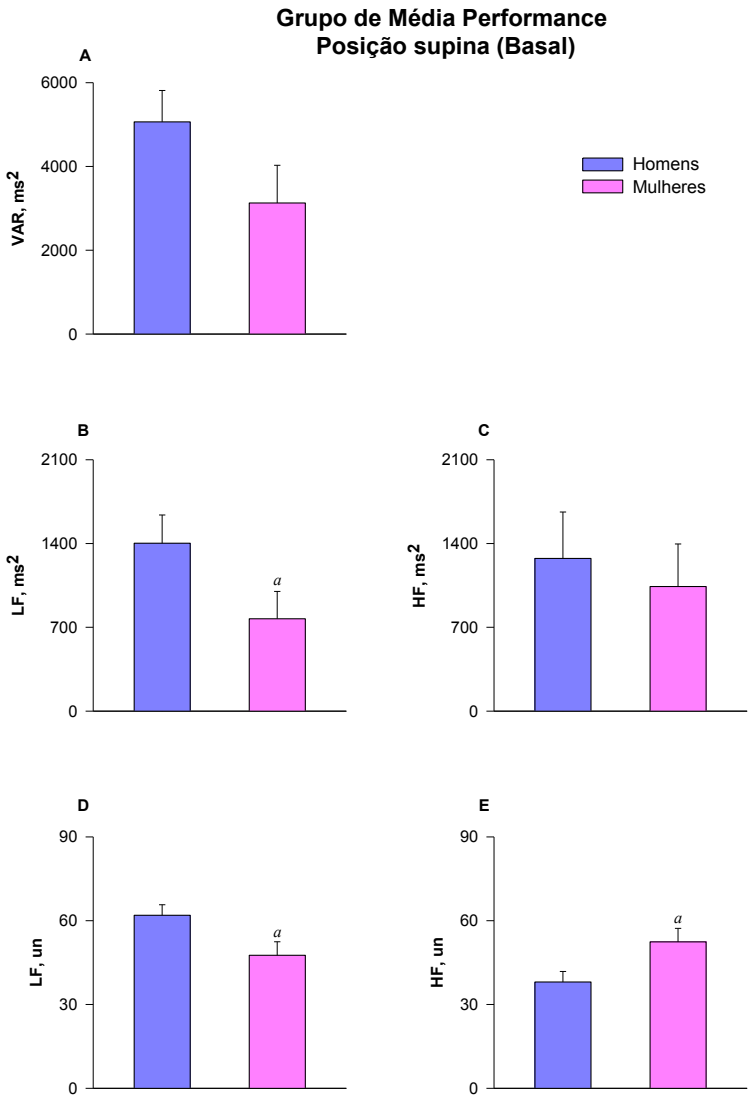

Figura 9. Comparação dos parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) entre os grupos de homens e mulheres de média performance. [a] P<0.05 em relação ao grupo de homens.

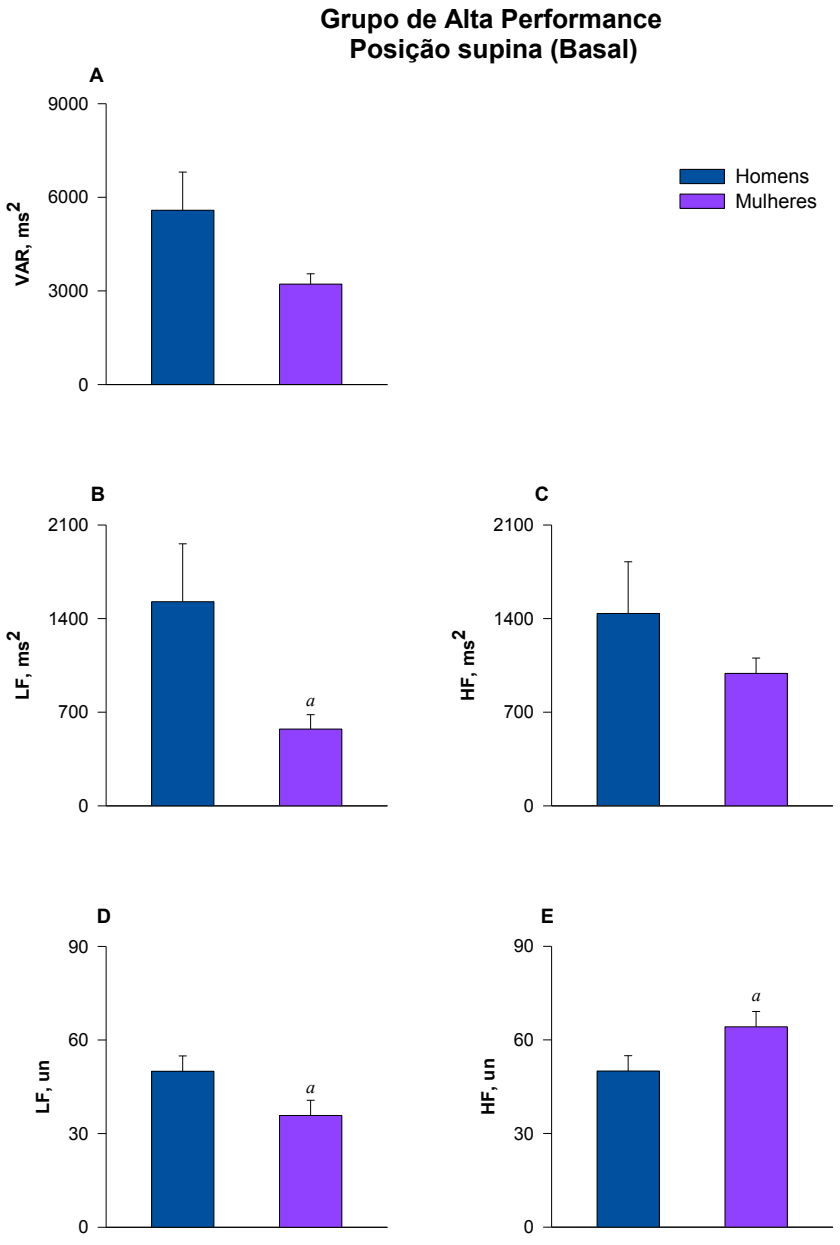

Figura 10. Comparação dos parâmetros espectrais da VFC na posição supina (basal em repouso) entre os gêneros do grupo de alta performance. *P<0.05 comparando com homens.

Tabela 5. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca na posição supina (basal) em cada grupo estudado.

	BP		*p*	MP		*p*	AP		*p*
	Homens	**Mulheres**		**Homens**	**Mulheres**		**Homens**	**Mulheres**	
iRR, ms	926 ± 30	852 ± 28	***.081***	984 ± 28	900 ± 34	***.066***	1126 ± 31	1176 ± 51	***.405***
Variância, ms^2	3567 ± 498	2590 ± 508	***.226***	5065 ± 748	3129 ± 898	***.110***	5586 ± 1222	3218 ± 332	***.085***
LF, ms^2	1084 ± 189	583 ± 193 [a]	***.028***	1403 ± 235	771 ± 228 [a]	***.026***	1526 ± 433	574 ± 107 [a]	***.045***
HF, ms^2	758 ± 159	915 ± 265	***.611***	1275 ± 388	1041 ± 355	***.681***	1438 ± 387	990 ± 114	***.295***
LF, nu	57 ± 4	41 ± 5 [a]	***.012***	62 ± 4	48 ± 5 [a]	***.025***	51 ± 5	36 ± 5 [a]	***.048***
HF, nu	43 ± 4	59 ± 5 [a]	***.012***	38 ± 4	52 ± 5 [a]	***.025***	49 ± 5	64 ± 5 [a]	***.048***
LF/HF	1.8 ± 0.3	0.97 ± 0.2 [a]	***.047***	2.4 ± 0.2	1.2 ± 0.2 [a]	***.043***	1.5 ± 0.3	0.7 ± 0.2 [a]	***.044***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. Comparação entre os gêneros (*p*); [a] P<0.05. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance.

A figura 11 e a tabela 6 apresentam os valores dos parâmetros espectrais na posição supina e na posição ortostática, obtidas ao tilt test, em todos os grupos do gênero masculino. A comparação intra-grupo mostra que houve redução na média dos iR-R após a colocação na posição ortostática. Em relação aos parâmetros espectrais, mostra que houve aumento nas oscilações de LF e redução nas oscilações de HF em unidades normalizadas em todos os grupos estudados. Por sua vez, em unidades absolutas, somente os grupos BP e AP apresentaram diferenças, entretanto, somente para as oscilações de HF. Adicionalmente, também mostra que a razão LF/HF aumentou em todos os grupos após a mudança para a posição ortostática. Por outro lado, a comparação intergrupos mostra que não houve alterações em valores percentuais em nenhum dos parâmetros espectrais avaliados.

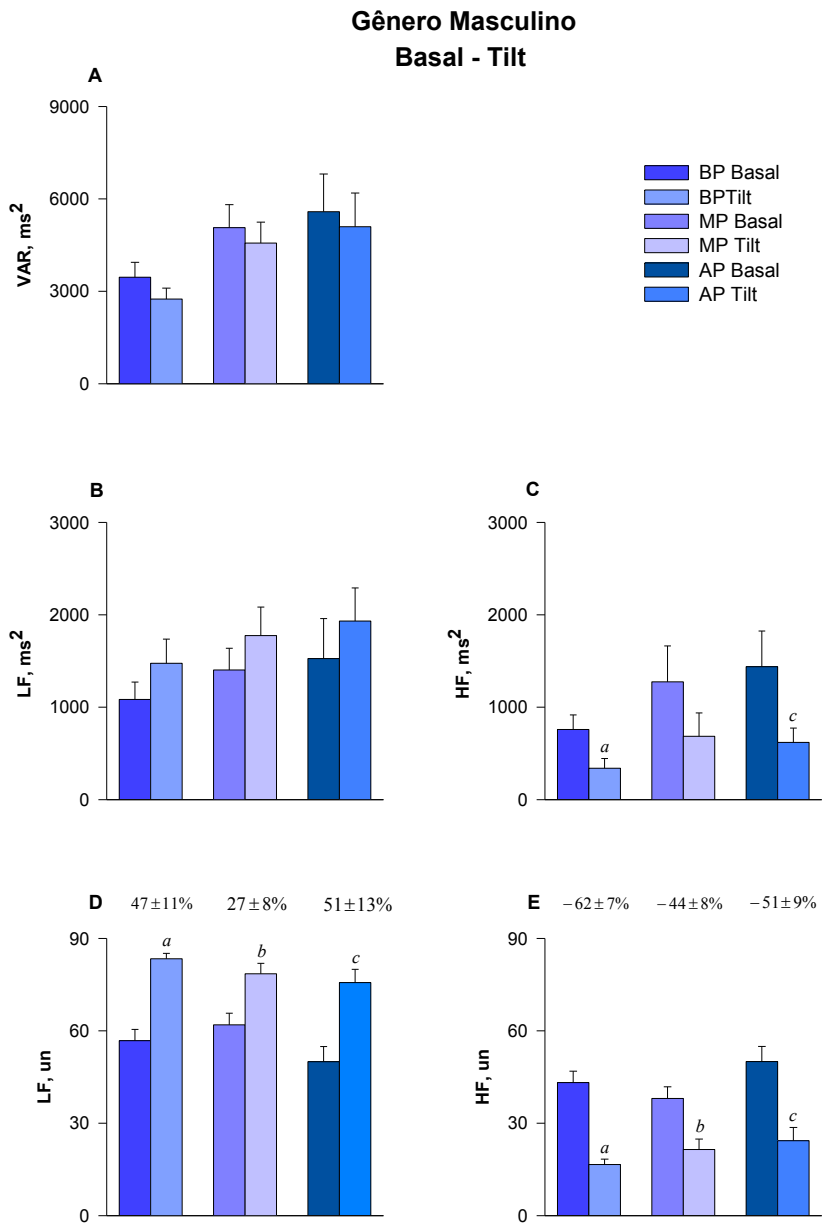

Figura 11. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) nos grupos de BP, MP e AP do gênero masculino. [a] P<0.05 referente ao tilt no grupo BP; [b] P<0.05 referente ao tilt no grupo MP e [c] P<0.05 referente ao tilt no grupo AP. [a'] P<0.05 em comparação ao grupo BP referente a diferença de percentual de alteração. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance.

