

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

MARIA CAROLINA BASSO SACILOTTO

**RELAÇÃO ENTRE O CONTROLE AUTÔNOMICO DA
FREQUÊNCIA CARDÍACA EM REPOUSO E NO NÍVEL DA
POTÊNCIA DO LIMIAR DE ANAEROBIOSE EM HOMENS DE
MEIA IDADE SAUDÁVEIS E DE HIPERTENSOS**

PIRACICABA
2005

MARIA CAROLINA BASSO SACILOTTO

**RELAÇÃO ENTRE O CONTROLE AUTONÔMICO DA
FREQUÊNCIA CARDÍACA EM REPOUSO E NO NÍVEL DA
POTÊNCIA DO LIMIAR DE ANAEROBIOSE EM HOMENS DE
MEIA IDADE SAUDÁVEIS E DE HIPERTENSOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da
Universidade Metodista de Piracicaba, para
obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. ESTER DA SILVA

PIRACICABA
2005

Investigação conduzida no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e de Provas Funcionais da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba e no Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, com apoio financeiro da FAPESP, CNPQ, FAP - UNIMEP.

DEDICO ESTE TRABALHO

A meus pais José Antonio e Sheila, que investiram neste meu sonho e estiveram sempre ao meu lado, me apoiando, e me orientando. São os responsáveis por tudo que tenho e que hoje sou. Devo minha vida à vocês, vocês são o meu orgulho. Ao meu querido irmão Paulo José e aos meus avós João e Odette que estiveram sempre na torcida. Ao meu amor Bobby, pela paciência, dedicação e companheirismo. Obrigada por fazer parte da minha vida e torná-la cada dia melhor.

MUITO OBRIGADA DE CORAÇÃO,
VOCÊS SÃO OS RESPONSÁVEIS POR ESTA
MINHA GRANDE CONQUISTA, AMO MUITO
VOCÊS!!!!

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À minha orientadora, profa. Dra. Ester da Silva, pela dedicação e companheirismo durante esta longa caminhada.

Muito obrigada por ter compartilhado sua sabedoria e conhecimento. Com certeza para o resto da vida.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Daniel Sakabe, Rosemayre Del Grossi e Fernanda Sirol pela preciosa colaboração ao trabalho, disponibilizando parte dos dados para realização desta investigação, sem os quais não seria possível concluir este trabalho.

Aos amigos Dani, Ruth, Karla, Nane e Natália pela amizade, pela força e pela colaboração durante esta longa caminhada.

AGRADECIMENTOS

- Primeiramente quero agradecer a DEUS por ter me propiciado saúde e força para realizar este sonho, caso contrário nada seria possível.
- Aos professores do Programa de Mestrado em Fisioterapia da Unimep, muito obrigada pela colaboração.
- À professora Aparecida Maria Catai, por estar sempre pronta a ajudar e transmitir seu conhecimento, uma amiga.
- Aos professores Luís Eduardo Barreto Martins e Lucien de Oliveira, pela preciosa contribuição a este trabalho.
- Às amigas, Mirian, Angelise e Dulce, pela amizade e dedicação durante esta longa jornada.
- Aos voluntários que participaram desta investigação, cuja disponibilidade, responsabilidade e paciência permitiram que este trabalho fosse realizado.
- Aos colegas e amigos do laboratório da Unimep.
- Aos colegas e amigos do laboratório da UFSCar.
- Ao pessoal do apoio técnico na Unimep.

“Chegamos exatamente onde precisamos chegar, porque a Mão de Deus
sempre guia aquele que segue seu caminho com fé”

Paulo Coelho

“O universo nos ajuda a lutar pelos nossos sonhos porque são nossos sonhos
e só nós sabemos o quanto nos custa sonhá-los”

Paulo Coelho

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu.
Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém, leais com o que pensamos e
sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”

Paulo Baleki

RESUMO

SACILOTTO, M.C.B. Relação entre o controle autonômico da frequência cardíaca em repouso e no nível da potência do limiar de anaerobiose em homens de meia idade saudáveis e de hipertensos. 2005. p. 81. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Programa de Pós Graduação em Fisioterapia, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba – S.P.

Os objetivos da presente investigação foram avaliar e comparar as respostas da frequência cardíaca e sua variabilidade (VFC) em repouso e no limiar de anaerobiose (LA); determinar e comparar os níveis de potências e frequência cardíaca (FC) no pico do teste contínuo do tipo degrau (TC-D) e no LA do teste descontínuo do tipo degrau (TD-D) de homens de meia-idade. Foram estudados 33 homens na faixa etária de 43 a 57 anos, saudáveis ativos (GSA, n=12), saudáveis sedentários (GSS, n=10) e hipertensos sedentários (GHS, n=11). O TC-D, constituiu de incrementos de potência de 25 Watts (W) a cada 3 min até a exaustão física. A FC foi captada em repouso nas posições supino e sentado e durante o TD-D. O TD-D teve início com 30% da potência pico do TC-D com cargas constantes durante 6 min, variando de 5 a 10 W em cada nível. O índice de RMSSD dos intervalos R-R (iR-R, em ms) foram obtidos no repouso e no nível do LA do TD-D. Para a determinação do LA a partir da FC, foi utilizado o modelo matemático semi-paramétrico. Os dados de potência (W) e da FC (bpm) no pico do TC-D, no LA do TD-D e dos percentuais foram calculados em média e desvio padrão.. Análise estatística: teste de Kruskal-Wallis, $\alpha = 5\%$. No pico do TC-D a potência atingida pelo GSA foi superior aos demais grupos ($p < 0,05$) já o GSS atingiu maior valor de FC ($p < 0,05$). No LA os níveis de potências e da FC em valores absolutos dos três grupos foram semelhantes. Também no LA foi observado valor superior do índice de RMSSD dos iR-R para o GSA quando comparado aos GSS e GHS ($p < 0,05$). Já os percentuais da FC foram menores para o GSS em relação ao GHS ($p < 0,05$). Nossos resultados mostram que o GSA apresentou maior VFC, o que pode ser atribuído à condição de saúde e ao nível de aptidão física, sugerindo uma maior modulação autonômica do parassimpático sobre o nódulo sinusal, bem como uma menor sobrecarga cardíaca ao exercício físico refletida pela maior potência atingida com um menor resposta da FC no pico do TC-D.

Palavras chaves: exercício físico, limiar de anaerobiose, frequência cardíaca; meia idade.

ABSTRACT

SACILOTTO, M.C.B. Relation between autonomic modulation of heart rate at the rest and Power at the Peak of the Ergometric Test and Anaerobic Threshold of Healthy and Hypertensives men. 2005. p. 81. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Programa de Pós Graduação em Fisioterapia, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba – S.P.

The aims of this study were to evaluate and to compare heart rate (HR) and its variability (HRV) responses in resting condition and at anaerobic threshold (AT); to determine and to compare power and HR levels at step continuous test peak (TC-D) and at step discontinuous test (TD-D) AT of middle-aged men. Thirty three men (43 to 57 years), active and healthy (GSA, n=12), sedentary and healthy (GSS, n=10) and sedentary and hypertensive (GHS, n=11) were studied. TC-D consisted of power increments of 25 Watts (W) for each 3 min until physical exhaustion. TD-D began with 30% of TC-D peak power with constant workloads during 6 min, with power on each level varying 5 to 10 W. HR was collected during TD-D and analyzed using the semi-parametric mathematical model for AT determination. Power (W) and HR (bpm) data at TC-D peak, at TD-D AT and percentage values were calculated as mean and standard deviation. HRV was expressed as RMSSD index of R-R intervals (R-Ri, ms) obtained in the supine and sitting positions and the TD-D AT level. Statistical analysis: Kruskal-Wallis test, $\alpha = 5\%$. In the TC-D peak, GSA reached higher ($p < 0,05$) power values and GSS higher ($p < 0,05$) HR values compared to other groups. Absolute values of power and HR levels of the three studied groups were similar at AT. Values of RMSSD index of R-Ri of GSA at AT were higher ($p < 0,05$) than GSS and GHS. HR percentage values of GSS were lower ($p < 0,05$) compared to GHS. Our results show that GSA presented higher HRV and this can be attributed to their health condition and physical conditioning level. This suggests a higher parasympathetic autonomic modulation over sinus node as well as a lower cardiac overload during physical exercise for GSA, reflected by higher power values and lower HR response at TC-D peak.

Key Words: physical exercise, anaerobic threshold, heart rate, middle-aged.

LISTA DE FIGURAS

1. Representação esquemática do teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau (TC-D), com carga de aquecimento livre, durante 2 minutos e incrementos de potência de 25 em 25 w a cada 3 minutos, até a exaustão física do voluntário.36
2. Ilustração do posicionamento dos eletrodos na derivação MC5. Modificado de : Neder & Nery. Fisiologia Clínica do Exercício – Teoria e Prática, p. 202, 2003.39
3. Ilustração da aquisição dos dados de FC, batimento a batimento em tempo real, obtida a partir dos intervalos R-R do registro do eletrocardiograma, na potência de 60 Watts realizada durante o protocolo do teste descontínuo do tipo degrau (TD-D) em um dos voluntários estudados do GHS.39
4. Representação esquemática do teste de exercício físico dinâmico descontínuo do tipo degrau, com carga inicial correspondente a 30% da potência pico atingida no teste de exercício físico dinâmico de avaliação clínica.40
5. Ilustração da montagem experimental do TD-D. Sendo em A: computador de captação; B: monitor cardíaco; C: esfignomanômetro; D: cicloergômetro de frenagem eletromagnética.41
6. Conjunto de dados da frequência cardíaca em cinco diferentes níveis de potência do teste descontínuo do tipo degrau (TD-D): Resposta da frequência cardíaca (bpm) obtida batimento a batimento, em tempo real, durante 60 s em repouso pré-exercício, em 360 s de exercício dinâmico e 60 s em recuperação, de um dos voluntários estudados. . . 42
7. Ilustração do modelo matemático e estatístico semiparamétrico, ajustado ao conjunto de dados da frequência cardíaca de um dos voluntários estudados, na potência do limiar de anaerobiose determinado pelo teste descontínuo do tipo degrau (TD-D). Em A: valores da FC, batimento a batimento; em B: ajuste do modelo semi-paramétrico aos dados da FC; em C: linha correspondente ao coeficiente angular do ajuste da reta, representativa da tendência de inclinação dos valores da FC.....44
8. Ilustração do resultado de análise estatística descritiva de distribuição de normalidade dos dados de frequência cardíaca, obtida a partir dos intervalos R-R do eletrocardiograma, batimento a batimento, em tempo real, durante repouso na posição supina de um dos voluntários estudados, quanto aos valores observados em relação aos esperados (A) e à forma de distribuição (B).46

9. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos R-R (ms), durante o repouso nas posições supina e sentada para os grupos saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e hipertensos sedentários (GHS). Nível de significância $\alpha = 5\%$49
10. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos R-R (ms), durante o repouso nas posições supina e sentada para o grupo de saudáveis ativos (GSA). Nível de significância $\alpha = 5\%$50
11. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos R-R (ms), durante o repouso nas posições supina e sentada para o grupo de saudáveis sedentários (GSS). Nível de significância $\alpha = 5\%$51
12. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos R-R (ms), durante o repouso nas posições supina e sentada para o grupo de hipertensos (GHS). Nível de significância $\alpha = 5\%$52
13. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos RR (iRR) em ms, no teste de esforço físico dinâmico descontínuo do tipo degrau (TD-D) dos grupos saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e hipertensos sedentários (GHS), no nível de potência em que foi determinado o limiar de anaerobiose (LA). Nível de significância $\alpha = 5\%$ 53

LISTA DE TABELAS

1. Idade em anos, características antropométricas, FC, PAS e PAD na condição de repouso dos três grupos estudados: saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e dos hipertensos sedentários (GHS). Valores expressos em média e desvio padrão.48
2. Variáveis cardiorrespiratórias no pico do teste ergométrico (TE) de avaliação cardiovascular e da capacidade funcional, no limiar de anaerobiose (LA) e valores percentuais do LA em relação aos do pico do (TE) dos três grupos estudados: saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e dos hipertensos sedentários (GHS). Valores expressos em média e desvio padrão.55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP – Adenosina Trifosfato

bpm – batimentos por minuto

° C – graus Celsius

cm – centímetros

ECG – Eletrocardiograma

FC – Frequência cardíaca

IMC – Índice de massa corpórea

iR-R – Intervalos R-R

kg – quilograma

LA – Limiar de anaerobiose

MC5 – Sistema de derivação para eletrocardiograma: eletrodo negativo no manúbrio esternal, eletrodo positivo no 5º espaço intercostal na linha axilar anterior à esquerda e o neutro no 5º espaço intercostal na linha axilar anterior à direita.

mmHg – milímetros de mercúrio

ms – milissegundos

NUPEF – Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico

O₂ – Oxigênio

RMSSD – raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R sucessivos no registro do ECG, dividida pelo número de iRR menos um.

rpm – rotações por minuto

s – segundos

TC-D – Teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau

TD-D – Teste de exercício físico dinâmico descontínuo do tipo degrau

$\dot{V}O_2$ – Consumo de oxigênio

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
SACILOTTO, M.C.B. RELAÇÃO ENTRE O CONTROLE AUTONÔMICO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM REPOUSO E NO NÍVEL DA POTÊNCIA DO LIMIAR DE ANAEROBIOSE EM HOMENS DE MEIA IDADE SAUDÁVEIS E DE HIPERTENSOS. 2005. P. 81. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM FISIOTERAPIA) – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA, UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA, PIRACICABA – S.P.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	14
SUMÁRIO.....	15
INTRODUÇÃO.....	17
REVISÃO DA LITERATURA.....	19
1. MODULAÇÃO AUTONÔMICA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	19
2. EXERCÍCIO FÍSICO DINÂMICO.....	22
OBJETIVOS.....	28
MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
1. ASPECTOS ÉTICOS DO ESTUDO.....	29
2. CASUÍSTICA.....	29
3. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	30
4. PLANEJAMENTO GERAL DOS EXPERIMENTOS.....	30
5. AVALIAÇÃO CLÍNICA.....	32
6. ANAMNESE.....	32
7. AVALIAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA.....	32
8. EXAMES LABORATORIAIS DE ROTINA.....	32
9. EXAME ELETROCARDIOGRÁFICO.....	33
10. LINHA DE BASE DA PRESSÃO ARTERIAL (PA).....	33
11. PROTOCOLOS DOS TESTES DE EXERCÍCIO FÍSICO DINÂMICO UTILIZADOS.....	34
11.1. <i>Teste contínuo do tipo degrau (TC-D)</i>	34
11.2. <i>Eletrocardiografia</i>	37
11.3. <i>Teste de exercício físico dinâmico descontínuo do tipo degrau (TD-D)</i>	38
12. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS.....	40
13. METODOLOGIA ESTATÍSTICA.....	43
RESULTADOS.....	46
1. CASUÍSTICA.....	46
2. ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA NO DOMÍNIO DO TEMPO.....	47
DISCUSSÃO.....	55
1. CARACTERÍSTICAS DOS VOLUNTÁRIOS.....	55
2. ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA NO REPOUSO E NO NÍVEL DO LIMIAR DE ANAEROBIOSE (LA) DO TESTE DESCONTÍNUO DO TIPO DEGRAU.....	56
3. RESPOSTA DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS NO PICO DO TC-D E NO NÍVEL DO LA DO TD-D.....	59
CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXO 1.....	76

PARECERES DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	76
APENDICE 1.....	78
CONSENTIMENTO FORMAL.....	78
ANEXO 2.....	80
MODELO SEMIPARAMÉTRICO.....	80

INTRODUÇÃO

A frequência cardíaca de indivíduos saudáveis apresenta variações batimento a batimento, resultante das flutuações da atividade do sistema nervoso autônomo sobre o nódulo sinusal (TASK FORCE, 1996).