Tabela 6. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso na posição supina (basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) no gênero masculino em cada grupo estudado.

	BP		MP		AP		*p1*	*p2*
	Basal	**Tilt**	**Basal**	**Tilt**	**Basal**	**Tilt**		
iRR, ms	926 ± 30	766 ± 28	984 ± 28	874 ± 30	1126 ± 31 [a b]	945 ± 43 [a b]	***.001***	***.002***
Variância, ms^2	3567 ± 498	2750 ± 356	5065 ± 748	4568 ± 679	5586 ± 1222	5096 ± 1093	***.174***	***.065***
LF, ms^2	1084 ± 189	1475 ± 262	1403 ± 235	1775 ± 309	1526 ± 433	1932 ± 358	***.528***	***.605***
HF, ms^2	758 ± 159	340 ± 105	1275 ± 388	685 ± 254	1438 ± 387	619 ± 155	***.362***	***.433***
LF, nu	57 ± 4	83 ± 2	62 ± 4	79 ± 3	51 ± 5	76 ± 4	***.142***	***.273***
HF, nu	43 ± 4	17 ± 2	38 ± 4	21 ± 3	49 ± 5	24 ± 4	***.142***	***.273***
LF/HF	1.8 ± 0.4	6.1 ± 0.7	2.4 ± 0.4	6.8 ± 1.2	1.5 ± 0.42	5.3 ± 1.2	***.108***	***.637***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. Comparação entre os valores basal (*p1*); comparação entre os valores de tilt test (*p2*). [a] P<0.05 *vs.* grupo de BP, [b] P<0.05 *vs.* grupo de MP. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance.

A figura 12 e a tabela 7 apresentam os valores dos parâmetros espectrais na posição supina e na posição ortostática, obtidos ao tilt test, em todos os grupos do gênero feminino. A comparação intra-grupo mostra que houve redução na média dos iR-R após a colocação na posição ortostática. Em relação aos parâmetros espectrais, mostra que houve aumento nas oscilações de LF e redução nas oscilações de HF em unidades normalizadas em todos os grupos estudados. Por sua vez, em unidades absolutas, somente os grupos BP e MP apresentaram diferenças, entretanto, somente para as oscilações de HF. Também mostra que a razão LF/HF aumentou em todos os grupos após a mudança para a posição ortostática. Por outro lado, a comparação intergrupos somente mostrou que o grupo de AP apresentou menores variações nas oscilações de HF em unidades absolutas em relação ao grupo de BP.

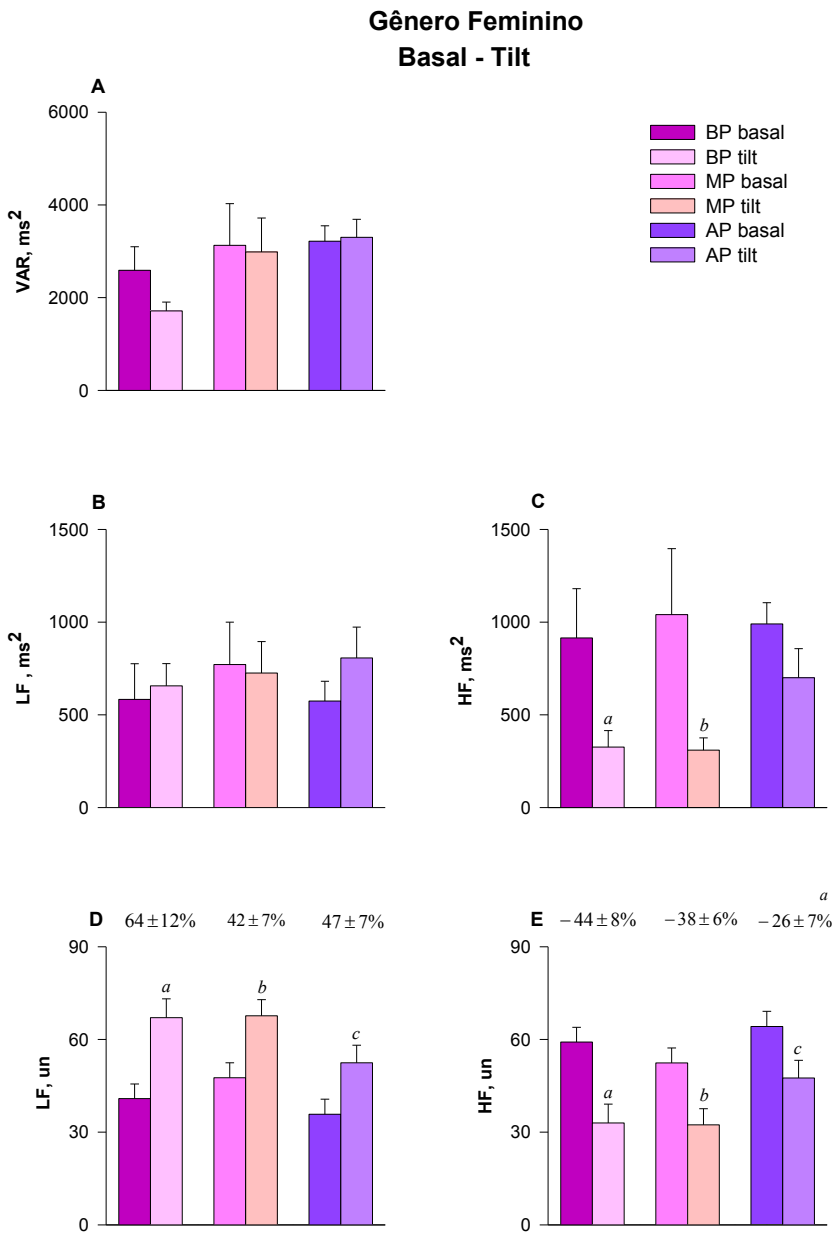

Figura 12. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) nos grupos do gênero feminino. [a] P<0.05 referente ao tilt no grupo BP; [b] P<0.05 referente ao tilt no grupo MP e [c] P<0.05 referente ao tilt no grupo AP. [a'] P<0.05 em comparação ao grupo BP referente a diferença de percentual de alteração. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance.

Tabela 7. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca basal e durante o teste de inclinação (tilt test) no gênero feminino em cada grupo estudado.

	BP		MP		AP		*p1*	*p2*
	Basal	**Tilt**	**Basal**	**Tilt**	**Basal**	**Tilt**		
iRR, ms	852 ± 28	682 ± 24	900 ± 34	777 ± 29	1176 ± 51 [a b]	986 ± 43 [a b]	***.001***	***.001***
Variância, ms^2	2590 ± 508	1713 ± 192	3129 ± 898	2985 ± 733	3218 ± 333	3301 ± 389 [a]	***.740***	***.016***
LF, ms^2	583 ± 193	656 ± 120	771 ± 228	725 ± 169	574 ± 107	807 ± 167	***.721***	***.781***
HF, ms^2	915 ± 265	326 ± 89	1041 ± 355	310 ± 66	990 ± 114	700 ± 157 [a b]	***.945***	***.025***
LF, nu	41 ± 5	67 ± 6	48 ± 5	68 ± 5	36 ± 5	52 ± 6 [a b]	***.270***	***.048***
HF, nu	59 ± 5	33 ± 6	52 ± 5	32 ± 5	64 ± 5	48 ± 6 [a b]	***.270***	***.048***
LF/HF	1.0 ± 0.2	5.1 ± 1.2	1.2 ± 0.2	3.8 ± 1.0	0.7 ± 0.2	1.9 ± 0.8 [a b]	***.328***	***.030***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. Comparação entre os valores basal (*p1*); comparação entre os valores de tilt test (*p2*).
[a] P<0.05 *vs.* grupo de BP, [b] P<0.05 *vs.* grupo de MP. BP= baixa performance; MP= média performance; e AP= alta performance.

Quando os voluntários do grupo de baixa performance separados por gênero foram comparados no teste de inclinação (tilt test), nós observamos que o grupo de mulheres mostrou ser pouco responsiva ao tilt test, evidenciados pelos valores de oscilação de HF em unidades absolutas e normalizadas, e oscilações de LF em unidades absolutas.

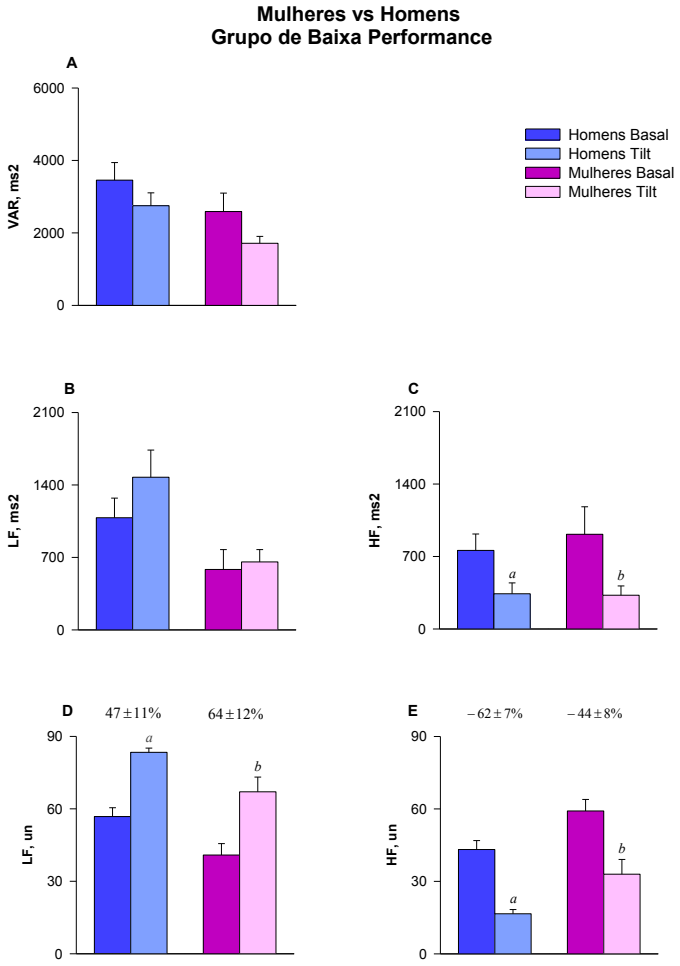

Figura 13. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de baixa performance. [a] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens; [b] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens.

Tabela 8. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso na posição supina (basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de baixa performance.

	Homens		%Δ	*p*	Mulheres		%Δ	*p*
	Basal	**Tilt**			**Basal**	**Tilt**		
iRR	926 ± 30	766 ± 28 $^{\alpha}$	***17***	***.001***	852 ± 28	682 ± 24 $^{\alpha}$	***20***	***.001***
Variância	3567 ± 498	2750 ± 355	***20***	***.248***	2590 ± 508	1713 ± 192	***34***	***.116***
LF, ms^2	1084 ± 189	1475 ± 262	***36***	***.234***	583 ± 193	656 ± 120	***13***	***.749***
HF, ms^2	758 ± 159	340 ± 105 $^{\alpha}$	***55***	***.035***	915 ± 265	326 ± 89 $^{\alpha}$	***64***	***.016***
LF, nu	57 ± 4	83 ± 2 $^{\alpha}$	***47***	***.001***	41 ± 5	67 ± 6 $^{\alpha}$	***64***	***.002***
HF, nu	43 ± 4	17 ± 2 $^{\alpha}$	***62***	***.001***	59 ± 5	33 ± 6 $^{\alpha}$	***44***	***.002***
LF/HF	1.8 ± 0.4	6.1 ± 0.7 $^{\alpha}$	***97***	***.001***	0.97 ± 0.2	5.1 ± 1.2 $^{\alpha}$	***95***	***.003***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. **%Δ**= percentual de alteração. $^{\alpha}$ P<0.05 comparando basal vs. tilt.

A figura 14 e a tabela 9 apresentam os resultados de quando os voluntários do grupo de média performance separados por gênero foram comparados no teste de inclinação (tilt test). Nós observamos respostas semelhantes entre homens e mulheres nos valores das oscilações de LF e HF em unidades absolutas.

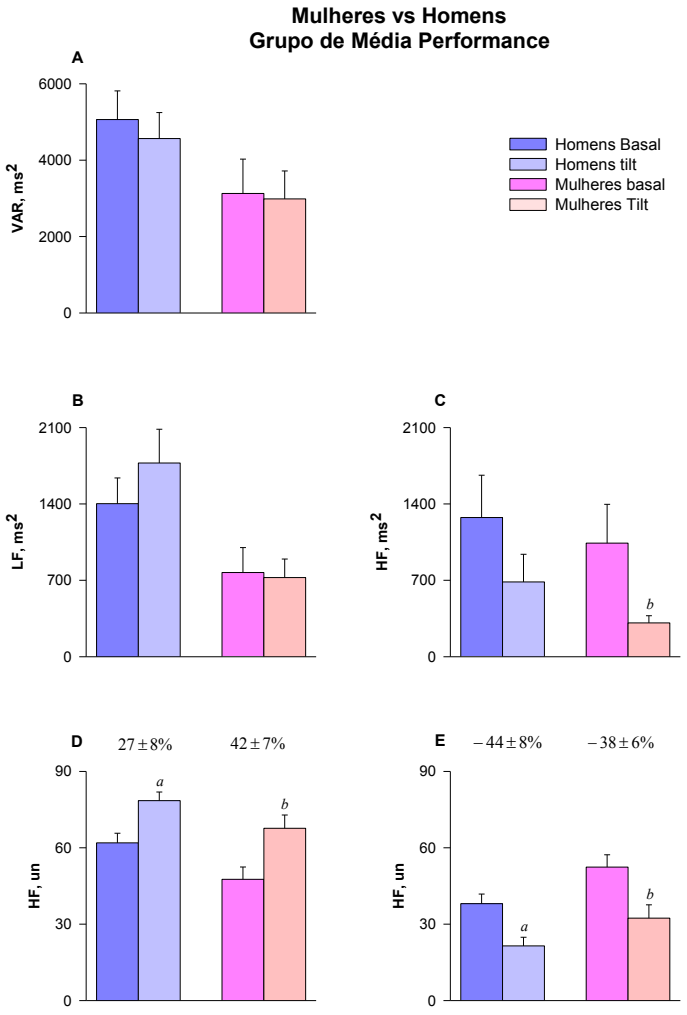

Figura 14. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de média performance. [a] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens; [b] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens.

Tabela 9. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso na posição supina (basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de média performance.

	Homens		%Δ	*p*	Mulheres		%Δ	*p*
	Basal	**Tilt**			**Basal**	**Tilt**		
iRR	984 ± 28	874 ± 30 $^{\alpha}$	***11***	***.005***	900 ± 34	777 ± 29 $^{\alpha}$	***14***	***.010***
Variância	5065 ± 748	4568 ± 679	***10***	***.625***	3129 ± 898	2985 ± 733	***6***	***.902***
LF, ms^2	1403 ± 235	1775 ± 309	***70***	***.344***	771 ± 228	725 ± 169	***6***	***.873***
HF, ms^2	1275 ± 388	685 ± 254	***46***	***.046***	1041 ± 355	310 ± 66	***70***	***.048***
LF, nu	62 ± 4	79 ± 3 $^{\alpha}$	***27***	***.002***	48 ± 5	68 ± 5 $^{\alpha}$	***42***	***.009***
HF, nu	38 ± 4	21 ± 3 $^{\alpha}$	***44***	***.002***	52 ± 5	32 ± 5 $^{\alpha}$	***38***	***.009***
LF/HF	2.4 ± 0.4	6.8 ± 1.2 $^{\alpha}$	***97***	***.001***	1.2 ± 0.2	3.8 ± 1.0 $^{\alpha}$	***97***	***.016***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. **%Δ**= percentual de alteração. $^{\alpha}$ P<0.05 comparando basal vs. tilt.

A figura 15 e a tabela 10 mostram os resultados quando os voluntários do grupo de alta performance separados por gênero foram comparados no teste de inclinação (tilt test). Nós observamos que as mulheres apresentaram menor reatividade ao estresse ortostático, evidenciados pelos valores das oscilações de LF e HF em unidades absolutas.

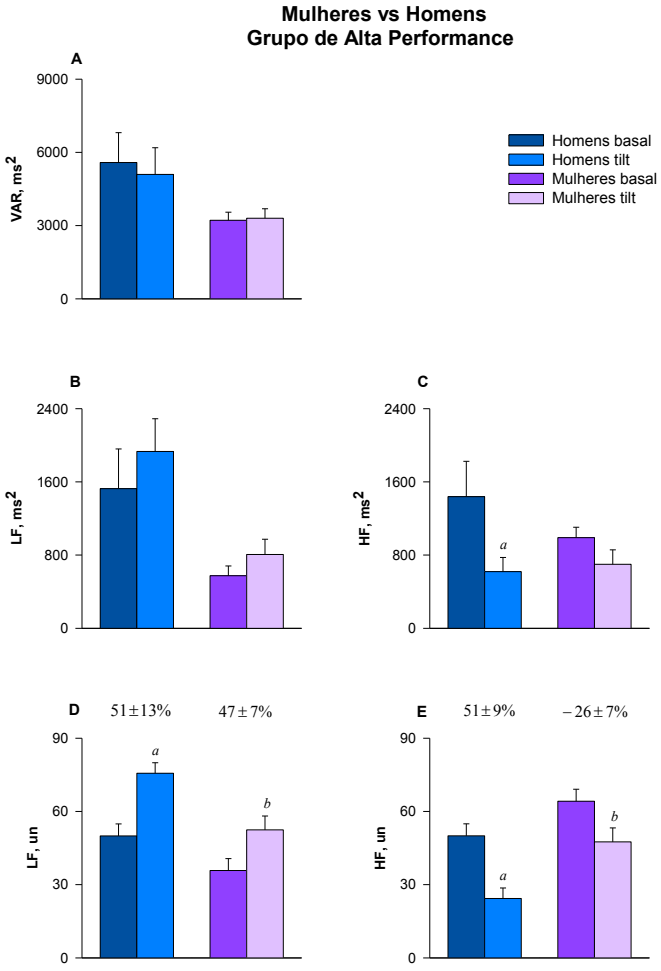

Figura 15. Parâmetros espectrais da VFC na posição supina (Basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de alta performance. [a] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens; [b] P < 0.05 comparando basal vs. tilt test dos homens.

Tabela 10. Parâmetros espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso na posição supina (basal) e durante o teste de inclinação (tilt test) entre homens e mulheres do grupo de alta performance.

	Homens		%Δ	*p*	Mulheres		%Δ	*p*
	Basal	**Tilt**			**Basal**	**Tilt**		
iRR	1126 ± 31	945 ± 43 $^{\alpha}$	***16***	***.002***	1176 ± 51	986 ± 43 $^{\alpha}$	***16***	***.009***
Variância	5586 ± 1222	5096 ± 1093	***9***	***.768***	3218 ± 333	3301 ± 389	***3***	***.873***
LF, ms^2	1526 ± 433	1932 ± 358	***27***	***.477***	574 ± 107	807 ± 167	***41***	***.253***
HF, ms^2	1438 ± 387	619 ± 155	***60***	***.047***	990 ± 114	700 ± 157	***30***	***.044***
LF, nu	51 ± 5	76 ± 4 $^{\alpha}$	***51***	***.001***	36 ± 5	52 ± 6 $^{\alpha}$	***47***	***.037***
HF, nu	49 ± 5	24 ± 4 $^{\alpha}$	***51***	***.001***	64 ± 5	48 ± 6 $^{\alpha}$	***26***	***.037***
LF/HF	1.5 ± 0.42	5.3 ± 1.2 $^{\alpha}$	***97***	***.005***	0.7 ± 0.2	1.9 ± 0.8 $^{\alpha}$	***97***	***.044***

Os valores estão expressos em médias ± EPM. **%Δ**= percentual de alteração. $^{\alpha}$ P<0.05 comparando basal vs. tilt.

Por fim, a figura 16 mostra os espectros representativos obtidos por meio da análise espectral das séries temporais dos intervalos R-R durante a posição supina (registro basal em repouso) e durante o tilt test em todos os grupos estudados.