É bem reconhecido que o sistema nervoso autônomo tem um papel importante na regulação cardíaca (LIAO *et al.*, 1995). A análise da variabilidade da frequência cardíaca é uma técnica simples e não-invasiva, que fornece informações quantitativas específicas da interação da modulação da atividade vagal e simpática cardíaca em diferentes condições.

Particularmente a técnica de análise no domínio do tempo dos intervalos R-R do eletrocardiograma (ECG), tem-se mostrado de extrema utilidade para se quantificar, em várias condições estacionárias, como repouso em vigília, sono e exercício físico mantido, a magnitude do tônus simpático e parassimpático atuante sobre o nódulo sinusal (PAGANI *et al.*, 1986; SAUL, 1988; TASK FORCE, 1996). Sua utilidade tem sido demonstrada em vários estados patológicos cardíacos e não cardíacos, bem como em condições fisiológicas de sujeitos normais. Também tem sido útil para se avaliar o risco de complicações graves no período pós infarto do miocárdio e outras doenças cardiovasculares onde observa-se uma redução da variabilidade da frequência cardíaca (KLEIGER *et al.*, 1995).

A realização de exercício físico requer a interação de diferentes mecanismos que permitem ao sistema cardiorrespiratório suprir as crescentes demandas energéticas provenientes dos músculos em atividade. A capacidade desse sistema em realizar tal tarefa está condicionada à manutenção da homeostase do organismo durante o exercício físico, e a sua habilidade para

desempenhar adequadamente tal função, determina a medida de sua capacidade funcional (WASSERMAN; WHIPP, 1975).

Tem sido preconizada a aplicação de teste de exercício físico dinâmico com carga constante, para avaliar a capacidade funcional a partir da determinação do limiar de anaerobiose (LA), e diagnosticar a diminuição desta em estados patológicos, cujo teste posteriormente pode ser utilizado como parâmetro para a prescrição de treinamento físico (CATAI, 1999; TEIXEIRA, 2003).

Propomos no presente estudo, avaliar e comparar as respostas da frequência cardíaca e de sua variabilidade em repouso, e determinar a capacidade aeróbia no pico do exercício físico e no LA de homens de meia-idade saudáveis sedentários e ativos e de hipertensos sedentários durante teste de exercício físico sub-máximo com carga constante.

REVISÃO DA LITERATURA

1. Modulação autonômica da frequência cardíaca

É bem reconhecido que o sistema nervoso autônomo exerce um papel importante na regulação da atividade cardíaca. Suas ações se estendem a eficientes mecanismos fisiológicos de controle e de retroalimentação que buscam manter a pressão arterial média e o volume venoso central dentro de uma faixa relativamente estreita de variação. Isso é conseguido pela regulação constante da frequência cardíaca e do tônus vascular, com grande modulação por parte do sistema nervoso autônomo (LEON *et al.*, 1970). Os mecanismos responsáveis pela regulação da função cardiovascular durante o exercício físico são controlados por estruturas organizadas em alto grau hierárquico, com centros localizados no sistema nervoso central, denominada de tracto *solitarius*, localizada na medula oblonga (GALLO JR *et al.*, 1996).

Classicamente, o sistema nervoso autônomo divide-se em cadeias simpática e parassimpática, tendo ambas características próprias e atividade exercida por receptores sensoriais especializados e modulados por neurotransmissores. O neuro-transmissor representa a substância química liberada pela terminação nervosa das fibras eferentes vagais rápidas e eferentes simpáticas lentas. O processo de dissipação da norepinefrina liberada nas terminações simpáticas é mais lento que o da dissipação da acetilcolina nas terminações vagais (MAIA, 2001).

O eferente parassimpático (vago) conduz estímulos para o nódulo sinoatrial e átrio ventricular, assim como para o miocárdio atrial. A inervação simpática distribui-se por todas as áreas do sistema circulatório, incluindo o

miocárdio ventricular, os tecidos de condução especializados e o músculo liso das paredes das artérias e veias. A forte interação entre os eferentes parassimpático e simpático cardíaco resulta em importante oscilação da frequência cardíaca (RIBEIRO, 2001).

O comprometimento do sistema nervoso autônomo no coração, em pacientes acometidos por doenças cardiovasculares, freqüentemente relaciona-se com maior gravidade e pior prognóstico a curto (McAREAVY *et al.*, 1989) e longo prazos (ALGRA *et al.*, 1993; KIENZLE *et al.*, 1992). A redução do tônus vagal no pós-infarto do miocárdio, por exemplo, promove o desencadeamento de fibrilação ventricular, explicando, em parte, a incidência de morte súbita nesse grupo de pacientes (HULL *et al.*, 1990).

Os indivíduos hipertensos apresentam características de hiperatividade do sistema simpático com aumento da frequência cardíaca, do débito cardíaco e do volume sistólico. O aumento do fluxo sanguíneo, decorrente da hiperatividade cardíaca, pode estimular a parede dos vasos e promover alterações de suas atividades constritoras e dilatadoras diante de substâncias vasoativas. Paralelamente à hiperatividade simpática, pode ser estimulada a produção de angiotensina II, que por sua vez aumenta ainda mais a vasoconstrição periférica. Todas essas alterações, decorrentes de uma circulação hiperdinâmica, podem aumentar potencialmente a resistência periférica total e elevar a pressão arterial (RIBEIRO *et al.*, 1997).

A estimulação das fibras eferentes parassimpáticas está associada à diminuição dos valores de frequência cardíaca, enquanto que a estimulação das fibras eferentes simpáticas está associada ao aumento desses valores.

Indivíduos saudáveis, em condição de repouso, apresentam predomínio vagal sobre a modulação autonômica da frequência cardíaca (LAKATTA, 1995).

Malliani (apud LONGO; FERREIRA; CORREIA, 1995, p. 253) compararam um grupo de hipertensos com um grupo controle da mesma idade e observaram que, em repouso, a análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca revelou um desequilíbrio no balanço simpato-vagal para o grupo de hipertensos.

Mesmo a população portadora de hipertensão leve está sob o jugo do risco cardiovascular aumentado. A interação da hipertensão e demais fatores de risco amplifica a chance de eventos futuros e é de fundamental importância estudar as bases fisiopatológicas dessa interação, de modo a expandir as possibilidades terapêuticas (FAVARATO; LUZ, 2003).

A medida da frequência cardíaca e de sua variabilidade, em condições de repouso e em diferentes intensidades de exercício físico, fornece informações seguras sobre as condições físicas e fisiológicas de um indivíduo, bem como permite avaliar as condições funcionais dos eferentes autonômicos do coração (GALLO JR. *et al.*, 1995).

O estudo da frequência cardíaca a partir de sua obtenção em tempo real, por curtos ou longos períodos, tem sido considerada uma técnica simples e não-invasiva para analisar a modulação autonômica a partir de sua variabilidade, tanto em repouso como durante testes padronizados. Assim, a análise da variabilidade da frequência cardíaca tem permitido reconhecer e caracterizar algumas situações que afetam a integridade do controle autonômico em diferentes populações, tais como: portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), hipertensão arterial sistêmica, diabéticos, cardiopatias em geral, onde seus valores apresentam-se diminuídos (SILVA *et al.*, 1994; LONGO;

FERREIRA; CORREIA, 1995; MARÃES *et al.*, 1999; RIBEIRO *et al.*, 2000 ; MARÃES *et al.*, 2003).

A variabilidade da frequência cardíaca pode ser analisada no domínio do tempo (DT) e no domínio da frequência (DF) (MALLIANI *et al.*, 1991; LONGO; FERREIRA; CORREIA, 1995).

No DF, a técnica de análise do espectro de potência dos intervalos R-R do ECG, apresenta grande utilidade na quantificação da magnitude do tônus simpático e parassimpático atuante sobre o coração, em várias condições, como em repouso, manobra de acentuação da arritmia sinusal respiratória, sono, durante exercício físico, e outros (TASK FORCE, 1996; SILVA *et al.*, 2001).

No entanto, o método no DT é o mais simples na análise da variabilidade da frequência cardíaca, baseando-se em cálculos estatísticos realizados nas séries de intervalos R-R em milissegundos ($iR-R$, ms). Existem vários tipos de análises para o estudo das variáveis temporais e, entre elas, o índice mais utilizado para mensuração da variabilidade da frequência cardíaca é o RMSSD, que corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os $iR-R$ normais (ritmo sinusal e ausência de extra-sístoles) e sucessivos do registro do ECG divididos pelo número de $iR-R$ do intervalo selecionado menos um (ANTILA, 1979; LONGO; FERREIRA; CORREIA, 1995).

2. Exercício físico dinâmico

Durante o exercício físico ocorrem alterações complexas nos processos biológicos dos organismos vivos, originando um grande número de ajustes fisiológicos dinâmicos que integram todos os sistemas biológicos. Esses ajustes dependem da eficácia dos sistemas cardiovascular, respiratório, sangüíneo (hemoglobina) e muscular em atividade contrátil, adequando a utilização do

oxigênio para manter ao longo do tempo a formação de ATP e restaurar as reservas que foram consumidas durante a fase anaeróbia. Além disso, é necessária a remoção do gás carbônico (CO₂) produzido como resultado bioquímico final (GALLO JR *et al.*, 1996).

As informações a partir das quais o sistema regulador promove ajustes cardiovasculares, de acordo com as demandas fisiológicas, provém de três vias: atuação de comando central, a partir de centros motores superiores, originando descarga aferente aos neurônios do bulbo; descargas aferentes a partir de terminações nervosas musculares de fibras dos grupos III e IV, sensíveis a estímulos mecânicos e ou metabólicos locais diretamente relacionados à natureza e intensidade do exercício (MITCHELL, 1983; MITCHELL, *et al.*, 1990) e o comando cardiodinâmico (WASSERMAN; WHIPP, 1983), por meio do qual o retorno venoso e mais exatamente o fluxo de CO₂ aos pulmões originariam informações aferentes necessárias aos ajustes cardioventilatórios do exercício.

No início do exercício, as demandas energéticas são supridas a partir dos mecanismos de hidrólise anaeróbia da creatina-fosfato e da glicólise anaeróbia, respectivamente (WASSERMAN *et al.*, 1999). Na manutenção do exercício físico, o aumento da atividade contrátil do músculo estriado induz consideráveis incrementos no consumo celular de oxigênio e na liberação celular de dióxido de carbono e por conseguinte à sobrecarga dos sistemas de transporte de oxigênio. (NEDER; NERY, 2003).

No exercício físico de baixa intensidade, existe um equilíbrio dinâmico entre a produção de lactato pelas células do organismo e a reconversão deste pela neoglicogênese. Já em níveis próximos ao limiar de anaerobiose (LA), a produção do lactato pelas células musculares metabolicamente ativas se iguala à

remoção feita pela musculatura inativa, pelos rins, pelo coração e principalmente pelo fígado (STAINSBY *et al.*, 1991; TEGTBUR *et al.*, 1993). Nesse momento o lactato está no ponto máximo do equilíbrio dinâmico, onde a sua remoção está igualada à produção. A partir do LA, a produção de lactato passa a ser superior a sua remoção e há perda da condição de equilíbrio dinâmico no exercício físico (JORFELDT, *et al.*, 1978; BROOKS, 1991; TEGTBUR *et al.*, 1993). Com a alteração do equilíbrio ácido-base instala-se uma acidose metabólica, o que leva os sistemas fisiológicos a aumentarem seus desempenhos para a manutenção da homeostase celular, e assim, da atividade física (KOIKE *et al.*, 1990).

O LA pode ser identificado por vários métodos, invasivos e/ou não invasivos. Wasserman (1984), refere que há um crescimento acentuado do lactato plasmático, de forma exponencial, no momento do LA e refere ainda um método direto e não invasivo na determinação do LA por meio da análise das variáveis ventilatórias ($\dot{V}CO_2$, $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}E$). Segundo este autor, durante a realização de exercício dinâmico contínuo e incremental, observa-se nestas variáveis pontos de mudanças que podem ser caracterizados como o momento do LA.

A identificação do LA por método invasivo pode ser realizada a partir da dosagem da concentração de ácido láctico sanguíneo coletado por cateteres em veias (STAMFORD *et al.*, 1981; CAIOZZO *et al.*, 1982) ou artérias (KNUTTGEN, 1962; WASSERMAN *et al.*, 1964; EKBLON *et al.*, 1968) ou, através de pequenas amostras obtidas da polpa dos dedos (BELCASTRO; BONEN, 1975) ou do lóbulo da orelha (BUNC *et al.*, 1995).

Mais recentemente tem sido referido na literatura que o LA pode ser determinado a partir do estudo da modulação autonômica da frequência cardíaca

por meio de suas respostas e de sua variabilidade, durante o exercício físico dinâmico descontínuo do tipo degrau, caracterizando o nível de potência em que ocorre o LA (MARÃES *et al.*, 1996; MARÃES, 1999; MARÃES *et al.*, 2000; GARCEZ *et al.*, 2001; SAKABE *et al.*, 2002; MARÃES, *et al.*, 2003; TEIXEIRA, 2003). Esses autores utilizaram modelos matemáticos e estatísticos de séries temporais e semiparamétricos para a análise do conjunto de séries temporais da resposta da frequência cardíaca que permitem a detecção da perda de sua estabilidade, apresentando um padrão crescente de sua resposta, e também de índices de variabilidade da frequência cardíaca (RMSSD) que apresentam-se decrescentes até os níveis sub-máximos de potência, permanecendo inalterados a partir deste ponto, e esse momento tem sido atribuído ao LA.

Nos últimos 20 anos, houve um aumento do interesse pelo estudo do LA na avaliação da performance física. O LA tem sido utilizado como ferramenta para prescrição dos protocolos de treinamento e auxílio no diagnóstico de certas patologias. Desde a década de 70, a identificação do momento do LA, foi incluída como parte de um protocolo padrão por muitos cardiologistas, pneumologistas e em laboratórios de fisiologia do exercício (WASSERMAN *et al.*, 1999). Para pacientes com patologias cardiorrespiratórias, o LA pode ser utilizado como uma medida direta da carga de trabalho em que o sistema cardiovascular começa a limitar a oferta de oxigênio aos tecidos ativos (MARÃES *et al.*, 2003).