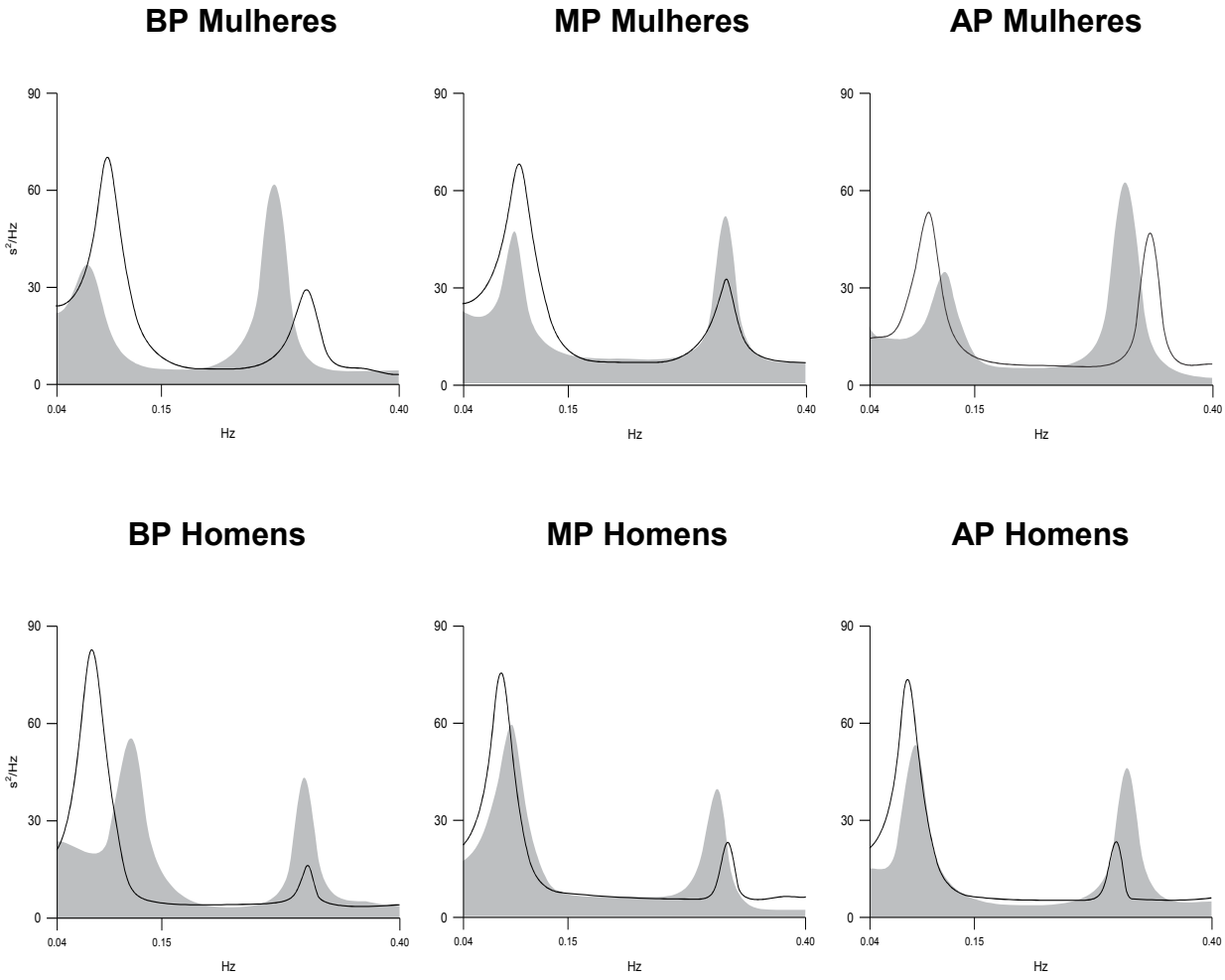

Figura 16. Espectros representativos das séries temporais dos intervalos R-R de cada grupo estudado, obtidos durante a posição supina (preenchimento cinza) e durante o tilt test (linha contínua preta).

5. DISCUSSÃO

5. DISCUSSÃO

Estudos recentes da literatura mostram que uma capacidade cardiorrespiratória entre moderada a alta está associada à adaptações nos diversos parâmetros do desempenho cardiovascular e representa risco reduzido de eventos cardíacos e mortalidade (Kokkinos, 2011; Lee et al., 2010). Deste modo, também foi mostrado em nosso estudo que o exercício físico aeróbio promove adaptações importantes que foram discutidas na sequência.

Frequência Cardíaca e Resposta do Lactato Sanguíneo

No presente estudo, foi observada uma bradicardia sinusal acentuada em atletas de alto rendimento, independente do gênero, com valores de FC abaixo de 55 batimentos por minuto no repouso. Esta bradicardia sinusal é um fenômeno muito comum em atletas, provavelmente por consequência de adaptações autonômicas e/ou alterações intrínsecas cardíacas envolvendo, principalmente, o nodo sinusal (Martinelli et al., 2005; Dixon et al., 1992).

Essa redução quando associada à atletas, denota melhora de rendimento. Outro parâmetro também utilizado na avaliação das adaptações induzidas pelo treinamento físico é a análise do lactato sanguíneo. O lactato é um indicador de dependência aumentada do metabolismo glicolítico durante o exercício. Como em intensidades mais elevadas a via metabólica predominante é a anaeróbia, resulta na produção excessiva de lactato (McArdle, 2008). O lactato é considerado um bom parâmetro de capacidade e resistência aeróbia, e assim como o $VO2_{máx}$ e a resposta da FC, pode refletir o grau de adaptação ao exercício físico e o nível de condicionamento físico do sujeito (Meyer et al., 2004; Jones & Carter, 2000). Em nosso estudo, quando comparamos as respostas do lactato aos diferentes níveis

de condicionamento físico, encontramos que os voluntários mais condicionados (Grupos MP e AP) de ambos os gêneros foram capazes de suportar maiores concentrações de lactato sanguíneo no pico do exercício do que voluntários de baixa performance, sendo mais evidenciado no grupo AP, corroborando com a literatura (Araújo et al., 2009; Bearden & Moffat, 2001; Habeddank et al., 1998; Clark et al., 1994; Taylor & Bronks, 1994). Adicionalmente, estes voluntários apresentaram maior capacidade de remoção do lactato no período de recuperação após o exercício, confirmando a alta capacidade cardiorrespiratória do grupo MP, e principalmente do grupo de alto rendimento (AP). Quando comparamos a diferença de resposta do lactato entre os sexos, não encontramos diferenças entre os grupos estudados em nenhum dos níveis de condicionamento físico estudado.

Durante o exercício, a concentração de lactato no sangue é dependente da razão entre a velocidade em que o substrato é produzido pelo músculo esquelético e a velocidade com que é removido (Wasserman, 1986), sendo o aumento da intensidade do exercício uma das principais causas do aumento do acúmulo de lactato (Oyono-Enguelle et al., 1990). O treinamento físico, principalmente o aeróbio, gera adaptações metabólicas consideráveis, como a redução do acúmulo de lactato na corrente sanguínea durante o exercício para uma mesma intensidade submáxima de esforço (Donovan & Brooks, 1983). Uma possível causa desta diminuição no acúmulo é a redução na produção do lactato devido a maior oxidação de ácidos graxos e redução da glicólise anaeróbia (McArdle, 2001). Este aumento na remoção é realizado pelo fígado, rins, coração e fibras musculares tipo I, por meio, principalmente, da oxidação, sendo o restante convertido em glicogênio (Brooks, 2000). Nesse sentido, estudos sugerem que

indivíduos treinados apresentam um aumento na capacidade de transporte de lactato da fibra muscular para a circulação sanguínea, justificando a maior redução tempo/dependente no grupo de MP e AP (Jacobs, 1986).

Há consideráveis pesquisas sobre o papel do gênero na fadiga durante o exercício. Comparando com as mulheres, homens são tipicamente mais magros, mais altos, produzem maior força absoluta e, consequentemente, são mais velozes durante exercícios de performance máxima. No entanto, estudos apontam que mulheres demonstram maior resistência a fadiga durante alguns protocolos de exercício intermitente (Hunter et al., 2006; Hicks et al., 2001). Muitos fatores são apontados para explicar este fenômeno, entretanto, estes são frequentemente atribuídos às diferenças na massa e morfologia musculares associadas ao substrato energético utilizado, relacionados ao metabolismo proveniente do padrão de fibras musculares existente entre homens e mulheres (Laurent et al., 2010; Hunter et al., 2006; Hicks et al., 2001).

Pressão Arterial

Outro efeito favorável na saúde cardiovascular como consequência do treinamento físico é a redução da PA. Assim como os resultados na literatura, em nosso estudo, os voluntários com melhores níveis de condicionamento físico apresentaram valores da PA menores que os voluntários de baixa performance. Os mecanismos envolvidos no efeito do exercício físico sobre a PA ainda não estão totalmente elucidados, entretanto, alguns estudos sugerem que diversos mecanismos possam estar envolvidos, tais como alterações na atividade do SNA caracterizada, principalmente pela redução da influência simpática; diminuição sérica de fatores vasoconstritores e aumento de fatores dilatadores de origem

endotelial, resultando na redução da resistência vascular periférica, evidenciada por baixos níveis de norepinefrina e da atividade da renina plasmática, assim como aumento da vasodilatação induzida pelo endotélio (Fagard & Cornelissen, 2007; Cornelissen & Fagard, 2005; Boegli et al., 2003; Perini et al., 2002; Poveda et al., 1997).

Quando comparamos as respostas da PA entre os gêneros, encontramos nas mulheres valores de PAS, PAD e PAM mais baixos que os dos homens, e quando as mulheres foram comparadas, as voluntárias do grupo AP apresentaram valores mais reduzidos da PA. A causa deste achado ainda é incerta, entretanto, estudos que abordaram a comparação entre os gêneros observaram que as mulheres apresentariam diferenças na regulação hemodinâmica sob vários aspectos em relação aos homens. Entre as observações, as mulheres apresentariam menores respostas cardíacas à ativação barorreceptora, menor atividade da renina plasmática, aumento da responsividade vascular β1-adrenérgica e níveis reduzidos de catecolaminas circulantes em relação aos homens (James et al., 1986; Convertino, 1998; Evans et al., 2002; Christou et al., 2005).

Vários estudos indicam ainda que as diferenças na regulação hemodinâmica da PA entre os gêneros estariam relacionadas com os hormônios sexuais (Reckelhoff, 1998, 2000, 2001; Roger & Sheriff, 2004; Kienitz & Quinkler, 2008). Entretanto, o efeito do estrogênio sobre a PA ainda é controverso. Alguns estudos sugerem que o estrogênio induz uma pequena redução na PAM (Harrison-Bernard & Raij, 2000; Roger & Sheriff, 2004; van Ittersum et al., 1998; Seely et al., 1999), enquanto outros estudos não observaram qualquer efeito hipotensor (Akkad et al., 1997; Pripp et al., 1999; Reckelhoff et al., 1998;

Kawecka-Jaszcz et al., 2002). De fato, após a menopausa, as mulheres apresentam um aumento significativo na PAM que ocorreria em 5 a 20 anos (Burl et al., 1995; Calhoun & Oparil, 1998; August & Oparil, 1999; Reckelhoff, 2001). Também foi demonstrado que a terapia de reposição hormonal promoveria pequena redução na PAM (Roger & Sheriff, 2004; van Ittersum et al., 1998; Seely et al., 1999). Por outro lado, alguns autores não mostraram qualquer efeito da reposição estrogênica sobre a PA (Akkad et al., 1997; Pripp et al., 1999), e mais, estudos com ratas ovariectomizadas também não demonstraram qualquer aumento da PA após este procedimento (Reckelhoff, 1998, 2000, 2001). Contudo, como esse assunto ainda é controverso, há também na literatura resultados indicando que a ovariectomia induziria aumento na PAM (Roger & Sheriff, 2004). Esses resultados, apesar de indicarem que o estrogênio tem um efeito cardioprotetor, também sugerem que a redução estrogênica não é o único componente envolvido no aumento da PA após a menopausa.

Outro hormônio implicado na diferença de regulação da PA entre os gêneros é a testosterona. O dimorfismo sexual na PAM se desenvolve durante a puberdade e persiste durante toda a fase adulta (Yong et al., 1993; Wiinberg et al., 1995, Kienitz & Quinkler, 2008). Estudos mostraram que animais orquiectomizados apresentariam valores de PA reduzidos ou inalterados quando comparados a ratos e ratas sham, respectivamente (Reckelhoff et al., 1998). Também foi mostrado que ratas ovariectomizadas e tratadas com testosterona apresentariam um aumento significativo na PAM (Reckelhoff et al., 1998). O tratamento crônico de ratos espontaneamente hipertensos (conhecidos como SHR) com testosterona e com enalapril, um inibidor da enzima conversora da angiotensina, reduziriam a PAM de ratos SHR sham ou orquiectomizados e de

ratas sham ou ovariectomizadas (Reckelhoff et al., 2000). Além disso, foi mostrado que a curva da relação pressão de reperfusão renal aguda e excreção de sódio urinário de ratos sham seria deslocada para a direita quando comparado à curva de ratas sham ou ratos orquiectomizados (Reckelhoff et al., 1998). Por sua vez, o tratamento de ratas ovariectomizadas com testosterona deslocaria esta curva para níveis similares ao de ratos sham (Reckelhoff et al., 1998). Adicionalmente, ratos normotensos orquiectomizados, tratados cronicamente com testosterona apresentariam uma correlação linear entre a concentração sérica de testosterona e a atividade da renina plasmática (Reckelhoff et al., 1998). Esses resultados demonstram que a testosterona induz aumento sobre a PAM através da ativação do sistema renina angiotensina (Reckelhoff et al., 2001). Assim, a testosterona apresentaria um efeito deletério sobre a PAM e participaria mais ativamente do processo de indução do dimorfismo sexual sobre a PAM.

Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Os resultados obtidos no estudo mostraram que o nível de condicionamento físico não promoveu alterações nos parâmetros espectrais da VFC na posição supina quando os gêneros foram comparados separadamente. No entanto, quando a comparação foi realizada entre os gêneros, houve diferenças entre cada faixa de condicionamento físico estudado. As mulheres apresentaram menores valores da pressão arterial e das oscilações de LF, e maiores valores das oscilações de HF em relação aos respectivos grupos formados por homens, independentemente do nível de condicionamento físico. Ao tilt test, todos os grupos do sexo masculino apresentaram respostas similares. Por

outro lado, quando o tilt test foi aplicado nos grupos de mulheres, observamos que o grupo de alta performance apresentou menores variações nas oscilações de LF e HF.

Alguns estudos têm demonstrado que a análise da VFC, quantificando indiretamente a influência dos dois componentes autonômicos, simpático e parassimpático, sobre o coração, também pode ser uma importante ferramenta no auxílio ao prognóstico do estresse e do condicionamento cardiovascular (Tulppo et al., 2003; Garet et al., 2004; Kiviniemi et al., 2006; Kiviniemi et al., 2007), uma vez que possibilita a avaliação não invasiva da função autonômica cardíaca em diferentes situações fisiopatológicas, incluindo a síndrome do overtraining (Baumert et al., 2006).

Nesse sentido, os índices basais de modulação autonômica cardíaca podem ser influenciados por diferentes condições, inclusive em relação ao gênero. Quando os gêneros foram comparados, independentemente do grau de condicionamento físico, os homens apresentaram um balanço autonômico favorável à modulação simpática, caracterizada por maiores oscilações de LF, enquanto que as mulheres apresentaram um balanço autonômico favorável às oscilações de HF. Estes resultados antagônicos foram mais evidentes nos grupos mais condicionados fisicamente (AP e MP). Os resultados, de fato, apontam que o gênero pode influenciar na modulação autonômica cardíaca (Perseguini et al, 2011; Evans et al, 2001; Kuo et al, 1999; Huikuri et al, 1996). Deste modo, a literatura mostra que as mulheres de meia idade apresentariam maiores variações nos índices espectrais de VFC e menores valores de PA em condições de repouso do que os homens de mesma faixa de idade, indicando que a população feminina apresentaria maior modulação cardíaca vagal, evidenciadas por maiores

valores de HF e menores valores de LF (Perseguini et al, 2011; Evans et al, 2001; Kuo et al, 1999; Huikuri et al, 1996). Entretanto, também foi mostrado que esta disparidade nos parâmetros espectrais da VFC diminui entre os gêneros quando a idade dos sujeitos avaliados é superior a 50 anos (Kuo et al, 1999). Sugere-se que os hormônios femininos, especialmente o β-estradiol (Tezini et al, 2009), tenham um efeito facilitador na função cardíaca vagal (Du et al, 1994). Assim, a redução da dominância modulatória vagal em mulheres acima de 50 anos poderia ser atribuída à hipótese do efeito facilitador vagal promovido pelos hormônios sexuais femininos (Du et al, 1994). Por outro lado, especula-se que os índices mais elevados da modulação autonômica simpática, observada nos homens, seja atribuída, principalmente, à constituição física, apresentando uma maior atividade nervosa simpática muscular (Ettinger et al, 1996), além de um número elevado de neurônios ganglionares simpáticos, quando comparado com as mulheres, traduzindo em um balanço modulatório simpático mais favorável (Beaston-Wimmer & Smolen, 1991; Huikuri et al, 1996; Perseguini et al, 2011).

Variabilidade da Frequência Cardíaca e Exercício

Independentemente do gênero estudado, diversos estudos apontam que a prática regular de exercícios físicos melhora a modulação autonômica cardíaca, sugerindo a hipótese de que atletas ou pessoas inseridas em programas de atividade física tenham um melhor padrão modulatório autonômico cardíaco (Dixon et al, 1992; Hautala et al., 2003; Tulppo et al., 2003) . Essa melhora estaria frequentemente associada ao aumento da variabilidade da frequência cardíaca, caracterizada, principalmente, pelo aumento da influência do componente autonômico parassimpático sobre o coração (Migliaro et. al., 2001; Raczak et. al.,

2006; Sztajzel et. al., 2008; Collier et. al., 2009). Deste modo, alguns estudos mostraram que atletas possuiriam maior VFC que indivíduos de baixa performance (Dixon et al, 1992), e que voluntários praticantes de atividades físicas de médio a alto volume de treinamento apresentariam melhor padrão modulatório autonômico da FC quando comparados aos voluntários sedentários, evidenciado pelo predomínio da modulação vagal (HF) sobre o nodo sinusal (Hautala et al., 2003; Tulppo et al., 2003), inclusive quando apenas o gênero feminino foi estudado (Midleton & De Vito, 2005; Gilder & Romsbottom, 2007 e 2008).

No entanto, em nosso estudo não foi observada qualquer alteração na modulação autonômica cardíaca basal (posição supina) quando os grupos de voluntários de diferentes performances físicas foram comparados, independentemente do gênero avaliado. Logo, em nosso estudo, o grau de condicionamento físico, evidenciado pela maior resposta do VO_{2pico} e baixo valor da FC basal, não induziu alterações nos parâmetros espectrais da VFC, inclusive corroborando com outros autores (Bosquet et al., 2007; Genovesi et al., 2007; Martinelli et al., 2005; Brunetto et al., 2005; Perini et al., 2002). Quando esta comparação foi realizada levando-se em consideração o gênero, também não encontramos diferenças adicionais entre os grupos de homens e de mulheres.

A discrepância em relação a alguns estudos da literatura sugere que outros componentes do condicionamento físico aeróbio podem contribuir para estas respostas na modulação autonômica cardíaca entre voluntários saudáveis. Por exemplo, a força de resistência, definida como a capacidade do sujeito executar um número elevadíssimo de contrações musculares em ritmo constante e durante um longo período de tempo resistindo á fadiga (Fleck & Kraemer, 2006),

é considerado um determinante de capacidade aeróbia independente de $VO_{2máx}$ (Di Prampero et al., 1986; Peronnet & Thibault, 1989). Além disso, pode ser suportada pelo fato de que embora o condicionamento físico possa influenciar a VFC, não afeta de maneira dose-dependente com o aumento no nível de atividade física (Melanson, 2000). De fato, a causa precisa dos resultados observados na modulação autonômica necessita ser investigada, entretanto, também é possível que a mesma esteja associada com a faixa etária estudada, ou até mesmo, com um pré-condicionamento cardiovascular desses voluntários, principalmente os que compuseram o grupo de baixa performance.

Tilt Test e Exercício

No presente estudo, nós também investigamos a resposta modulatória ao estresse ortostático (tilt test), comparando por nível de condicionamento físico e pelo sexo. O tilt test é uma manobra utilizada para avaliar a reorganização do balanço autonômico cardiovascular frente a um estímulo de mudança postural. Nesse sentido, a mudança da postura da posição supina para a posição ortostática promove reduções no retorno venoso e, consequentemente, na PA, ocasionando imediata aceleração da FC por ativação simpática reflexa e retirada vagal mediada pelo barorreflexo cardiopulmonar e arterial (Montano et al., 1994). Essa provocação no sistema nervoso autonômico cardiovascular também induz alterações na modulação autonômica cardíaca no mesmo sentido. Em nosso estudo, avaliamos a hipótese de que o condicionamento físico aeróbio poderia promover alterações no padrão das respostas modulatórias autonômicas cardíacas ao tilt test.