As repercussões fisiológicas dos diferentes sistemas de transferência de energia são específicas ao tipo de protocolo de exercício, da intensidade, duração e do nível de aptidão do indivíduo. Assim torna-se imperativo a mensuração das variáveis cardiovasculares obtidas durante teste de exercício físico incremental (HANON *et al.*, 1998, SCHEUERMANN *et al.*, 2001), senoidal

(HAOUZI *et al.*, 1993) ou em degrau (SAUNDERS *et al.*, 2000) com cargas constantes descontínuo (SIROL, 2004; MARÃES *et al.*, 2003) para a determinação do LA. Porém, são poucos os estudos que tem utilizado teste exercício físico sub-máximos com cargas constantes para quantificar a capacidade aeróbia a partir da detecção do LA pela análise da resposta da frequência cardíaca (MARÃES *et al.*, 2000; GARCEZ *et al.*, 2001; MARÃES *et al.*, 2003). Essa metodologia tem sido utilizada como uma ferramenta útil por ser um método não invasivo, relativamente barato e que fornece informações relevantes no diagnóstico e prognóstico de doenças cardiovasculares (SILVA *et al.*, 1994; GALLO JR *et al.*, 1995; GIBBONS *et al.*, 2002), assim como para a prescrição de treinamento físico aeróbio (SILVA; CATAI, 2000).

Nesse sentido, a determinação do LA a partir da análise da resposta da frequência cardíaca captada em protocolos de exercício físico sub-máximos com cargas constantes, permite um importante avanço na prática da clínica fisioterapêutica em programas de reabilitação cardíaca, ambulatorios, clínicas e academias (MARÃES *et al.*, 2003; SIROL, 2004). Ressalta-se que o exercício físico no nível do LA faz parte da terapêutica cardiológica e é um dos principais recursos dos procedimentos fisioterapêuticos utilizados na prevenção e no tratamento das doenças cardiovasculares (SILVA; CATAI, 2000).

Alonso *et al.* (1998), estudando a resposta da frequência cardíaca e de sua variabilidade durante exercício físico progressivo máximo, verificaram que ocorre um aumento da frequência cardíaca concomitante ao aumento da intensidade de esforço e paralelamente a uma diminuição progressiva da variabilidade da frequência cardíaca até a intensidade do exercício caracterizada como LA. A partir desse ponto, observou-se que a variabilidade da frequência cardíaca

manteve-se inalterada, sugerindo então que a sua queda ocorre durante a fase do exercício em que predomina o metabolismo aeróbio como fonte de energia, concomitante ao aumento da frequência cardíaca, mediada pela diminuição progressiva da atuação vagal e predomínio da atividade simpática.

Assim sendo, o LA tem sido referido como um delimitador de mudanças fisiológicas, alterando a atividade do sistema nervoso autônomo, principalmente da eferência simpática sobre o coração e os vasos sanguíneos e modificando as respostas cardiovasculares às necessidades crescentes impostas pelo exercício físico (GALLO JR. *et al.*, 1996).

Diante deste contexto, o exercício físico vem sendo utilizado pelos profissionais da área da saúde, entre eles o fisioterapeuta, interessados na compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos e nas ferramentas utilizadas para a aplicação do exercício físico na saúde ou na doença. Conseqüentemente a investigação dos protocolos de avaliação e de treinamento físico se torna necessária assim como a implementação de novas técnicas, principalmente as técnicas não-invasivas, para auxiliar numa melhor avaliação e prescrição do exercício físico.

Devido à hipertensão e o sedentarismo serem considerados fatores de risco para o desenvolvimento de cardiopatias, nesta pesquisa enfatizamos a avaliação autonômica da frequência cardíaca a partir de sua variabilidade no repouso e a determinação do LA durante teste de exercício físico dinâmico descontínuo do tipo degrau, procurando estabelecer um protocolo fisioterapêutico de treinamento físico específico e adequado para esses grupos estudados.

OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivos avaliar e comparar as respostas da frequência cardíaca e de sua variabilidade, em repouso e durante teste de exercício físico dinâmico, e determinar a capacidade aeróbia no pico do exercício físico e no LA de homens de meia-idade saudáveis sedentários e ativos, e de hipertensos sedentários durante teste de exercício físico sub-máximo com carga constante.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Aspectos éticos do estudo

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) conforme determina a resolução 001/2001 e 065/2002 do Conselho Nacional de Saúde (Anexo 1).

Os voluntários foram previamente informados e esclarecidos a respeito do propósito da pesquisa e dos procedimentos experimentais aos quais seriam submetidos no presente estudo, e atendendo o que determina a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, receberam o termo de consentimento livre esclarecido, que após lido e acordado, assinaram para participar deste estudo (Apêndice 1).

2. Casuística

Foram estudados 33 voluntários do sexo masculino, com idade entre 43 a 57 anos (média $51 \pm 6,9$), saudáveis e portadores de hipertensão arterial sistêmica estágios 1 e 2, que corresponde a níveis pressóricos de pressão arterial sistólica entre 140 e 159 mmHg e pressão arterial diastólica entre 90 e 100 mmHg, segundo a classificação das IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (2002).

Sendo assim, os voluntários foram divididos em três grupos, a saber: um saudável ativo (GSA); um outro saudável sedentário (GSS) e outro hipertenso sedentário (GHS).

3. Critérios de inclusão

Foram incluídos nesta pesquisa, os voluntários que atenderam aos seguintes critérios: os do sexo masculino; com idade compreendida entre 40 e 60 anos; não-tabagistas; não-etilistas; não usuários de medicações anti-hipertensivas, cardioativas e antivertiginosas durante a realização dos testes experimentais; não usuários de drogas que causem dependência química; índice de massa corpórea até 29,9 Kg/m²; eletrocardiograma (ECG) de esforço com diagnóstico negativo para isquemia do miocárdio; exames laboratoriais em níveis normais ou controlados para a idade; normotensos ou portadores de hipertensão arterial sistêmica estágio 1 (entre 140/90 e 159/99 mmHg) (IV DIRETRIZES BRASILEIRAS DE HIPERTENSÃO ARTERIAL, 2002); ausência de quaisquer patologias do sistema respiratório e músculo esquelético; ausência de história clínica de doença de Chagas.

Todos os voluntários foram submetidos a exames de avaliação clínica geral, complementada por exames laboratoriais e teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau (TC-D), para detectar possíveis alterações ou outra doença que contra indicasse a sua participação no estudo.

4. Planejamento geral dos experimentos

O estudo foi conduzido no Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF) e na Unidade Especial de Apoio em Fisioterapia Cardiovascular da UFSCar – São Carlos, no período da manhã, em horário previamente marcado com os voluntários, que foram informados a comparecerem com vestimenta adequada à prática de atividade física, com calçado do tipo tênis, e a realizar uma refeição leve, pelo menos duas horas antes do início do teste. Os mesmos foram orientados a não ingerirem alimentos e bebidas estimulantes, como chocolate,

café, chá e bebidas alcoólicas no dia anterior ao teste e no dia do teste, pois poderiam influenciar as variáveis cardiovasculares, respiratórias e músculo-esqueléticas.

A sala do teste foi previamente preparada antes de cada procedimento do estudo, tanto para a avaliação clínica como para o protocolo experimental, mantendo-se a temperatura entre 22°C e 24°C e a umidade relativa do ar entre 50% e 60%. Para a medição dos valores de temperatura e umidade relativa do ar, foi utilizado um higrômetro (HYGROMETER THERMO CLOCK – *Templec™*). A temperatura foi controlada, artificialmente, por um condicionador de ar, modelo *Mini Split (TEMSTAR®)*.

Também foi realizada a calibração de todos os equipamentos utilizados para a aquisição dos sinais biológicos coletados durante o experimento.

Após a chegada do voluntário à sala de experimento, este era mantido em posição supina por 15 min (900 s), seguido da aferição da pressão arterial e da frequência cardíaca para verificar se as condições basais eram satisfatórias para se iniciar os testes. Antes, contudo, os voluntários foram submetidos aos procedimentos de tricotomia e assepsia da pele na região torácica, para a colocação dos eletrodos descartáveis de registro do ECG.

Os voluntários foram orientados a manter a velocidade do cicloergômetro em torno de 60 rotações por minuto (rpm), a não realizarem contrações isométricas com os membros superiores e que informassem à pesquisadora sobre qualquer alteração percebida no seu estado geral, que inviabilizasse o teste.

A sala de teste era mantida com a porta fechada, permanecendo nela três pessoas, sendo um voluntário e dois pesquisadores, a fim de manter o máximo de silêncio para evitar interferências que pudessem alterar o experimento.

5. Avaliação clínica

Na avaliação clínica, os voluntários foram submetidos a anamnese, avaliação fisioterapêutica, exames laboratoriais de rotina, exame eletrocardiográfico e linha de base da pressão arterial.

6. Anamnese

A anamnese constou do preenchimento de uma ficha de avaliação individual, a qual solicitava, na primeira parte, os dados pessoais, a idade (anos), os hábitos de vida e alimentares, os antecedentes familiares, a história pregressa e atual de possíveis doenças, entre outros fatores (SILVA; CATAI, 2000).

7. Avaliação fisioterapêutica

A avaliação fisioterapêutica compunha a segunda parte da ficha individual, contendo: inspeção geral, avaliação postural, testes de prova de função muscular específicos, mensuração dos membros inferiores direito e esquerdo, medidas antropométricas (peso, altura e índice de massa corpórea), aferição da frequência cardíaca (bpm), pressão arterial sistólica e diastólica (mmHg) em repouso (duas medidas), ausculta cardíaca e pulmonar (SILVA ; CATAI, 2000).

8. Exames laboratoriais de rotina

Foram realizados exames laboratoriais complementares de glicemia de jejum, uréia, creatinina sérica, perfil lipídico (triglicérides, colesterol total, HDL, LDL, VLDL e ácido úrico).

9. Exame eletrocardiográfico

O ECG convencional de 12 derivações foi realizado em repouso, na posição supina, antes e após o TC-D. Para registro do ECG, utilizou-se um eletrocardiógrafo de 3 canais (ESAOTE P80) e eletrodos utilizados para a captação da frequência cardíaca foram de carbono ativado - Carbone (VERSATEC MFG INC – USA).

10. Linha de base da pressão arterial (PA)

Foi realizado um registro da pressão arterial sistólica e diastólica (mmHg) durante duas semanas, aferidas em cinco dias não-consecutivos, para obtenção do perfil dos voluntários. Previamente à aferição, os voluntários permaneciam 15 minutos em repouso, na posição supina, para que houvesse uma estabilização das variáveis de frequência cardíaca e pressão arterial. A pressão arterial foi aferida nas posições supina, sentada e em pé, sendo duas medidas (em cada posição) intervaladas de cinco minutos, em ambos os membros superiores. Utilizou-se o método auscultatório na região da artéria braquial, sendo os valores de pressão arterial sistólica (mmHg) determinados no momento do aparecimento do primeiro som (fase I de *KOROTKOFF*) e os valores de pressão arterial diastólica (mmHg) no desaparecimento do som (fase V de *KOROTKOFF*). Esse procedimento foi aplicado para todas as coletas da pressão arterial durante o estudo.

Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo observador, utilizando-se um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (*Wan Med*) e um estetoscópio (*LITTMANN*). Os voluntários compareceram sempre no período da manhã, considerando as influências circadianas.

Para melhor ilustração dos valores de pressão arterial sistólica e diastólica (mmHg), foi descrita a média dos valores brutos obtidos nos membros superiores direito e esquerdo nas posições supina, sentada e em pé, nos cinco dias de aferição.

11. Protocolos dos testes de exercício físico dinâmico utilizados

11.1. Teste contínuo do tipo degrau (TC-D)

Esse teste foi conduzido por um médico cardiologista e acompanhado pela pesquisadora, tendo por finalidade a avaliação da capacidade funcional e do sistema cardiovascular e diagnosticar possíveis alterações, como isquemia do miocárdio e/ou patologias cardiovasculares associadas, que contra indicassem a prática de exercício físico. Utilizou-se um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (*Model Corival 400, Quinton, Seattle, WA, USA*), com variação de potência de 0 a 400 Watts (W), controlado por um microprocessador modelo *Workload Program, (Quinton Groninger, Netherlands)* (figura 5). A potência inicial foi de 4 W, por um período de 2 min (120 s), com o intuito de aquecimento, e, posteriormente, foram introduzidos incrementos de 25 em 25 W, a cada 3 min (180 s) (Figura 1). O teste prosseguiu até que o voluntário atingisse a frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) prevista para homens, ou até exaustão e/ou o surgimento de sinais e sintomas limitantes.

O teste foi preconizado como máximo, baseado na FC_{máx} derivada da fórmula, $FC_{máx} = (220 - idade)$, com desvio padrão de ± 12 , de Karvonen; Kentala; Mustala (1957).

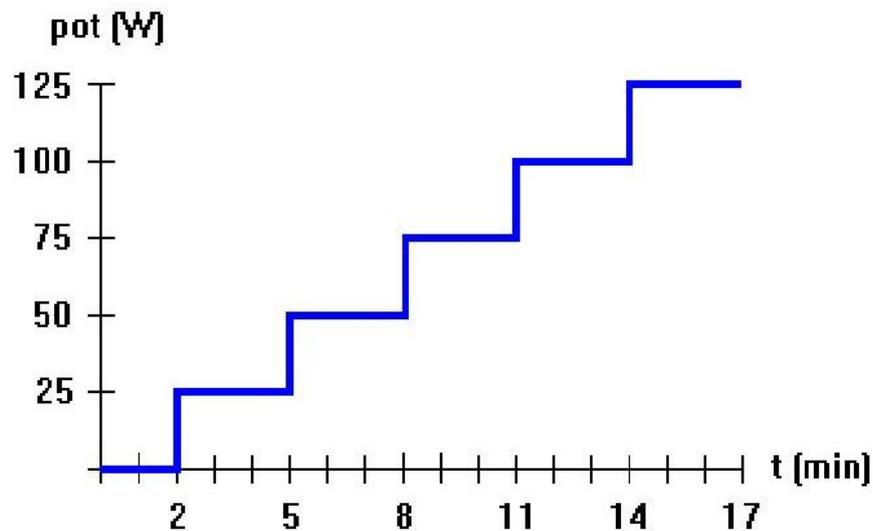


FIGURA 1. Representação esquemática do teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau (TC-D), com carga de aquecimento livre, durante 2 minutos e incrementos de potência de 25 em 25 W a cada 3 minutos, até a exaustão física do voluntário.

Os voluntários foram monitorizados continuamente nas derivações MC5, DII e V2 modificadas, nas posições supina, sentada, hiperventilando e durante todo o TC-D.