Considerando-se a nossa hipótese, realizamos inicialmente a comparação apenas entre os grupos formados por homens. Observamos que o condicionamento físico não alterou nenhum dos parâmetros espectrais investigados durante a mudança de posição (tilt test). Em contrapartida, quando avaliamos os grupos formados por mulheres, observamos que o grupo AP apresentou menor responsividade ao estresse ortostático quando comparado aos grupos MP e BP. De fato, há poucos estudos sobre a resposta da modulação autonômica da VFC às manobras que reduzem o retorno venoso para o coração, tais como tilt ativo ou tilt passivo, principalmente em atletas, e os resultados são inconclusivos. Estudos cujos participantes eram apenas homens mostraram que as adaptações induzidas pelo aumento no condicionamento físico aeróbio não foram associados às alterações na resposta autonômica cardíaca frente ao estresse ortostático entre sedentários e atletas (Dixon e t al., 1992; Martinelli et al., 2005). No entanto, alguns estudos mostraram resultados diferentes. Em especial, dois estudos com voluntários com média e alta performance aeróbia observaram que os mesmos apresentavam maior responsividade ao estresse ortostático, ou seja, maior aumento da modulação simpática e expressiva redução parassimpática, expressas por valores mais elevados das oscilações de LF e redução das oscilações de HF, respectivamente, traduzindo em aumento da razão LF/HF (Furlan et al., 1993; Grant et al., 2009). Os autores sugeriram que esses resultados poderiam estar relacionados com as adaptações induzidas pelo exercício físico na sensibilidade barorreflexa, capacidade de resposta do centro de controle cardiovascular e aumento da sensibilidade de ativação da eferência simpática (Grant et al., 2009). Por outro lado, em outros trabalhos que compararam o efeito de semanas de treinamento, foi observado que a melhora da

capacidade aeróbia estava associada com a redução das oscilações de LF ao tilt test, enquanto que as oscilações de HF e VFC total não se alteraram (Hedelin et al., 2001; Lee et al., 2003). Sugere-se que os valores aumentados das oscilações de HF e VFC total constituem uma condição favorável para o aumento no $VO_{2máx}$, ao invés de ser resultados de um aumento da capacidade cardiorrespiratória. Quando nos referimos aos estudos que avaliaram o estresse ortostático e condicionamento físico apenas em mulheres, a escassez de resultados é ainda maior. No entanto, um estudo, realizado por Gilder & Ramsbotton (2008), mostrou que mulheres treinadas com maiores intensidades e volumes de exercício físico apresentavam maiores reduções na modulação parassimpática da VFC durante o tilt test, quando comparadas a mulheres de baixo nível de exercício, indicando que a resposta da VFC após o estresse ortostático pode ser modulado pelo volume de treinamento físico.

Quando realizamos a comparação entre os gêneros, levando-se em consideração o percentual de alteração frente ao estímulo postural em cada grupo estudado, nós encontramos menor responsividade nas mulheres nos grupos BP e AP, representadas pelos valores de LF e HF em unidades normalizadas. As causas desses achados são incertas e precisam ser investigadas. Por outro lado, estudo em adolescentes não observou qualquer diferença de resposta modulatória autonômica cardíaca ao tilt test entre os gênero (Brunetto et al., 2005) com diferentes níveis de condicionamento físico. Entretanto, estudos prévios mostraram que mulheres podem ser menos reativas ao estímulo postural que os homens, sugerindo que isto se deva às diferenças nos mecanismos de controle da PA. Uma das hipóteses é que a sensibilidade barorreflexa para controlar a carga simpática estaria diminuída nas mulheres (Convertino, 1998; Shoemaker et

al., 2001). Outra hipótese sugerida é que a menor tolerância ortostática em mulheres é devido ao menor volume de ejeção, provavelmente, conseqüente de um menor enchimento cardíaco durante a ortostase, especialmente sob condições hipovolêmicas, o que poderia sobrecarregar a reserva vasomotora disponível para a vasoconstrição ou precipitar a retirada simpática neuromediada e síncope (Fu et al., 2005). Por fim, outra hipótese é que o treinamento físico, principalmente o de alto rendimento, promova adaptações autonômicas nas mulheres mediadas por mecanismos ainda não identificados que sejam responsáveis pela baixa responsividade da modulação autonômica parassimpática cardíaca.

6. CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

Em conclusão, nossos resultados sugerem que as respostas cardiovasculares e autonômicas, independentemente do condicionamento físico, são diferentes entre homens e mulheres, uma vez que os homens apresentaram um balanço modulatório autonômico cardíaco mais favorável ao componente simpático, enquanto as mulheres apresentaram um balanço modulatório autonômico mais favorável ao componente parassimpático. Adicionalmente, o nível de condicionamento físico não interferiu na modulação autonômica observada na posição supina. Por sua vez, no tilt test observamos que as mulheres com melhor performance aeróbia apresentavam menor retirada modulatória parassimpática, quando comparadas com os grupos de baixa e média performance. A razão destes achados é incerta e precisam ser investigadas em estudos futuros.

7. REFERÊNCIAS

7. REFERÊNCIAS

AKKAD, A.A., HALLIGAN, A.W., ABRAMS, K., AL-AZZAWI, F. Differing responses in blood pressure over 24 hours in normotensive women receiving oral or transdermal estrogen replacement therapy. **Obstet Gynecol**. 89: 97–103, 1997.

AKSELROD, S., GORDON, D., MADWED, J.B., SNIDMAN, N.C., SHANNON, D.C., COHEN, R.J. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. **Am J Physiol**. 249(4 Pt 2):H867-75, 1985.

AKSELROD, S., GORDON, D., UBEL. F.A., SHANNON, D.C., BARGER, A.C., COHEN, R.J. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. **Science**, 213(4504):220-222, 1981.

AMANO, M., KANDA, T., UE, H., MORITANI, T. Exercise training and autonomic nervous system activity in obese individuals. **Med Sci Sports Exerc**. v.33, p. 1287-1291, 2001.

AOKI, K., STEPHENS, D.P., JOHNSON, J.M. Diurnal variation in cutaneous vasodilator and vasoconstrictor systems during heat stress. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 281(2):R591-5, 2001.

ARAI, Y., SAUL, J.P., ALBRECHT, P., HARTLEY, L.H., LILLY, L.S., COHEN, R.J., COLUCCI, W.S. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **Am J Physiol**. 256(1.2):H132-41, 1989.

ARAÚJO, M.B., GOBATTO, F.B.R., VOLTARELLI, F.A., RIBEIRO, C., MOTA, C.S.A., GOBATTO, C.A., MELLO, M.A.R. Efeitos do treinamento de corrida em

diferentes intensidades sobre a capacidade aeróbia e produção de lactato pelo músculo de ratos wistar. **Rev Bras Med Esporte**. 15(5): 365-369, 2009.

AUBERT, A.E., SEPS, B., BECKERS, F. Heart rate variability in athletes. **Sports Med.** 33(12): 889-919, 2003.

AUGUST, P., OPARIL, S. Commentary: hypertension in women. **J Clin Endocrinol Metab**. 84:1862–1866, 1999.

BEARDEN, S.E., MOFFATT, R.J. Leg electromyography and the VO2-power relationship during bicycle ergometry. **Med Sci Sports Exerc**. 33(7):1241-5, 2001.

BEASTON-WIMMER, P., SMOLEN, A.J. Gender differences in neurotransmitter expression in the rat superior cervical ganglion. **Brain Res Dev Brain Res.** 58(1):123-128, 1991.

BILLMAN, G.E., KUKIELKA, M. Effects of endurance exercise training on heart rate variability and susceptibility to sudden cardiac death: protection is not due to enhanced cardiac vagal regulation. **J Appl Physiol.** 100(3):896-906, 2006.

BLAIR, S.N., KOHL III, H.W., CLARK, D.G., PAFFENBARGER, JR. R.S., COOPER, K.H., GIBBONS, L.W., MACERA, C.A. Physical fitness and all-cause mortality. **JAMA**. 262: 2395–2401, 1989.

BOOTH, F.W., ROBERTS, C.K. Linking performance and chronic disease risk: Indices of physical performance are surrogates for health. **Bri J Sports Med**. Out, 2008.

BOSQUET, L., GAMELIN, F.X., BERTHOIN, S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? **Eur J Appl Physiol.** 100(3):363-369, 2007.

BRAGA, A.N., DA SILVA, L.M., DA SILVA, J.R., FONTES, W.R., DOS SANTOS, R.A. Effects of angiotensins on day-night fluctuations and stress-induced changes in blood pressure. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 282(6):R1663-71, 2002.

BRAY, G.A. Barriers to the treatment of obesity. Ann Intern Med, v. 115, p. 152-153, 1991.

BROOKS, G.A. Intra- and extra-cellular lactate shuttles. **Med Sci Sports Exerc.** 32(4):790-9, 2000.

BRUNETTO, A.F., ROSEGUINI, B.T., SILVA, B.M., HIRAI, D.M., GUEDES, D.P. Effects of gender and aerobic fitness on cardiac autonomic responses to head-up tilt in healthy adolescents. **Pediatr Cardiol**. 26(4):418-24, 2005.

BURL, V.L., WHELTON, P., ROCCELLA, E.J., BROWN, C., CUTLER, J.A., HIGGINS, M., HORAN, M.J., LABARTHE, D. Prevalence of hypertension in the US adult population: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–1991. **Hypertension**. 25: 305–313, 1995.

CALHOUN, D.A., OPARIL, S. The sexual dimorphism of high blood pressure. **Cardiol Rev**. 6:356 –363, 1998.

CARNETHON, M.R., GIDDING, S.S., NEHGME, R., SIDNEY, S., JACOBS, D.R. Jr, LIU, K. Cardiorespiratory fitness in young adulthood and the development of cardiovascular disease risk factors. **JAMA.** 290(23):3092-100, 2003.

CARNETHON, M.R., GULATI, M., GREENLAND, P. Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. **JAMA.** 294(23):2981-8, 2005.

CARTER, J.B., BANISTER, E.W., BLABER, A.P. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. **Sports Med.** 33 (1):33–46, 2003.

CHASE, N.L., SUI, X., LEE, D.C., BLAIR, S.N. The association of cardiorespiratory fitness and physical activity with incidence of hypertension in men. **Am J Hypertens.** 22: 417–424, 2009.

CHEN, J.Y., LEE, Y.L., TSAI, W.C., LEE, C.H., LI, Y.H., TSAI, L.M., CHEN, J.H., LIN, L.J. Cardiac autonomic functions derived from short-term heart rate variability recordings associated with nondiagnostic results of treadmill exercise testing**. Int Heart J**. 51(2):105-10, 2010.

CHRISTOU, D.D., JONES, P.P., JORDAN, J., DIEDRICH, A., ROBERTSON, D., SEALS, D.R. Women have lower tonic autonomic support of arterial blood pressure and less effective baroreflex buffering than men. **Circulation**. 111(4):494-8, 2005.

CLARK, A.L., SKYPALA, I., COATS, A.J. Ventilatory efficiency is unchanged after physical training in healthy persons despite an increase exercise tolerance. **J Cardiovasc Risk**. 1(4):347-51, 1994.

COLLIER, S.R., KANALEY, J.A., CARHART, R. JR., FRECHETTE, V., TOBIN, M.M., BENNETT, N., LUCKENBAUGH, A.N., FERNHALL, B. Cardiac autonomic function and baroreflex changes following 4 weeks of resistance versus aerobic training in individuals with pre-hypertension. **Acta Physiol (Oxf).** 195(3):339-48, 2009.

CONVERTINO, V.A. Gender differences in autonomic functions associated with blood pressure regulation. **Am J Physiol**. 275(6 Pt 2):R1909-20, 1998.

CORNELISSEN, V.A., FAGARD, R.H. Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanismis, and cardiovascular risk factors. **Hypertension.** 46: 667-75, 2005.

DAVY, K.P., ORR, J.S. Sympathetic nervous system behavior in human obesity. **Neurosci Biobehave Rev.** 33:116-124, 2009.

DESAI, M.Y., WATANABE, M.A., LADDU, A.A., HAUPTMAN, P.J. Pharmacologic modulation of parasympathetic activity in heart failure. **Heart Fail Rev**. 16(2):179-93, 2011.

DI PRAMPERO, P.E., ATCHOU, G., BRÜCKNER, J.C., MOIA, C. The energetics of endurance running. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. 55(3):259-66, 1986.

DIXON, E.M., KAMATH, M.V., MCCARTNEY, N., FALLEN, E.L. Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. **Cardiovascular Research.** 26(7):713-719, 1992.

DONOVAN, C.M., BROOKS, G.A. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. **Am J Physiol**. 244(1):E83-92, 1983.

ESCO, M.R, OLSON, M.S., WILLIFORD, H.N, BLESSING, D.L., SHANNON, D., GRANDJEAN, P. The relationship between resting heart rate variability and heart rate recovery. **Clin Auton Res**. 20(1):33-8, 2010.

ETTINGER, S.M., SILBER, D.H., COLLINS, B.G., GRAY, K.S., SUTLIFF, G., WHISLER, S.K., McCLAIN, J.M., SMITH, M.B., YANG, Q.X., SINOWAY, L.I. Influences of gender on sympathetic nerve responses to static exercise. **J Appl Physiol.** 80(1):245-251, 1996.

EVANS, J.M., ZIEGLER, M.G., PATWARDHAN, A.R., OTT, J.B., KIM, C.S., LEONELLI, F.M., KNAPP, C.F. Gender differences in autonomic cardiovascular regulation: spectral, hormonal, and hemodynamic indexes. **J Appl Physiol**. 91(6):2611-8, 2001.

FAGARD, R.H., CORNELISSEN, V.A. Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil**. 14(1):12-7, 2007.

FIGUEROA, A., BAYNARD, T., FERNHALL, B., CARHART, R., KANALEY, J.A. Endurance training improves post-exercise cardiac autonomic modulation in obese women with and without type 2 diabetes. **Eur J Appl Physiol**. 100, 437-444, 2007.

FLECK, S.J., KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3ª edição, São Paulo: Artmed, pp. 46; 2006.

FREEMAN, J.V., DEWEY, F.E., HADLEY, D.M., MYERS, J., FROELICHER, V.F. Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. **Prog Cardiovasc Dis**. 48(5):342-62, 2006.

FU, Q., WITKOWSKI, S., OKAZAKI, K., LEVINE, B.D. Effects of gender and hypovolemia on sympathetic neural responses to orthostatic stress. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 289(1):R109-16, 2005.

FURLAN, R., PIAZZA, S., DELL'ORTO, S., GENTILE, E., CERUTTI, S., PAGANI, M. & MALLIANI, A. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. **Cardio Research.** 27: 482-488, 1993.

GENOVESI, S., ZACCARIA, D., ROSSI, E., VALSECCHI, M.G., STELLA, A., STRAMBA-BADIALE, M. Effects of exercise training on heart rate and QT interval in healthy young individuals: are there gender differences? **Europace.** 9(1):55-60, 2007.

GILDER, M., RAMSBOTTOM, R. Change in heart rate variability following orthostasis relates to volume of exercise in healthy women. **Auton Neurosci**. 143(1-2):73-6, 2008.

GILDER, M., RAMSBOTTOM, R. Measures of cardiac autonomic control in women with differing volumes of physical activity. **J Sports Sci.** 26(7):781-6, 2008.

GOULOPOULOU, S., BAYNARD, T., FRANKLIN, R.M., FERNHALL, B., CARHART, R. JR., WEINSTOCK, R., KANALEY, J.A. Exercise training improves cardiovascular autonomic modulation in response to glucose ingestion in obese adults with and without type 2 diabetes mellitus. **Metabolism**. 59(6):901-10, 2010.

GRANT, C.C, CLARK, J.R, VAN RENSBURG, D.C, VILJOEN, M. Relationship between exercise capacity and heart rate variability: supine and in response to an orthostatic stressor. **Auton Neurosci. 151(2):186-8, 2009.**

HABEDANK, D., REINDL, I., VIETZKE, G., BAUER, U., SPERFELD, A., GLÄSER, S., WERNECKE, K.D., KLEBER, F.X. Ventilatory efficiency and exercise tolerance in 101 healthy volunteers. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. 77(5):421-6, 1998.

HAUTALA, A.J., MÄKIKALLIO, T.H., KIVINIEMI, A., LAUKKANEN, R.T., NISSILÄ, S., HUIKURI, H.V., TULPPO, M.P. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. **Am J Physiol Heart Circ Physiol.** 285(4): H1747-H1752, 2003.

HEDELIN, R., BJERLE, P. & HENRIKSSON-LARSEN, K. Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance**. Med Sci Sports Exerc**, 33: 1394-1398, 2001.

HICKS, A.L., KENT-BRAUN, J., DITOR, D.S. Sex differences in human skeletal muscle fatigue. **Exerc Sport Sci Rev**. 29(3):109-12, 2001.

HUNTER, S.K., BUTLER, J.E., TODD, G., GANDEVIA, S.C., TAYLOR, J.L. Supraspinal fatigue does not explain the sex difference in muscle fatigue of maximal contractions. **J Appl Physiol**. 101(4):1036-44, 2006.

IMAI, K., SATO, H., HORI, M., KUSUOKA, H., OZAKI, H., YOKOYAMA, H,, TAKEDA, H., INOUE, M., KAMADA, T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. **J Am Coll Cardiol.** 24(6):1529-35, 1994.

JACOBS, I. Blood lactate. Implications for training and sports performance. **Sports Med**. 3, 10-25, 1986.

JAMES, G.D., SEALEY, J.E., MULLER, F., ALDERMAN, M., MADHAVAN, S., LARAGH, J.H. Renin relationship to sex, race and age in normotensive population. **J Hypertens.** 4(suppl 5):S387-S389, 1986.

JONES, A.M., CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Med.** 29(6):373-86, 2000.

JURCA, R., LAMONTE, M.J., CHURCH, T.S., EARNEST, C.P., FITZGERALD, S.J., BARLOW, C.E., JORDAN, A.N., KAMPERT, J.B., BLAIR, S.N. Associations of muscle strength and fitness with metabolic syndrome in men. **Med Sci Sports Exerc.** 36(8):1301-1307, 2004.

KANALEY, J.A., GOULOPOULOU, S., FRANKLIN, R.M., BAYNARD, T., HOLMSTRUP, M.E., CARHART, R. Jr, WEINSTOCK, R.S., FERNHALL, B. Plasticity of heart rate signalling and complexity with exercise training in obese individuals with and without type 2 diabetes. **Int J Obes (Lond)**. 33(10):1198-206, 2009.

KATZMARZYK, P.T., JANSSEN, I. The economic costs associated with physical inactivity and obesity in Canada: an update. **Can J Appl Physiol.** 29(1):90-115, 2004.

KODAMA, S., SAITO, K., TANAKA, S., MAKI, M., YACHI, Y., ASUMI, M. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. **JAMA**. 301: 2024–2035, 2009.

KOKKINOS, P., MYERS, J., KOKKINOS, J.P., PITTARAS, A., NARAYAN, P., MANOLIS, A. Exercise capacity and mortality in black and white men. **Circulation**. 117: 614–622, 2008.

LA ROVERE, M.T., PINNA, G.D., MAESTRI, R., MORTARA, A., CAPOMOLLA, S., FEBO, O., FERRARI, R., FRANCHINI, M., GNEMMI, M., OPASICH, C., RICCARDI, P.G., TRAVERSI, E., COBELLI, F. Short-term heart rate variability strongly predicts sudden cardiac death in chronic heart failure patients. **Circulation**. 107(4):565-70, 2003.

LAURENT, C.M., GREEN, J.M., BISHOP, P.A., SJÖKVIST, J., SCHUMACKER, R.E., RICHARDSON, M.T., CURTNER-SMITH, M. Effect of gender on fatigue and recovery following maximal intensity repeated sprint performance. **J Sports Med Phys Fitness**. 50(3):243-53, 2010.

LEE, C.M., WOOD, R.H., WELSCH, M.A. Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. **Med Sci Sports Exerc**. 35(6):961-9, 2003.

LEE, D.C., SUI, X., ORTEGA, F.B., KIM, Y.S., CHURCH, T.S., WINETT, R.A . Comparisons of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness as redictors of all-cause mortality in men and women. **Br J Sports Med in press**. 45(6):504-10, 2010.

LEICHT, A.S., ALLEN, G.D., HOEY, A.J. Influence of intensive cycling training on heart rate variability during rest and exercise. **Can J Appl Physiol**. 28(6):898-909, 2003.

LOMBARDI, F. The uncertain significance of reduced heart rate variability after myocardial infarction. **Eur Heart J.** 18(8):1204-6, 1997.

LOMBARDI, F., MALLIANI, A., PAGANI, M., CERUTTI, S. Heart rate variability and its sympatho-vagal modulation. **Cardiovasc Res**. 32(2):208-16, 1996.

LOMBARDI, F., MALLIANI. A. Power spectral analysis of RR variability. **Ital Cardiol.** 22(4):501-9, 1992.

MALLIANI, A., PAGANI, M., LOMBARDI, F., CERUTTI, S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation.** 84: 482-92, 1991.

MALPAS, S.C., MALING, T.J. Heart-rate variability and cardiac autonomic function in diabetes. **Diabetes**. 39(10):1177-81, 1990.

MARTINELLI, F.S., CHACON-MIKAHIL, M.P.T., MARTINS, L.E.B., LIMA-FILHO, E.C., GOLFETTI, R., PASCHOAL, M.A., GALLO-JUNIOR, L. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. **Braz J Med Biol Res**. 38: 639-647, 2005.

MATSUMOTO, T., MIYAWAKI, T., UE, H., KANDA, T., ZENJI, C., MORITANI, T. Autonomic responsiveness to acute cold exposure in obese and non-obese young women. **Int J Obes Relat Metab Disord.** 23(8): 793-800, 1999.

MAZON, J., GASTALDI, A., DI SACCO, T., COZZA, I., DUTRA, S., SOUZA, H. Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. **Scand J Med Sci Sports.** 2011. [Epub ahead of print]

McARDLE, W.D., KATCH, F.L., KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5ª edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MELANSON, E.L. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. **Med Sci Sports Exerc**. 32(11):1894-901, 2000.

MELANSON, E.L., FREEDSON, P.S. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. **Eur J Appl Physiol**. 85(5):442-9, 2001.

MENDONCA, G.V., HEFFERNAN, K.S., ROSSOW, L., GUERRA, M., PEREIRA, F.D., FERNHALL, B. Sex differences in linear and nonlinear heart rate variability during early recovery from supramaximal exercise. **Appl Physiol Nutr Metab**. 35(4):439-46, 2010.