Os eletrodos foram posicionados da seguinte forma:

- MC5: o eletrodo negativo no manúbrio esternal, eletrodo positivo no 5º espaço intercostal na linha axilar anterior à esquerda, referente a V5, e o neutro no 5º espaço intercostal na linha axilar anterior à direita (Figura 2);
- DII: o eletrodo negativo posicionado no ápice do manúbrio esternal e o positivo no 6º espaço intercostal esquerdo, na linha axilar anterior.
- V2: eletrodo positivo no quarto espaço intercostal à esquerda do esterno.

O registro do ECG, da frequência cardíaca (bpm), das aferições da pressão arterial sistólica e diastólica (mmHg) foi realizado nos 30 s finais de cada nível de potência e no 1º, 3º, 6º e 9º minutos (60 s, 180 s, 360 s e 540 s, respectivamente) de recuperação. Após o período de recuperação, com o voluntário na posição supina, foi realizado novamente um ECG convencional de 12 derivações.

Para classificação dos voluntários em grupos distintos, foram realizadas avaliações das funções cardiorrespiratórias. A partir da avaliação da capacidade aeróbia, observada no TC-D, os voluntários foram classificados em ativos (moderado) e sedentários (fraco) de acordo com a *American Heart Association* (1997).

O $\dot{V}O_2$ previsto foi calculado a partir das seguintes equações, segundo *American College of Sport Medicine* (1991):

$$\begin{aligned}\dot{V}O_2 \text{ previsto} &= 57,8 - 0,445 \times \text{idade (Homem sedentário)} \\ &= 69,7 - 0,6142 \times \text{idade (Homem ativo)}\end{aligned}$$

e o $\dot{V}O_2$ estimado, foi calculado a partir da seguinte equação, descrita em 1998 pela *American College of Sport Medicine*:

$$\dot{V}O_2 \text{ estimado} = \frac{\{(W \times 12) + 300\}}{\text{Peso}}, \text{ na qual o peso é em Kg e W é a carga em}$$

Watts.

A partir da avaliação clínica, os voluntários que não apresentaram qualquer evidência de alterações cardiovasculares foram considerados saudáveis, e os que apresentaram alteração de pressão arterial foram classificados como portadores de hipertensão leve a moderada, segundo as IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial, 2002.

11.2. Eletrocardiografia

Os voluntários foram monitorizados na derivação MC5, para se obter uma maior diferença entre os picos das ondas R e os picos das ondas T dos sinais eletrocardiográficos (Figura 2).

Os sinais eletrocardiográficos foram captados a partir de um monitor cardíaco de 1 canal (*ECAFIX TC500*), e processados por meio de um conversor analógico digital *Lab. PC+* (*National Instruments, CO.*), que constitui uma interface entre o monitor cardíaco e o microcomputador. A frequência cardíaca foi obtida e calculada a partir dos intervalos R-R (*iR-R*) do ECG, que foram registrados utilizando-se um programa de processamento de sinais (*SILVA et al.*, 1994; *OLIVEIRA et al.*, 1996). Na ilustração da figura 3, observa-se, pela onda P do registro do ECG, que o voluntário estudado apresentava um ritmo sinusal. Isto foi observado em todos os voluntários estudados.

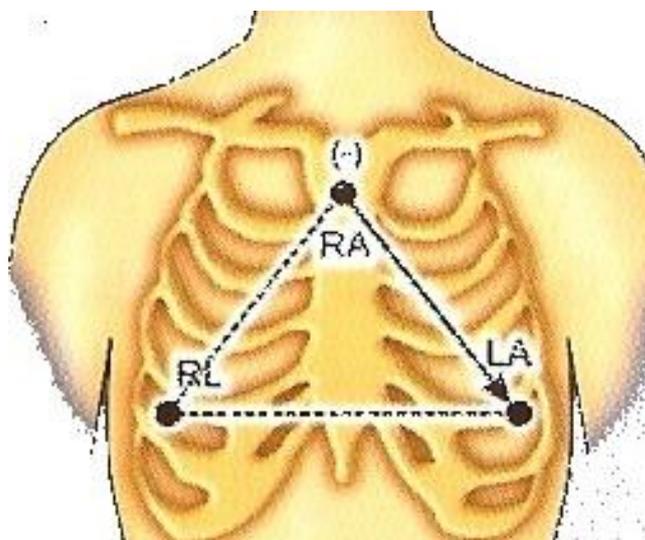


FIGURA 2. Ilustração do posicionamento dos eletrodos na derivação MC5. Modificado de: Neder; Nery. *Fisiologia Clínica do Exercício – Teoria e Prática*, p. 202, 2003.

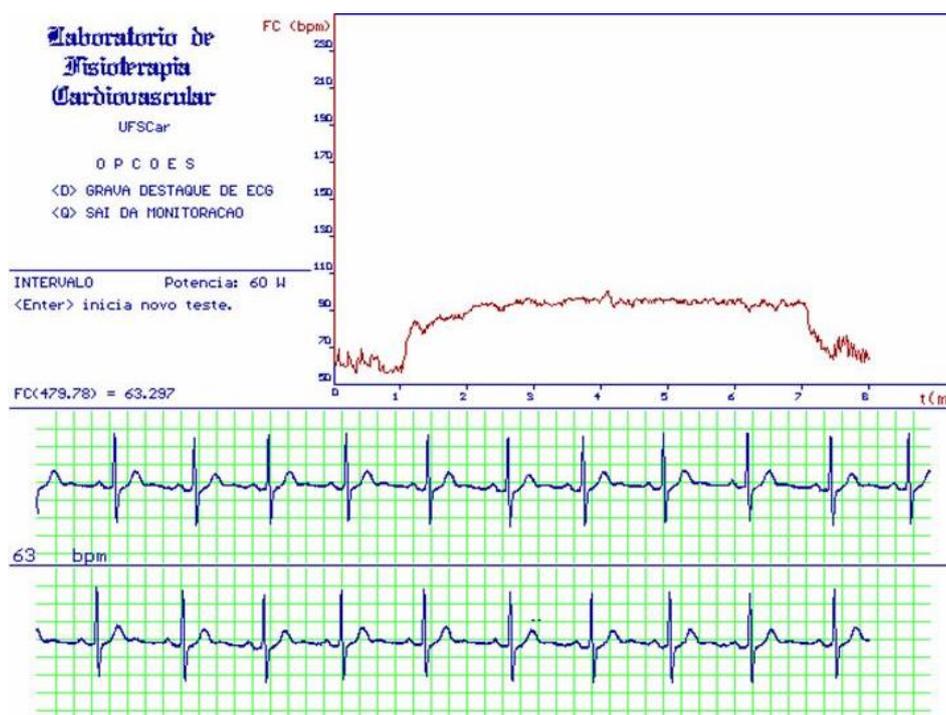


FIGURA 3. Ilustração da aquisição dos dados de frequência cardíaca, batimento a batimento em tempo real, obtida a partir dos intervalos R-R do registro do eletrocardiograma, na potência de 60 Watts realizada durante o protocolo do teste descontínuo do tipo degrau (TD-D) em um dos voluntários estudados do GHS.

11.3. Teste de exercício físico dinâmico descontínuo do tipo degrau (TD-D)

Esse protocolo foi padronizado com o objetivo de avaliar o LA dos voluntários estudados, por meio da análise do comportamento das respostas da frequência cardíaca em cada uma das potências aplicadas, utilizando-se modelos matemáticos e estatísticos.

O protocolo do TD-D constituiu de 60 s de repouso pré-exercício, 360 s de exercício e 60 s de recuperação pós-exercício, com aplicação de cargas constantes, variando de 5 a 10 W. A carga inicial foi de 30% da potência pico atingida no TC-D. Entre uma potência e outra foi interposto um período variável de repouso, para que a frequência cardíaca retornasse a seus valores basais (Figura 4).

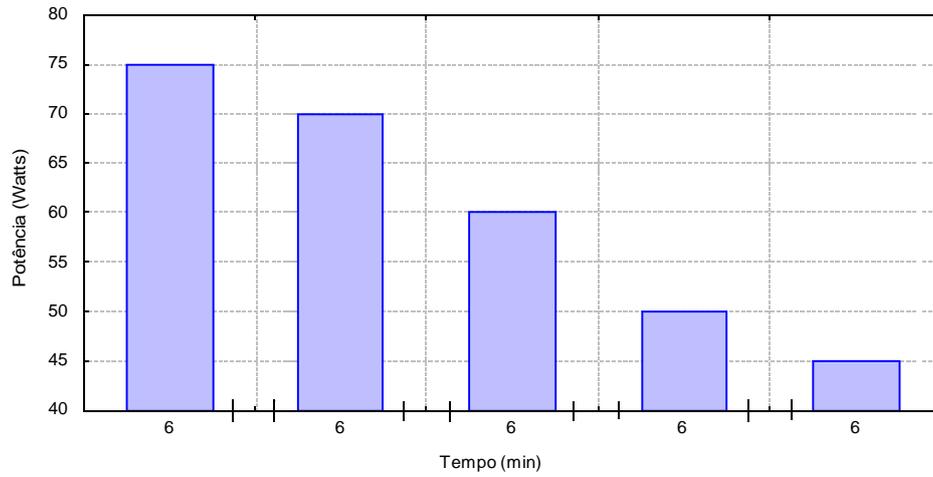


FIGURA 4. Representação esquemática do teste de exercício físico dinâmico descontínuo do tipo degrau, com carga inicial correspondente a 30% da potência pico atingida no teste de exercício físico dinâmico de avaliação clínica.

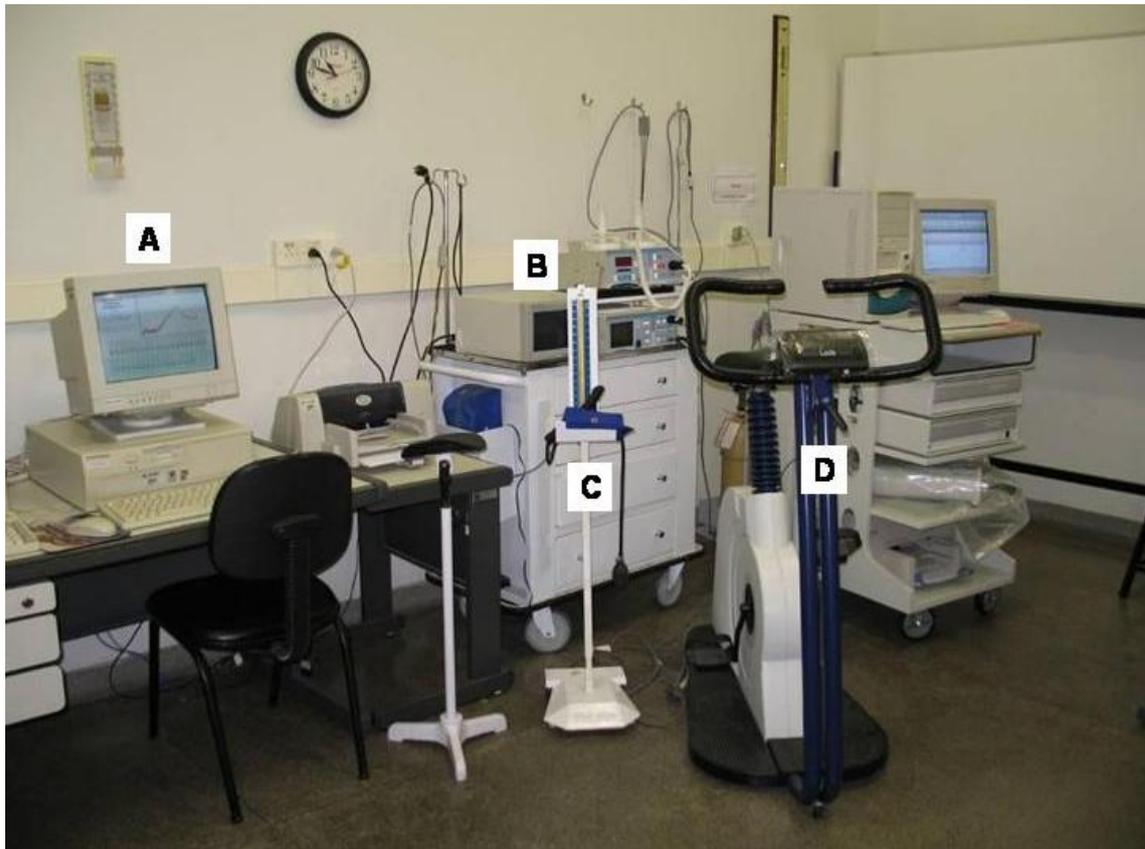


FIGURA 5. Ilustração da montagem experimental do TD-D. Sendo em A: computador de captação; B: monitor cardíaco; C: esfigmomanômetro; D: cicloergômetro de frenagem eletromagnética.

12. Metodologia de análise dos dados

A análise dos dados foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular e de Provas Funcionais, na Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba - Piracicaba.

As características antropométricas e os dados obtidos da avaliação clínica e fisioterapêutica foram analisados e apresentados de forma descritiva.

Foi utilizado o índice de RMSSD para realizar a análise da variabilidade da frequência cardíaca, a partir dos intervalos R-R (ms) captados batimento a batimento (ANTILA, 1979). Esse índice foi calculado para a condição de repouso supino durante 15 min (900 s) de coleta.

Os cálculos desses índices foram realizados por rotina construída no aplicativo "S-Plus" (versão 2000 "Professional Release 1 for MS Windows", 1999, Copyright © Statistical Sciences, Inc. Copyright Lucent Technologies).

Na Figura 6 estão apresentados os dados de frequência cardíaca, em quatro diferentes níveis de potência durante TD-D, em um dos voluntários estudados.

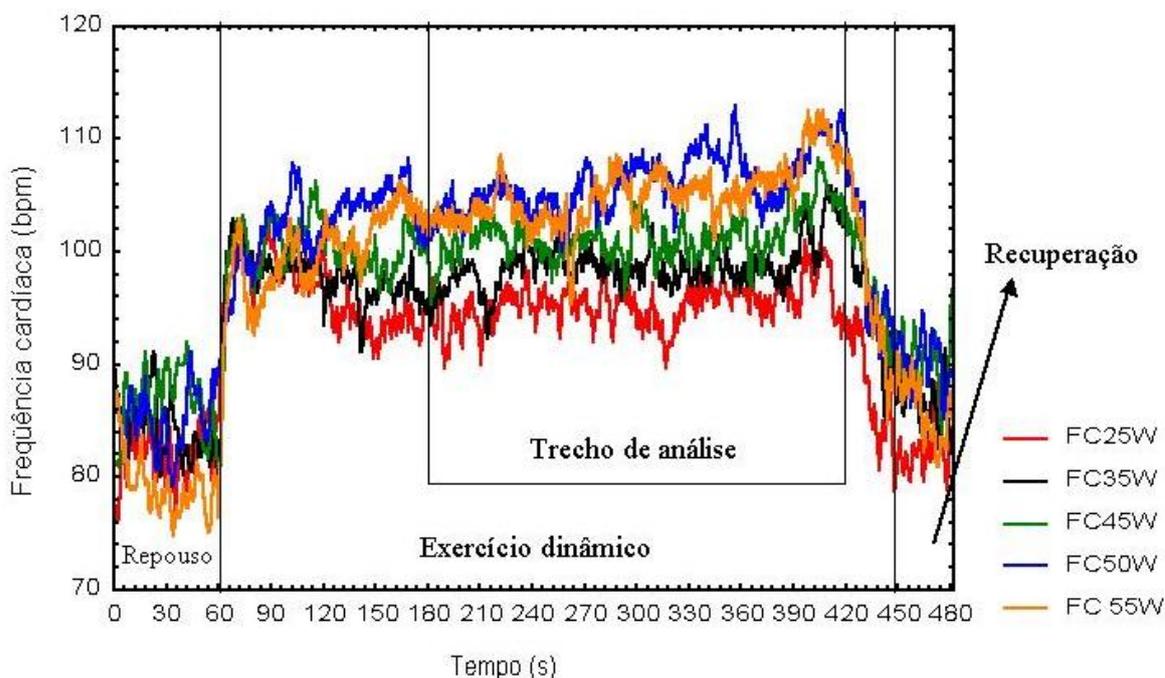


FIGURA 6. Conjunto de dados da frequência cardíaca em cinco diferentes níveis de potência do teste descontínuo do tipo degrau (TD-D): Resposta da frequência cardíaca (bpm) obtida batimento a batimento, em tempo real, durante 60 s em repouso pré-exercício, em 360 s de exercício dinâmico e 60 s em recuperação, de um dos voluntários estudados.

Para a determinação do LA, a partir da análise da resposta da frequência cardíaca, foi ajustado um modelo matemático e estatístico semiparamétrico (Anexo 2).

Com a aplicação deste modelo, o LA pode ser caracterizado a partir da análise do padrão de resposta da frequência cardíaca durante o TD-D, permitindo a identificação do momento em que ocorre a perda de sua estabilidade: inclinação crescente ou decrescente de sua resposta em função do tempo.

Na potência em que foi determinado o LA, calculou-se a frequência cardíaca correspondente ao intervalo de 180 a 420 s do protocolo de avaliação.

Na Figura 7, estão apresentados os dados de frequência cardíaca, em bpm, obtidos batimento a batimento, em tempo real, durante o TD-D na potência do LA (W) de um dos voluntários estudados, no intervalo de 180 s a 420 s. Nesse conjunto de dados foi ajustado o modelo matemático e estatístico semiparamétrico, de forma que seus valores apresentassem inclinação crescente e estatisticamente significativa ($p < 0,05$), no nível de potência considerado o do LA para o voluntário, o que tem sido atribuído ao início do predomínio da ativação simpática, podendo ser indicativo do nível do LA. Para a análise em questão foi utilizada uma rotina a partir do aplicativo "S-Plus" (versão 4.5 "*Professional Release 2 for MS Windows*", 1998, Copyright © Statistical Sciences, Inc. Copyright AT&T). A descrição técnica desse modelo está apresentada no Anexo 2 (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

No nível de potência, correspondente ao LA, também foi calculado o índice de RMSSD dos intervalos R-R (ms) para o mesmo trecho da análise anterior, para análise da variabilidade da frequência cardíaca.

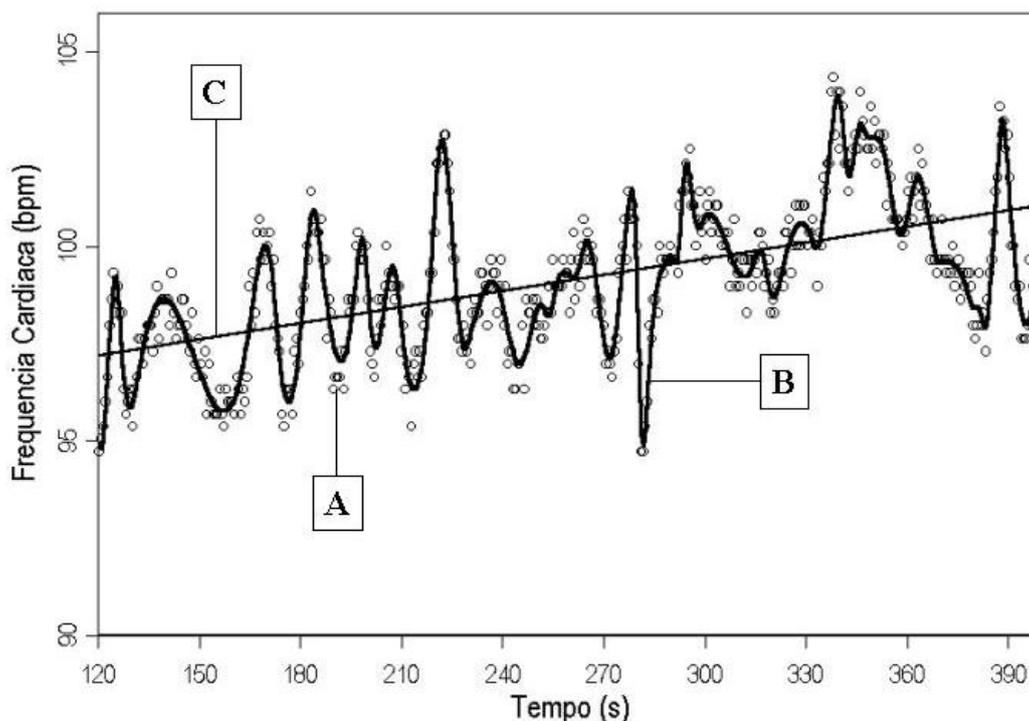


FIGURA 7. Ilustração do modelo matemático e estatístico semiparamétrico, ajustado ao conjunto de dados da frequência cardíaca de um dos voluntários estudados, na potência do limiar de anaerbiose determinado pelo teste descontínuo do tipo degrau (TD-D). Em A: valores da FC, batimento a batimento; em B: ajuste do modelo semiparamétrico aos dados da FC; em C: linha correspondente ao coeficiente angular do ajuste da reta, representativa da tendência de inclinação dos valores da FC.

13. Metodologia estatística

Para a escolha do tipo de teste estatístico a ser aplicado (paramétrico ou não paramétrico), foi feita a análise de distribuição de normalidade dos dados pelo método Kolmogorov-Smirnov (figura 8).

A partir desta análise, verificou-se que as variáveis não apresentaram distribuição normal, sendo então aplicado os testes não paramétricos de *Wilcoxon* e de *Kruskal-Wallis* (ANOVA). Para a análise de comparação múltipla foi utilizado o teste de *Dunn*. Nível de significância de 5%.

Para o processamento e análise dos dados foi utilizado o aplicativo “*Statistica*”-StatSoft (*Release 6 - Copyright © StatSoft, Inc. 1984-2003*). A análise descritiva dos resultados foram apresentadas graficamente em “Box-Plots”, contendo os valores de mediana, 1º e 3º quartis (25 e 75%, respectivamente), valores mínimos e máximos, “*outliers*” e extremos.

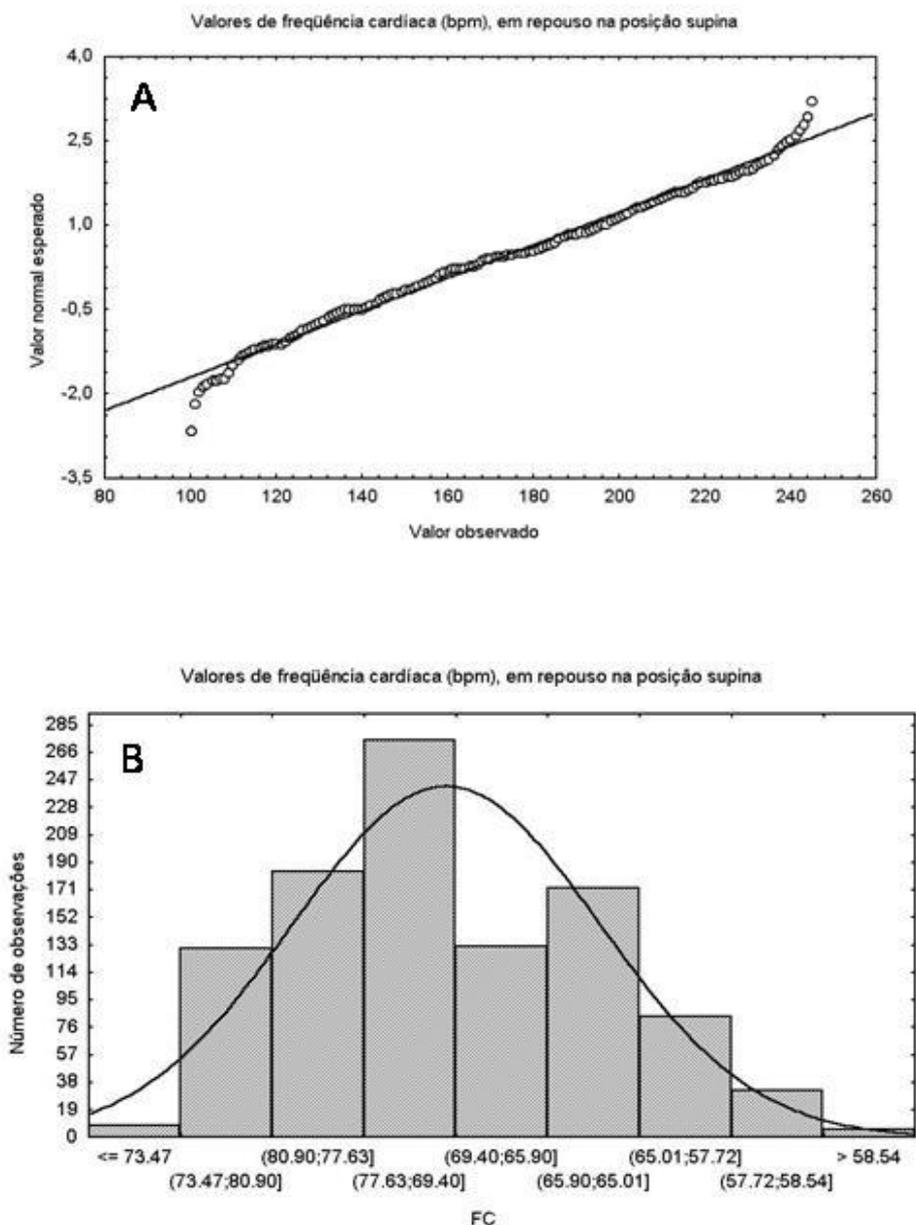


FIGURA 8. Ilustração do resultado de análise estatística descritiva de distribuição de normalidade dos dados de frequência cardíaca, obtida a partir dos intervalos R-R do eletrocardiograma, batimento a batimento, em tempo real, durante repouso na posição supina de um dos voluntários estudados, quanto aos valores observados em relação aos esperados (A) e à forma de distribuição (B).

RESULTADOS

1. Casuística

Na tabela 1 estão apresentados os dados referentes à idade, características antropométricas e variáveis cardiovasculares na condição de repouso dos voluntários estudados.

Os voluntários do GSA apresentaram diferença de idade estatisticamente significativa em relação aos outros dois grupos.

A frequência cardíaca do GSS em repouso foi superior ao GSA ($p < 0,05$) e semelhante ao GHS ($p > 0,05$), porém dentro da faixa de normalidade. No que se refere ao GHS, verifica-se que os valores de PAS e da PAD foram superiores e estatisticamente significante aos demais grupos estudados, e estão dentro da faixa de hipertensão moderada, segundo as IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (2002), porém não fazem uso de qualquer tipo de medicação.

Os exames laboratoriais e eletrocardiográficos do GSA, GSS e GHS não apresentaram anormalidades e no exame clínico não foi evidenciado alterações indicativas de doenças cardiovasculares, indicando que os voluntários do presente estudo estavam aptos a participar dos protocolos experimentais.

Tabela 1: Idade em anos, características antropométricas, FC, PAS e PAD na condição de repouso dos três grupos estudados: saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e dos hipertensos sedentários (GHS). Valores expressos em média e desvio padrão.

Variáveis	GSA N=12	GSS N=10	GHS N=11
Idade (anos)	43,4 ± 3,84	53,9 ± 3,25*	57,5 ± 1,27 †
Altura (m)	1,72 ± 0,07	1,67 ± 0,05	1,69 ± 0,05
Peso (kg)	76,42 ± 6,86	72,5 ± 8,9	78,48 ± 8,21
IMC (kg/m ²)	25,31 ± 2,23	25,98 ± 2,69	27,0 ± 2,51
FC (bpm)	63,5 ± 5,7	73,1 ± 8,4*	69,45 ± 4,23
PAS (mmHg)	115,92 ± 9,1	120 ± 6,2	144,3 ± 9,2 †‡
PAD (mmHg)	73,7 ± 10,3	79 ± 3,2	96 ± 4,7 †‡

m = metros; kg = quilogramas; kg/m² = quilogramas por metro quadrado; FC = frequência cardíaca; bpm = batimento por minuto; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; mmHg = milímetros de mercúrio. Nível de significância $\alpha = 0,05$ GSA x GSS * ; GSA x GHS † ; GSS x GHS ‡

2. Análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo

Na figura 9 estão apresentados os valores do índice de RMSSD dos iR-R (ms), durante 900 s, em condição de repouso nas posições supina e sentada para os três grupos estudados (GSA, GSS e GHS). Verifica-se pela análise deste índice que a variabilidade da frequência cardíaca na posição supina apresentou-se semelhante para todos os grupos estudados ($p > 0,05$). Já na posição sentada foi observado para o GSA maior valor do índice de RMSSD dos iR-R (ms) em comparação ao GHS ($p < 0,05$), e valores semelhantes quando relacionado o GSA ao GSS ($p > 0,05$). Quando comparado o GSS com o GHS não foi observado diferença estatisticamente significativa. Porém vale ressaltar que o GSA apresentou maior diferença dos dados em relação a distância entre o 1º e o 3º quartis, tanto na posição supina quanto na posição sentada.