MEYER, T., LUCÍA, A., EARNEST, C.P., KINDERMANN, W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters – Theory and aplplication. **Int J Sports Med.** 26(1), s38-s48, 2004.

MIDDLETON, N., DE VITO, G.. Cardiovascular autonomic control in endurance-trained and sedentary young women. **Clin Physiol Funct Imaging.** 25(2): 83-89, 2005.

MONTANO, N., RUSCONE, T.G., PORTA, A., LOMBARDI, F., PAGANI, M., MALLIANI, A. Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the

changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt. **Circulation.** 90(4):1826-31, 1994.

MONTEIRO, M.F., SOBRAL FILHO, D.C. Exercício físico e controle da pressão arterial. **Rev Bras Med Esp**. 10 (6), 2004.

MORA, S., REDBERG, R.F., CUI, Y., WHITEMAN, M.K., FLAWS, J.A., SHARRETT, A.R. Ability of exercise testing to predict cardiovascular and all-cause death in asymptomatic women: a 20-year 34 Journal of Psychopharmacology 24(11) follow-up of the lipid research clinics prevalence study. **JAMA.** 290: 1600–1607, 2003.

NELSON, M.E., REJESKI, W.J., BLAIR, S.N., DUNCAN, P.W., JUDGE, J.O., KING, A.C., MACERA, C.A., CASTANEDA-SCEPPA, C.; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE; AMERICAN HEART ASSOCIATION. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Circulation.** 116(9):1094-1105, 2007.

NUNAN, D., SANDERCOCK, G.R., BRODIE, D.A. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. **Pacing Clin Electrophysiol.** 33(11):1407-1417, 2010.

OVERTON, J.M., WILLIAMS, T.D., CHAMBERS, J.B., RASHOTTE, M.E. Cardiovascular and metabolic responses to fasting and thermoneutrality are conserved in obese Zucker rats. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 280(4):R1007-15, 2001.

OYONO-ENGUELLE, S., MARBACH, J., HEITZ, A., OTT, C., GARTNER, M., PAPE, A., VOLLMER, J.C., FREUND, H. Lactate removal ability and graded exercise in humans. **J Appl Physiol**. 68(3):905-11, 1990.

PAGANI, M., LOMBARDI, F., GUZZETTI, S., RIMOLDI, O., FURLAN, R., PIZZINELLI, P., SANDRONE, G., MALFATTO, G., DELL'ORTO, S., PICCALUGA, E., 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.** 59(2):178-93, 1986.

PERINI, R., FISHER, N., VEICSTEINAS, A., PENDERGAST, D.R. Aerobic training and cardioascular response at rest and during exercise in older men and women. **Med Sci Sports Exerc.** 34(4): 700-708, 2002.

PERINI, R., VEICSTEINAS, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **Eur J Appl Physiol.** 90(3-4):317-325, 2003.

PÉRONNET, F., THIBAULT, G.. Mathematical analysis of running performance and world running records. **J Appl Physiol**. 67(1):453-65, 1989.

PERSEGUINI, N.M., TAKAHASHI, A.C., REBELATTO, J.R., SILVA, E., BORGHI-SILVA, A., PORTA, A., MONTANO, N., CATAI, A.M. Spectral and symbolic analysis of the effect of gender and postural change on cardiac autonomic modulation in healthy elderly subjects. **Braz J Med Biol Res.** 44(1):29-37, 2011.

PICHON, A., ROULAUD, M., ANTOINE-JONVILLE, S., DE BISSCHOP, C., DENJEAN, A. Spectral analysis of heart rate variability: interchangeability between

autoregressive analysis and fast Fourier transform. **J Electrocardiol.** 39(1):31-7, 2006.

PIOTROWICZ, E., BARANOWSKI, R., PIOTROWSKA, M., ZIELINSKI, T., PIOTROWICZ, R. Variable effects of physical training of heart rate variability, heart rate recovery and heart rate turbulence in chronic heart failure. **Pacing Clin Electrophisiol**. 32 (suppl 1): S113-115, 2009.

PORTER, G.A. JR., RIVKEES, S.A. Ontogeny of humoral heart rate regulation in the embryonic mouse. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.** 281(2):R401-7, 2001.

PRIPP, U., HALL, G., CSEMICZKY, G., EKSBORG, S., LANDGREN, B.M., SCHENCK-GUSTAFSSON, K. A randomized trial on effects of hormone therapy on ambulatory blood pressure and lipoprotein levels in women with coronary artery disease. **Hypertension**.17:1379 –1386, 1999.

RECKELHOFF, J.F., ZHANG, H., GRANGER, J.P. Testosterone exacerbates hypertension and reduces pressure-natriuresis in male spontaneously hypertensive rats. **Hypertension**. 31:435– 439, 1998.

RECKELHOFF, J.F., ZHANG, H., SRIVASTAVA, K. Gender differences in the development of hypertension in SHR: role of the renin-angiotensin system. **Hypertension**. 35:480–483, 2000.

ROSAMOND, W., FLEGAL, K., FURIE, K., GO, A., GREENLUND, K., HAASE, N., HAILPERN, S.M., HO, M., HOWARD, V., KISSELA, B., KITTNER, S., LLOYD-JONES, D., MCDERMOTT, M., MEIGS, J., MOY, C., NICHOL, G., O'DONNELL,

C., ROGER, V., SORLIE, P., STEINBERGER, J., THOM, T., WILSON, M., HONG, Y.; American Heart Association Statistics Committee and Strokes Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics--2008 update: a report from the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. **Circulation.** 117(4):25-146, 2008.

RUBINI, R., PORTA, A., BASELLI, G., CERUTTI, S., PARO, M. Power spectrum analysis of cardiovascular variability monitored by telemetry in conscious unrestrained rats. J **Auton Nerv Syst**. 45(3):181-90, 1993.

SANDVIK, L., ERIKSSEN, J., THAULOW, E., ERIKSSEN, G., MUNDAL, R., RODAHL, K. Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. **N Engl J Med**. 328: 533–537, 1993.

SEELY, E.W., WALSH, B.W., GERHARD, M.D., WILLIAMS, G.H. Estradiol with or without progesterone and ambulatory blood pressure in postmenopausal women. **Hypertension**. 33:1190 –1194, 1999.

SHIN, K., MINAMITANI, H., ONISHI, S., YAMAZAKI, H., LEE, M. Autonomic differences between athletes and nonathletes: spectral analysis approach. **Med Sci Sports Exerc.** 29(11):1482-1490, 1997.

SHOEMAKER, J.K., HOGEMAN, C.S., KHAN, M., KIMMERLY, D.S., SINOWAY, L.I. Gender affects sympathetic and hemodynamic response to postural stress. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**. 281(5):H2028-35, 2001.

SKINNER, J.S., JASKÓLSKI, A., JASKÓLSKA, A., KRASNOFF, J., GAGNON, J., LEON, A.S., RAO, D.C., WILMORE, J.H., BOUCHARD, C.; HERITAGE FAMILY

STUDY. Age, sex, race, initial fitness and response to training: the HERITAGE family study. **J Appl Physiol.** 90(5): 1770-1776, 2001.

SLOAN, R.P., SHAPIRO, P.A., DEMEERSMAN, R.E., BAGIELLA, E., BRONDOLO, E.N., MCKINLEY, P..S, *et al*. The effect of aerobic training and cardiac autonomic regulation in young adults. **Am J Public Health.** 99(5):921-8, 2009.

SOUZA, H.C.D.; DE ARAUJO, J.E.; MARTINS-PINGE, M.C.; COZZA, I.C.; MARTINS-DIAS, D.P. Nitric oxide synthesis blockade reduced the baroreflex sensitivity in trained rats. **Auton Neurosci Basic Clin**, 150 (1-2): 38-44, 2009.

SRIDHAR, B., HALEAGRAHARA, N., BHAT, R., KULUR, A.B., AVABRATHA, S., ADHIKARY, P. Increase in the heart rate variability with deep breathing in diabetic patients after 12-month exercise training. **Tohoku J Exp Med**. 220(2):107-13, 201.

STAUSS, H.M. Heart rate variability. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 285: R927-R931, 2003.

STEIN, R., MEDEIROS, C.M., ROSITO, G.A., ZIMERMAN, L.I., RIBEIRO, J.P. Intrinsic sinus and atrioventricular node electrophysiologic adaptations in edurance athletes. **J Am Coll Cardiol**. 39(6):1033-8, 2002.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **Circulation.** 93 (5):1043–1065, 1996.

TAYLOR, A.D., BRONKS, R. Electromyographic correlates of the transition from aerobic to anaerobic metabolism in treadmill running. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. 69(6):508-15, 1994.

TEZINI, G.C., SILVEIRA, L.C., VILLA-CLÉ, P.G. Jr, JACINTO, C.P., DI SACCO, T.H., SOUZA, H.C. The effect of aerobic physical training on cardiac autonomic control of rats submitted to ovariectomy. **Menopause.** 16(1):110-116, 2009.

TULPPO, M.P., HAUTALA, A.J., MAKIKALLIO, T.H., LAUKKANEN, R.T., NISSILÄ, S., HUGHSON, R.L., HUIKURI, H.V. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. **J Appl Physiol**. 95 (1): 364–372, 2003.

TULPPO, M.P., MÄKIKALLIO, T.H., SEPPÄNEN, T., LAUKKANEN, R.T., HUIKURI, H.V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **Am J Physiol Heart Circ Physiol.** 274 (2 Pt 2): H424-H429, 1998.

UUSITALO, A.L., LAITINEN, T, VÄISÄNEN, S.B., LÄNSIMIES, E., RAURAMAA, R. Effects of endurance training on heart rate and blood pressure variability. **Clin Physiol Funct Imaging**. 22(3):173-9, 2002.

VAN ITTERSUM, F.J., VAN BAAL, W.M., KENEMANS, P., MIJATOVIC, V., DONKER, A.J., VAN DER MOOREN, M.J., STEHOUWER, C.D. Ambulatory—not office— blood pressures decline during hormone replacement therapy in healthy postmenopausal women. **Am J Hypertens**. 11:1147–1152, 1998.

WASSERMAN, K. The anaerobic threshold: definition, physiological significance and identification. **Adv Cardiol**.35:1-23, 1986.

WIINBERG, N., HOEGHOLM, A., CHRISTENSEN, H.R., et al: 24-h ambulatory blood pressure in 352 normal Danish subjects, related to age and gender. Am J **Hypertension**. 8: 978–986, 1995.

YAMAMOTO, Y., HUGHSON, R.L., PETERSON, J.C. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **J Appl Physiol**. 71(3):1136-42, 1991.

YONG, L.C., KULLER, L.H., RUTAN, G., et al: Longitudinal study of blood pressure: changes and determinants from adolescence to middle age. The Dormont High School follow-up study, 1957–1963 to 1989–1990. **Am J Epidemiol.** 138: 973–983, 1993.