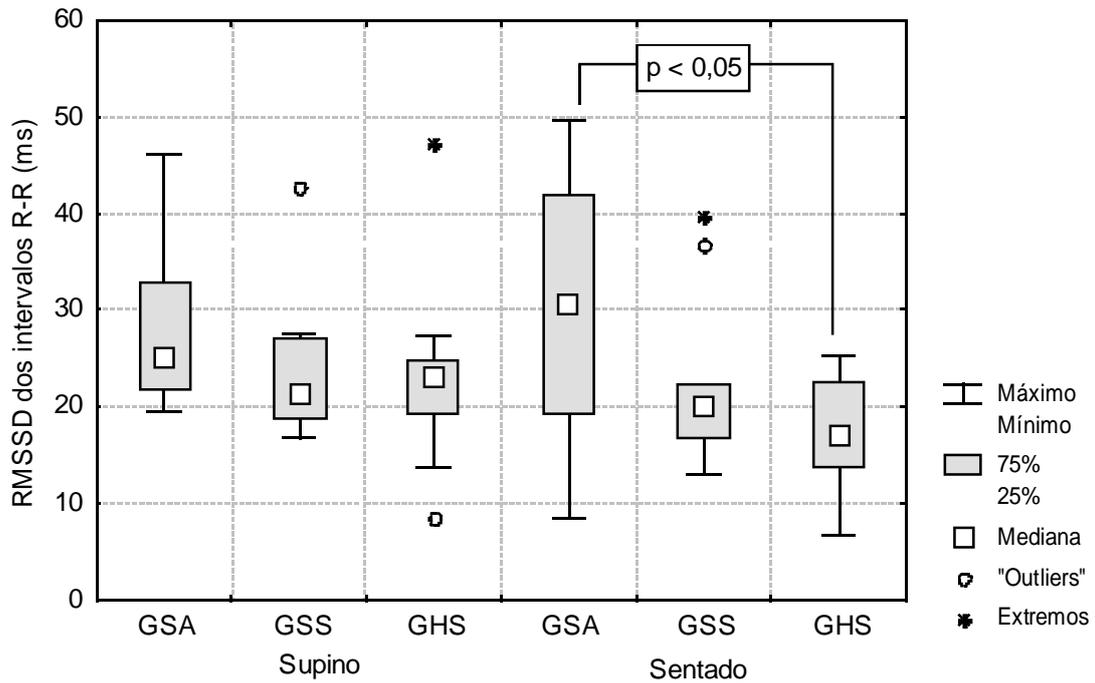


FIGURA 9. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos R-R (ms), durante o repouso nas posições supina e sentada para os grupos saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e hipertensos sedentários (GHS). Nível de significância $\alpha = 5\%$.

A figura 10 ilustra os valores do índice de RMSSD dos iR-R (ms) em condição de repouso na posição supina e sentada para o GSA. Verifica-se que não houve diferença nos valores de RMSSD dos iR-R (ms) entre as posições supina e sentada. Pode-se verificar ainda nesta figura que a dispersão dos dados é maior na condição sentada (diferença entre o 1º e 3º quartis).

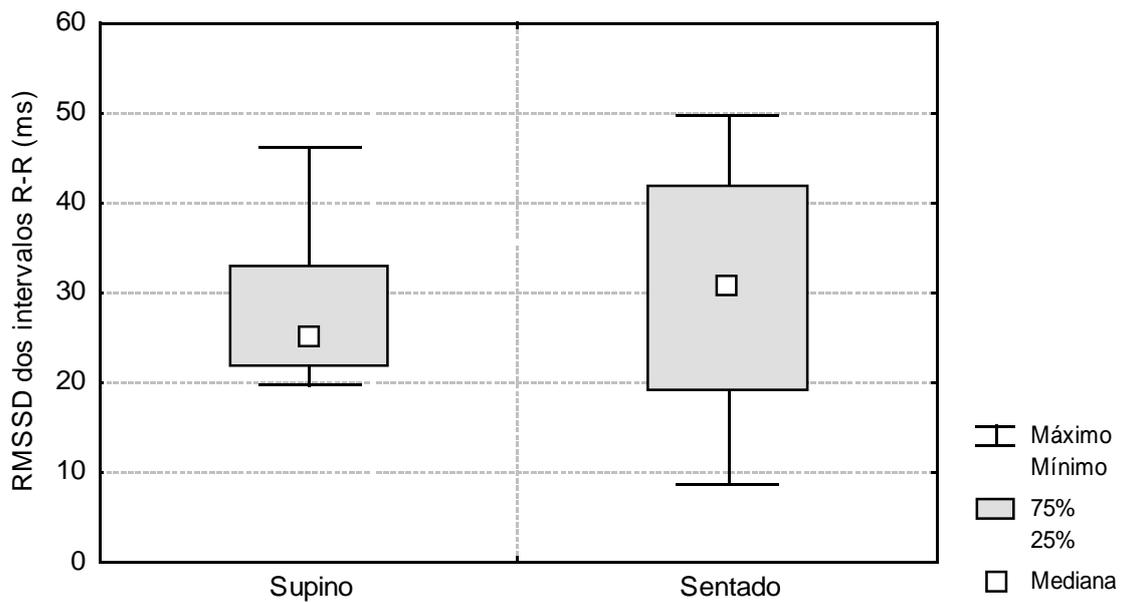


FIGURA 10. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos R-R (ms), durante o repouso nas posições supina e sentada para o grupo de saudáveis ativos (GSA). Nível de significância $\alpha = 5\%$.

Na figura 11, estão apresentados os valores do índice de RMSSD dos iR-R (ms) em condição de repouso na posição supina e sentada para o GSS. Verifica-se que não houve diferença nos valores de RMSSD dos iR-R (ms) entre as posições supina e sentada. Porém, vale ressaltar que os dados do GSS apresentaram maior variabilidade (distância entre o 1º e 3º quartis) na posição supina.

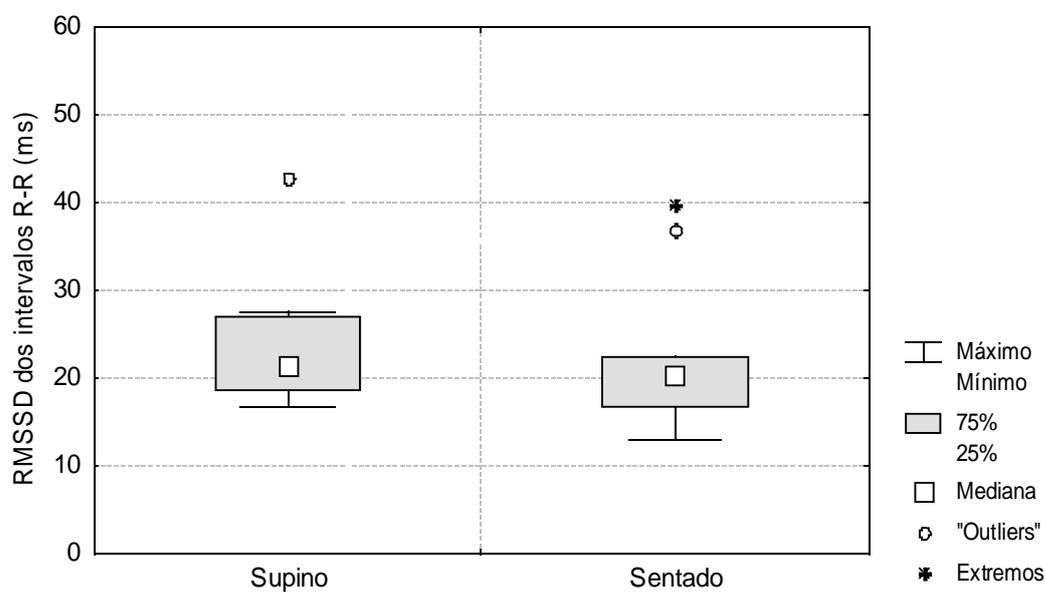


Figura 11. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos R-R (ms), durante o repouso nas posições supina e sentada para o grupo de saudáveis sedentários (GSS). Nível de significância $\alpha = 5\%$.

Os valores do índice de RMSSD dos iR-R (ms) em condição de repouso na posição supina e sentada para o GHS estão representados na figura 12. Verifica-se que não houve diferença nos valores de RMSSD dos iR-R (ms) entre as posições supina e sentada. Nota-se ainda que a dispersão dos dados é maior na condição sentada (diferença entre o 1º e 3º quartis).

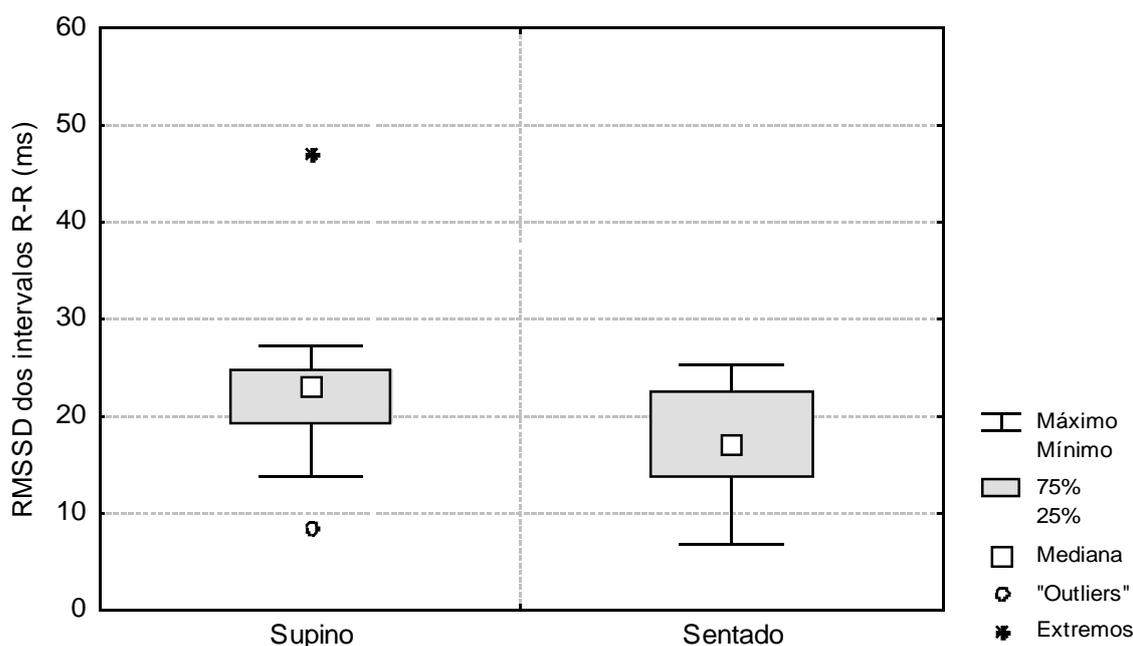


FIGURA 12. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos R-R (ms), durante o repouso nas posições supina e sentada para o grupo de hipertensos (GHS). Nível de significância $\alpha = 5\%$.

No que refere aos valores de RMSSD dos intervalos R-R (ms) no nível de potência correspondente ao LA (figura 13), observa-se que o GSA apresentou valores superiores e estatisticamente significantes em relação ao GSS e GHS. Já quando comparado o GSS ao GHS foi observado valores semelhantes ($p > 0,05$). Nota-se ainda nesta figura, que a dispersão dos dados (diferença entre o 1º e 3º quartis) apresentou-se semelhante para os três grupos estudados.

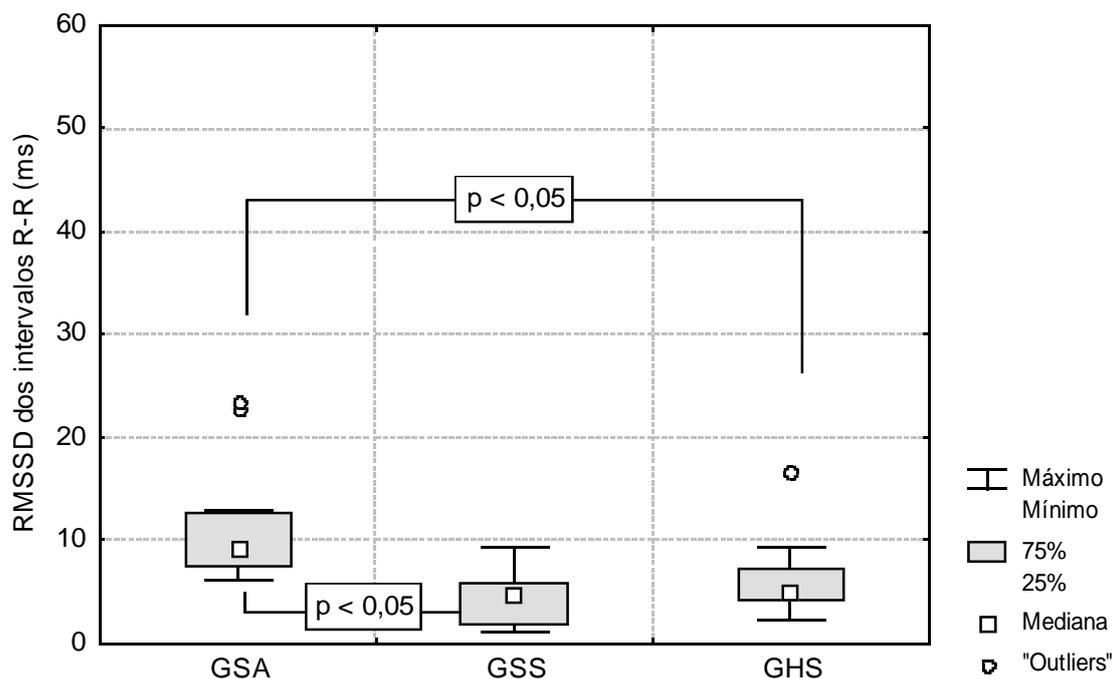


FIGURA 13. Valores dos índices de RMSSD dos intervalos RR (iRR) em ms, no teste de esforço físico dinâmico descontinuo do tipo degrau (TD-D) dos grupos saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e hipertensos sedentários (GHS), no nível de potência em que foi determinado o limiar de anaerobiose (LA). Nível de significância $\alpha = 5\%$.

Verifica-se na tabela 2, que o nível de potência atingido no pico do teste de exercício físico contínuo do tipo degrau do GSA foi superior aos demais grupos estudados ($p < 0,05$), o GSS atingiu valores inferiores ao GHS porém estatisticamente não significante.

O valor médio de frequência cardíaca no pico do teste de exercício físico contínuo do tipo degrau foi superior para o GSS ($p < 0,05$) quando comparado ao GHS, já em relação ao GSA não apresentou diferença estatística significativa ($p > 0,05$).

O GHS apresentou hipertensão reativa ao esforço tanto da PAS quanto da PAD e foram superiores aos outros dois grupos estudados (CONSENSO NACIONAL DE ERGOMETRIA, 1995).

Os valores de $\dot{V}O_2$ máx (ml/kg/min) previsto e estimado durante o TC-D foram maiores para o GSA ($p < 0,05$) em relação ao GSS e GHS.

Quando analisados os níveis de potência e a resposta da frequência cardíaca no nível do LA do teste de exercício físico descontínuo do tipo degrau, observou-se que não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre os três grupos estudados.

O valor percentual de potência do LA em relação a potência no pico do teste de exercício físico contínuo do tipo degrau não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os três grupos estudados. Já o valor percentual da frequência cardíaca no LA em relação ao do pico do teste de exercício físico contínuo do tipo degrau foi menor para o GSS quando comparado ao grupo GHS ($p < 0,05$), porém entre o GSA e GSS, e o GSA e GHS as diferenças dos valores percentuais da frequência cardíaca não foram estatisticamente significantes.

Tabela 2. Variáveis cardiorrespiratórias no pico do teste ergométrico (TE) de avaliação cardiovascular e da capacidade funcional, no limiar de anaerobiose (LA) e valores percentuais do LA em relação aos do pico do (TE) dos três grupos estudados: saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e dos hipertensos sedentários (GHS). Valores expressos em média e desvio padrão.

Variáveis		GSA N=12	GSS N=10	GHS N=11	
Pico do TC-D	Potência (Watts)	189,5 ± 12,8*†	135 ± 21,0	142,5 ± 20,4	
	FC máx prevista (bpm)	176,8 ± 3,54*†	166,1 ± 3,2	162 ± 1,4	
	FC máx atingida (bpm)	164,2 ± 20,1	178,4 ± 13,7‡	160,9 ± 9,8	
	PAS (mmHg)	202,5 ± 16	191,5 ± 16,5	220 ± 20,8 †‡	
	PAD (mmHg)	91,6 ± 7,1	94 ± 11,5	108,6 ± 6,7 †‡	
	VO ₂ previsto (ml/kg/min)	43,18 ± 2,17*†	33,81 ± 1,44	32,27 ± 0,6	
	VO ₂ estimado (ml/kg/min)	36,32 ± 4,0*†	26,73 ± 4,0	26,28 ± 4,97	
	Nível de classificação da capacidade aeróbia (AHA)	"Regular"	"Fraca"	"Fraca"	
	LA (TD-D)	Potência	59,5 ± 14,2	46,5 ± 14,1	52,1 ± 8,9
	% (LA em relação ao pico)	FC	101,8 ± 12,2	99 ± 11,6	97,5 ± 11,9
	Potência	31,3 ± 6,6	35 ± 8,9	35,9 ± 6,9	
	FC	59,6 ± 7,1	55,5 ± 5	62 ± 8,7 ‡	

Potência em Watts; FC = frequência cardíaca, em batimentos por minuto (bpm); PAS = pressão arterial sistólica, em milímetros de mercúrio (mmHg); PAD = pressão arterial diastólica, em mmHg; VO₂ = consumo de oxigênio, em milímetros por quilogramas por minuto (ml/kg/min); AHA = American Heart Association. Nível de significância $\alpha = 0,05$, GSA x GSS * ; GSA x GHS † ; GSS x GHS ‡.

DISCUSSÃO

1. Características dos voluntários

Na interpretação dos resultados da amostra estudada alguns aspectos importantes devem ser considerados, tendo em vista que as respostas fisiológicas estão relacionadas a vários fatores como a idade, sexo, características antropométricas, hábitos de vida, dentre outros (MACIEL *et al.*, 1986; SEALS; VICTOR, 1991; DAVY *et al.*, 1998; CARTER; BANISTER; BLADER, 2003). Por outro lado sabe-se que a frequência cardíaca se modifica na dependência das condições fisiológicas existentes, no dia a dia, ou seja, repouso, exercício físico, posição de decúbito, estado de vigília, sono, etc (GALLO JR *et al.*, 1995; BARBOSA *et al.*, 1996; CATAI *et al.*, 2002). Além disso, fatores decorrentes do comprometimento orgânico podem causar disfunções do sistema nervoso autônomo (SNA) e dessa forma influenciar na frequência cardíaca (LONGO; FERREIRA; CORREIA, 1995).

Neste estudo buscou-se a padronização de cada um dos grupos, de forma a minimizar essas diferenças, ou seja, o rigor na triagem dos voluntários, o que possibilitou que cada grupo apresentasse características antropométricas semelhante.

As condições ambientais também foram controladas durante todo o experimento com valores médios de temperatura de 22° C e umidade relativa do ar de 50%.

Pela análise da frequência cardíaca em repouso, observou-se que todos os voluntários apresentaram valores em mediana dentro da faixa de normalidade de 60 a 80 bpm, segundo Wilmore; Costil (2002).

No que se refere aos valores de pressão arterial sistólica e diastólica, verificou-se que os grupos saudáveis (GSA e GSS) estão dentro da faixa de normalidade segundo as normas estabelecidas pelas IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (2002). Já para o grupo de hipertensos (GHS), os valores se encontram dentro da faixa de hipertensão no estágio 1 (IV DIRETRIZES BRASILEIRAS DE HIPERTENSÃO ARTERIAL, 2002).

2. Análise da variabilidade da frequência cardíaca no repouso e no nível do limiar de anaerobiose (LA) do teste descontínuo do tipo degrau

A mensuração da variabilidade da frequência cardíaca foi utilizada como um método não invasivo para avaliar a modulação autonômica da frequência cardíaca tanto em repouso como durante o exercício físico. A análise da variabilidade da frequência cardíaca fornece importantes informações prognóstica em situações clínicas. Tem sido referido que a redução dos valores da variabilidade da frequência cardíaca resulta em um aumento do tônus simpático e na diminuição do tônus parassimpático, e tem sido associado com doença cardíaca isquêmica, aumento da mortalidade pós-infarto do miocárdio, aumento de morte súbita (BIGGER *et al.*, 1992). Além disso tem sido referido que a posição corporal e a idade também interferem na modulação do sistema cardiovascular modificando o grau de variações da atividade dos eferentes simpático e parassimpático sobre o nódulo sinusal. Lindqvist (1990), refere que a variabilidade da frequência cardíaca em repouso na posição supina é maior que na posição sentada, sugerindo que é decorrente de uma maior ativação do vago sobre o nódulo sinusal (LONGO; FERREIRA; CORREIA, 1995).

No presente estudo, a análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo, em repouso, não apresentou diferença estatisticamente significativa em relação à mudança postural nos três grupos estudados. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Sirol (2004), que analisando a variabilidade da frequência cardíaca a partir do índice temporal de RMSSD dos intervalos R-R (ms), não encontrou diferença significativa entre as posições supina e sentada para homens de meia idade ativos e sedentários.

Quando comparamos os valores do índice RMSSD dos diferentes grupos na posição supina em repouso, não observamos diferença significativa entre eles. No entanto, na posição sentada, verificamos que o GSA apresentou valores estatisticamente superiores quando comparado ao GHS ($p < 0,05$) e semelhantes ao GSS. Já no nível do LA, o GSA apresentou maior variabilidade da frequência cardíaca em relação aos demais grupos. Com base nesses resultados, podemos inferir que a mudança postural não provocou alterações na modulação da frequência cardíaca, a partir da análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo. No entanto observa-se que houve influência da condição de saúde e do nível de aptidão física na variabilidade da frequência cardíaca durante o repouso na posição sentada e no nível do LA do GSA, sugerindo que este grupo apresenta um predomínio da atividade vagal em relação aos outros grupos estudados.

Lakatta (1995) refere que com o avanço da idade ocorre uma diminuição da variabilidade da frequência cardíaca, e estudos têm mostrado que esta alteração pode estar relacionada a um declínio na modulação vagal da frequência cardíaca (MIGLIARO *et al.*, 2001).

Várias evidências indicam que a resposta cardiovascular ao exercício, em indivíduos hipertensos, está mais relacionada à anormalidades na circulação periférica, do que no mecanismo central (MODESTI *et al.*, 1994). Já Sinoway *et al.* (1989) refere que indivíduos hipertensos apresentam diminuição do metabolismo aeróbio ao exercício físico e dessa forma em baixos níveis de exercício físico ocorre ativação simpática.

Esse processo de ajuste está associado à ação das fibras aferentes não-mielínicas dos grupos III e IV, cuja principal função é o envio de informações concernentes às alterações mecânicas e metabólicas ocorridas, em nível muscular, para o sistema nervoso central. Tais estímulos informam, em paralelo, a área de controle cardiovascular, localizada no bulbo; e esta, por meio do sistema nervoso autônomo e seus eferentes simpático e parassimpático, modula o coração, ajustando a frequência cardíaca de acordo com a demanda metabólica imposta, aumentando ou diminuindo o número de batimentos cardíacos quando necessário (MITCHELL *et al.*, 1983; ROWELL; O'LEARY, 1990).

Assim, ocorre um incremento lento e gradativo da frequência cardíaca com conseqüente diminuição de sua variabilidade em decorrência, provavelmente, da associação da lenta retirada vagal e da predominância do sistema nervoso simpático sobre a modulação do coração. Somando-se a isto, um possível aumento da atuação simpática parece também sofrer influência direta da ação dos quimiorreceptores musculares que estão mais ativos em cargas de trabalho mais elevadas (ROWELL, 1992).

A literatura refere ainda que, a redução dos valores da variabilidade da frequência cardíaca, resulta em um aumento do tônus simpático e diminuição do

tônus parassimpático, e tem sido associado com doenças cardiovasculares (BIGGER *et al.*, 1992).

3. Resposta das variáveis estudadas no pico do TC-D e no nível do LA do TD-D.

A aplicação de testes ergométricos e ergoespirométricos na prática clínica tem ampla aceitação tanto para avaliação das respostas hemodinâmicas ao exercício físico como para o diagnóstico e prognóstico de doenças cardiovasculares. Além disso, têm sido muito utilizados para a determinação da intensidade da carga de treinamento físico.

O treinamento físico tem sido considerado um importante esquema terapêutico não-farmacológico no tratamento de pacientes portadores de cardiopatias e na prevenção de eventos cardiovasculares para portadores de fatores de risco com maior propensão ao desenvolvimento de doenças cardíacas.

Segundo Carter; Banister; Blader (2003), as adaptações benéficas na função cardíaca, atribuídas à prática de atividade física regular de endurance incluem alterações centrais, tais como aumento no rendimento cardíaco máximo, no volume de ejeção e no volume diastólico final, e alterações periféricas no músculo esquelético, com conseqüente aumento na capacidade física aeróbia.

No que se refere ao $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) previsto e estimado, no pico do teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau, o GSA apresentou valores compatíveis com a faixa de classificação aeróbia "regular". Já os voluntários dos grupos GSS e GHS apresentaram valores compatíveis com a faixa de classificação aeróbia "fraca", segundo a "American Heart Association", 1997. Fagard (1988) e Smith (1992) referem que o $\dot{V}O_2$ máximo de portadores de

hipertensão (grau leve) obtido durante teste cardiopulmonar apresenta-se reduzido em relação a saudáveis na mesma faixa etária.

Nossos resultados são discordantes dos observados por estes autores, sendo que nesta investigação observamos capacidade funcional aeróbia similar entre o GSS e o GHS. Esses resultados podem ser atribuídos ao estilo de vida dos portadores de hipertensão, os quais são trabalhadores braçais com atividade ocupacional de jardinagem e limpeza geral. Ainda, estudos realizados por Taylor-Tolbert *et al.* (2000) e Otterço (2004) estudando homens de meia idade hipertensos e Sakabe (2004) estudando indivíduos de meia idade saudáveis sedentários, observaram valores de $\dot{V}O_2$ pico de 19 ml/kg/min, 22,9 ml/kg/min e 21 ml/kg/min, respectivamente. No entanto, os valores de $\dot{V}O_2$ pico encontrados por esses autores são inferiores aos observados em nosso estudo, porém esta diferença de resultados pode ser justificada pelo fato dos nossos dados de $\dot{V}O_2$ pico terem sido estimados segundo a fórmula da *American College of Sport Medicine* (1998), enquanto os autores referidos utilizaram análise ergoespirométrica.

Modesti *et al.* (1994), estudando indivíduos saudáveis e hipertensos, observaram valores semelhantes de potência, frequência cardíaca, $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ no pico do exercício físico, para ambos os grupos; no entanto, os valores encontrados neste estudo foram superiores aos encontrados na presente investigação. Vale ressaltar que essa discrepância pode ter ocorrido devido à diferença de protocolo utilizado, uma vez que a literatura refere que em protocolos com esteira, por envolver maior massa muscular, atinge-se valores de $\dot{V}O_2$ maiores do que quando comparados com valores obtidos em cicloergômetro (BUCHFUEHRER *et al.*, 1983).

Tem sido preconizado, para este tipo de amostra, a prática de exercício físico em intensidades próximas ao primeiro LA, pois parece proporcionar maior segurança em relação a possíveis eventos cardiovasculares. Além disso promove sobrecarga efetiva e segura ao organismo, levando a modificações anatômico-fisiológicas que permitem ao indivíduo aumentar sua capacidade aeróbia de maneira gradual (ALONSO *et al.*, 1998).

Del Grossi (2004); Sirol (2004); Kaizer *et al.* (2003), referem que o momento do primeiro LA determinado em teste contínuo do tipo rampa ocorre em níveis de potências superiores aos dos testes em degraus descontínuos, dessa forma pode-se estar superestimando o nível de potência para o treinamento físico.

Assim a utilização da análise da perda de estabilidade da resposta da frequência cardíaca para estimar o LA, por meio da aplicação do modelo matemático e estatístico semi-paramétrico (SPM) (SAKABE *et al.*, 2002; TEIXEIRA, 2003; FERREIRA, 2003), tem mostrado ser uma técnica não-invasiva, de baixo custo e de alta sensibilidade, para avaliação da capacidade aeróbia em

níveis sub-máximos de potência. Esta metodologia pode ser utilizada em clínicas de fisioterapia, ambulatórios e academias com maior segurança, uma vez que não há necessidade de expor os pacientes a estresses máximos para determinar o LA, tanto para a avaliação e reavaliação, como para a prescrição de programas de treinamento físico aeróbio.

Na presente investigação, o LA foi detectado por meio da aplicação da metodologia acima referida, na série de dados da frequência cardíaca, obtida durante o teste em degraus descontínuos. O nível de potência do LA foi determinada como sendo a menor carga em que se observa uma resposta crescente da frequência cardíaca, determinada a partir do ajuste do modelo matemático aos dados. Nos níveis de potência acima do LA ocorre um aumento crescente da resposta da frequência cardíaca que é em grande parte dependente de uma maior ativação simpática e diminuição do controle parassimpático sobre o nódulo sinusal (MARÃES *et al.*, 2003).

Quando analisada a frequência cardíaca no nível de potência correspondente ao LA, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos estudados. Esse achado sugere que o trabalho cardíaco no LA dos grupos foram similares, apesar do grupo ativo ter atingido cargas de trabalho superiores, no teste de exercício máximo, evidenciando a sua maior capacidade física em relação aos grupos sedentário e hipertenso. Vale ressaltar que o GSS foi o que atingiu menor nível de potência no pico do esforço porém com valores de frequência cardíaca supra máximos para a idade. Tais respostas são atribuídas ao estilo de vida sedentário deste grupo. No que se refere aos resultados dos hipertensos, estes apresentaram maior potência aeróbia em relação aos saudáveis sedentários, refletida pelo nível de potência

atingido no pico do esforço, com menor sobrecarga cardíaca, isto é, menores valores de frequência cardíaca, o que pode ser atribuído ao estilo de vida desse grupo, uma vez que os mesmos são trabalhadores braçais, com atividade ocupacional de jardinagem e limpeza geral. Nesse sentido, a literatura tem demonstrado que o sistema cardiovascular está relacionado ao nível de condicionamento físico dos voluntários estudados (HAGBERG *et al.*, 1985; ROGERS *et al.*, 1990).

Nossos resultados são concordantes com estudos prévios realizados em nosso laboratório (SIROL, 2004) que refere que o nível de potência que o grupo de ativos e sedentários atingiram foram 60W e 45W, e a frequência cardíaca foi de 102 bpm e 95 bpm, respectivamente. Del Grossi (2004) utilizando o mesmo método de análise, porém estudando hipertensos, relatou que estes atingiram o LA no nível de potência e de frequência cardíaca cujos valores medianos são respectivamente 57 W e 105 bpm.

Ribeiro *et al.* (2000) verificaram que não houve diferença entre a potência e a frequência cardíaca, atingida durante teste de exercício físico descontínuo do tipo degrau, em indivíduos portadores de fatores de risco para a doença da artéria coronária e portadores da doença. No entanto, neste caso, todos os voluntários eram ativos e participavam de um programa de tratamento fisioterapêutico. Isto sugere que a atividade física contribuiu para o desempenho funcional do indivíduo portador de doença da artéria coronária.

As alterações nas respostas da frequência cardíaca induzidas pelo exercício físico são mediadas por modificações na atividade dos eferentes simpático e parassimpático sobre o nódulo sinusal (MACIEL *et al.*, 1986; CARTER, BANISTER; BLADER, 2003). O comportamento da frequência cardíaca

depende, em grande parte, da demanda metabólica muscular e, neste sentido, a elevação rápida da frequência cardíaca propicia um aumento do fluxo sanguíneo nessas áreas, gerando uma maior eficiência no mecanismo de transporte de oxigênio aos músculos em atividade contráctil (GALLO JR. *et al.*, 1990; BARROS NETO, 1996).

Um índice bastante utilizado na prescrição de protocolos de treinamento físico é a frequência cardíaca. Existem algumas fórmula pré-estabelecidas para a determinação da frequência cardíaca de treinamento, mas é preconizado que a intensidade de exercício ideal seja determinada em testes de exercício para a avaliação da capacidade funcional (WASSERMAN; McILROY, 1964).

Sirol *et al.* (2005) referem que a frequência cardíaca de voluntários saudáveis e sedentários de meia idade não diferiu entre os protocolos de exercício físico dinâmico com incremento de carga contínuo e com carga constante. Já em relação à potência no LA, o teste com incremento de carga contínuo apresentou valores superiores em relação ao teste com cargas descontínuas, o que pode ser explicado pela duração do exercício em cada nível de potência dos dois protocolos. Pela maior duração do exercício no teste descontínuo, a sobrecarga aplicada ao sistema cardiovascular, mensurada pela frequência cardíaca, é similar à observada no teste contínuo, porém em níveis de esforço mais baixos, em termos de valores de potência.

Na presente investigação, os valores percentuais de frequência cardíaca e da potência determinado no LA do protocolo com cargas descontínuas, em relação ao com cargas crescentes, são inferiores aos preconizados na literatura, de 60 a 80% da potência pico do teste ergométrico (KARVONEN; KENTALA; MUSTALA, 1957; WASSERMAN *et al.*, 1973; LANGE *et al.*, 1991). Desta forma,

podemos inferir que na impossibilidade de determinar o LA, poderíamos estar utilizando o percentual observado no presente estudo para a prescrição do nível de treinamento físico para indivíduos com perfil semelhante ao dos voluntários analisados, permitindo uma sobrecarga cardíaca ideal dentro dos limites aeróbios preconizados pelo teste.

Para portadores de fatores de risco para doenças cardiovasculares tais como a hipertensão e o sedentarismo, o nível de potência atingido no LA pode ser utilizado como a intensidade da carga de trabalho na qual ainda está presente a ação protetora vagal. Além disso, proporciona maior segurança ao praticante de exercício físico, uma vez que acima do LA o sistema cardiovascular começa a limitar a oferta de oxigênio aos tecidos.

Nosso trabalho propõe uma metodologia simples e barata de determinação do LA, utilizando-se da análise da resposta da frequência cardíaca. Esta permite a prescrição de um treinamento físico individualizado e específico para um determinado indivíduo, possibilitando a realização da atividade física dentro de padrões seguros e eficazes, além de tornar-se acessível à clínicas de reabilitação, academias e outros que necessitem destas intervenções.

CONCLUSÃO

A partir da análise do conjunto de dados obtidos no presente estudo dentro da condição experimental empregada, pudemos chegar às seguintes conclusões:

- o GSA apresentou maior variabilidade da frequência cardíaca, o que pode ser atribuído à condição de saúde e ao nível de aptidão física, sugerindo uma maior modulação autonômica do parassimpático sobre o nódulo sinusal, bem como uma menor sobrecarga cardíaca ao exercício físico refletida pela maior potência atingida com menor resposta da frequência cardíaca no pico do TC-D.
- apesar do GHS apresentar valores semelhantes do índice de RMSSD dos intervalos R-R (ms) ao GSS, tanto na condição de repouso como durante o exercício físico no nível do LA, determinado no TD-D, os mesmos atingiram um maior nível de potência com menor valor de frequência cardíaca no pico do teste de avaliação da capacidade funcional. Esses resultados sugerem que apesar da hipertensão arterial apresentar fator de risco para doença cardiovascular, os voluntários hipertensos apresentaram melhor capacidade funcional aeróbia que os sedentários, indicando que o grupo sedentário possui risco latente de doença cardiovascular, pois atingiu baixo nível de potência com grande sobrecarga cardíaca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALGRA, D. *et al.* Heart rate variability from 24h electrocardiograph and the 2-year risk for sudden death. **Circulation**, v. 8, p. 180-185, 1993.

ALONSO, D.O. *et al.* Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício progressivo máximo. **Arq Bras Cardiol**, v. 71, n. 6, p. 787-792, 1998.

AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE, Position stand on the recommended quantity on exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility and healthy adults. **Med Sci Sports Exercise**, v. 30, p. 975-991, 1998.

AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE, **Guidelines for exercise testing and prescription**, 4th ed. Williams & Wilkins, Baltimore, 1991.

ANTILA, K. Quantitative characterization of heart rate during exercise. **Scand J Clin Lab Invest**, v.153, p. 3-68 (Suppl), 1979.

BARBOSA, P.R. ; BARBOSA FILHO, J.; DE SA, C.A. Effects of age, sex and coronary heart disease on the autonomic modulation of the heart. **Arq Bras Cardiol**, v. 67, n. 5, p. 325-329, 1996.

BARROS NETO, T.L. Fisiologia do exercício aplicada ao sistema cardiovascular. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, v. 6, n. 1, p. 6-10, 1996.

BELCASTRO, A. N.; BONEN, A. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled exercise. **J Appl Physiol**, v. 39, n. 6, p. 932 - 936, 1975.

BIGGER, J.T. *et al.* Correlation among time and frequency domain measures of heart period variability two weeks after acute myocardial infarction. **Am J Cardiol**, New York, v. 69, p. 891-898, 1992.

BROOKS, G. A. Current concepts in lactate exchange. **Med Sci Sports Exerc**, v. 23, n. 8, p. 895-906, 1991.

BUCHFUEHRER, M. J. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **J Appl Physiol**. v. 55, p. 1558-1564, 1983.

BUNC. V. *et al.* Verification of the heart rate threshold. **Eur J Appl Physiol**, v. 70, p. 263-269, 1995.

CAIOZZO, V. J.; DAVIS, J.A. ; ELLIS, J.F. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. **J Appl Physiol**, v. 53, n. 5, p. 1184-1189, 1982.

CARTER J.B.; BANISTER, E.W.; BLABER, A.P. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate, **Sports Medicine**, v. 33, n. 1, p. 33-46 (14), 2003.

CATAI, A.M. **Estudo da capacidade aeróbia e da variabilidade da frequência cardíaca em homens jovens e de meia-idade submetidos à treinamento físico aeróbio**. Tese de Doutorado, Departamento de Fisiologia e Biofísica-Instituto de Biologia - Unicamp, Campinas, 1999.

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

CONSENSO NACIONAL DE ERGOMETRIA. **Arq Bras Cardiol**, v. 65, n. 2, 1995.

DAVY, K.P. *et al.* Elevated heart rate variability in physically activity young and older adult women. **Clin Sci**, v. 94, n. 6, p. 579-584, 1998.

DEL GROSSI, R.T. **Avaliação da modulação autonômica da frequência cardíaca no repouso e determinação do limiar de anaerobiose durante testes de exercício físico dinâmico: contínuo do tipo rampa e descontínuo do tipo degrau em homens hipertensos de meia idade**. Piracicaba, 2004. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba.

EKBLON, B. *et al.* Effect of training on circulatory response to exercise. **J Appl Physiol**, v. 24, n. 4, p. 518 - 528, 1968.

FARGARD, R.; SATESSE, J.; AMERY, A. Maximal aerobic power in essential hypertension. **J Hypertens**, v. 6, p. 859-865, 1988.

FAVARATO, D.; LUZ, P. L. . Hipertensão e aterosclerose - aspectos fisiológicos. **Hipertensão**, v. 6, n. 4, p. 126-130, 2003.

FERREIRA, V. **A influência da idade e da reposição hormonal sobre a modulação autonômica do coração e o limiar de anaerobiose**. São Carlos, 2003. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade de São Paulo.

GALLO JR., L. *et al.* Ajustes cardiovasculares ao exercício físico. Efeitos do treinamento aeróbio. **Medicina**, v. 23, n. 2, p. 101-106, 1990.

GALLO JR., L. *et al.* Control of heart rate during exercise in health and disease. **Braz J Med Biol Res**, v. 28, p. 1179-1184, 1995.

GALLO JR., L. *et al.* Quando o coração bate mais forte. **Ciência Hoje**, v. 21, p. 40-47, 1996.

GARCEZ A.R.R. *et al.* Avaliação do limiar de anaerobiose em homens com fatores de risco para doença da artéria coronária e com doença da artéria coronária. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, v. 3, p. 5-17(Supl A), 2001.

GIBBONS, *et al.* Guidelines for exercise testing. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing). **J Am Coll Cardiol**, v. 30, n. 1, p. 260-315, 1997.

GIBBONS, R.J. *et al.* A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to update the 1997 exercise testing guidelines), **Circulation**, v. 106, p. 1883-1892, 2002.

HANON, C. *et al.* Electromyogram as an indicator of neuromuscular fatigue during incremental exercise. **Eur J Appl Physiol and Occupational Physiol**, v. 78, n. 4, p. 315-323, 1998.

HAGBERG, J.M. *et al.* A hemodynamic comparison of young and older endurance athletes during exercise. **J Appl Physiol**, v. 58, p. 2041-2046, 1985.

HAOUZI, P. *et al.* O₂ uptake kinetics above and below the lactic acidosis threshold during sinusoidal exercise. **J Appl Physiol**, v. 75, n. 4 1683-1690, 1993.

HULL JR., S.S. *et al.* Heart rate variability before and after myocardial infarction in conscious dogs at high and low risk of sudden death. **J Am Coll Cardiol**, v. 16, p. 978-985, 1990.

IV DIRETRIZES BRASILEIRAS DE HIPERTENSÃO ARTERIAL. **Rev Soc Bras Hipertensão**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 1-129, 2002.

JORFELDT, L.; JUHLIN-DANNFELT, A.; KARLSSON, J. Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise. **J Appl Physiol**, v. 44, n. 3, p. 350-352, 1978.

KAIZER, A. A. S. *et al.* Determination of the anaerobic threshold by different physical exercise protocols.. In: XXXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Fisiologia - SBFis & XXI Congresso da Associação Latino Americana de Ciências Fisiológicas - ALACF, p. 152-152, Ribeirão Preto, 2003, **Anais...**, Ribeirão Preto, 2003.

KARVONEN, J.J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effect of training on the heart rate, a longitudinal study. **Ann Med Exp Biol Fenn**, v. 35, p. 307, 1957.

KIENZLE, M.G. *et al.* Clinical, hemodynamic and sympathetic neural correlates of heart rate variability in congestive heart failure. **Am J Cardiol**, v. 69, p. 761-767, 1992.

KLEIGER, R.E. *et al.* **Time-domain measurements of heart rate variability**. In: MALIK, M; CAMM, A.J. Heart Rate Variability, cap.3. New York, Futura Publishing Company Inc., Armonk, p. 33-45, 1995.

KNUTTGEN H. G. Oxygen debit, lactate, pyruvate and excess lactate after muscular work. **J Appl Physiol**, v. 17, p. 639-644, 1962.

KOIKE, A. *et al.* Evidence that the metabolic acidosis threshold is anaerobic threshold. **J Appl Physiol**, v. 68, n. 8, p. 2521-2526, 1990.

LAKATTA E. G. Cardiovascular system. In: Masoro EJ (Editor), Handbook of Physiology. **A Critical, Comprehensive Presentation of Physiological Knowledge and Concepts**. Section 11: Aging. Oxford University Press, New York, 1995.

LANGE, A. K. *et al.* **Fundamentals of exercise testing world health organization**. Geneva, v. 78, 1991.

LEON, D.F.; SHAVER, J.A.; LEONARD, J.J. Reflex heart rate control in man. **Am Heart J**, v. 80, p. 729-739, 1970.

LIAO, D. *et al.* Age, race, and sex differences in autonomic cardiac function measured by spectral analysis of heart rate variability – The ARIC study. **Am J Cardiol**, v. 76, p. 906-912, 1995.

LINDQVIST, A. Noninvasive methods to study autonomic nervous control of circulation. **Acta Physiol Scand Suppl.**, v. 588, p. 1-107, 1990.

LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, M.J. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Port Cardiol**, v. 14, n. 3, p. 241-262, 1995.

MACIEL, B.G. *et al.* Autonomic nervous control of the heart rate during dynamic exercise in normal men. **Clin Sci (Lond)**, v. 71, n. 4, p. 457-460, 1986.

MAIA, I.G. Avaliação da função autonômica do coração pela variabilidade da frequência cardíaca. In: TRANCHESI, J. **Eletrocardiograma normal e patológico**. São Paulo. Editora Roca, p. 41-48, 2001.

MALLIANI, A. *et al.* Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation**, v. 84, n. 2, p. 482-492, 1991.

MARÃES, V.R.F.S. *et al.* Study of variability os instantaneous heart rate for the detection of anaerobic threshol. In: L CONGRESSO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI ANATOMIA, 1996, Catania, **Resumo...**, Roma: Archivio Italiano di Anatomia ed Embriologia, v. 101, p. 123, 1996.

MARÃES, V.R.F.S. *et al.* Study of heart rate variability in the characterization of anaerobic threshold (AT) in discontinuous dynamic exercise tests (DDET). **J Int Acad Cardiol**, v. 1, n. 1, p. 47, 1999.

MARÃES, V.R.F.S. *et al.* Avaliação da capacidade física de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica de grau leve e moderado a partir da resposta da frequência cardíaca: relato de caso. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, v. 10, n. 3 (Supl A), p.6-15, 2000.

MARÃES, V.R.F.S. *et al.* Determinação do limiar de anaerobiose a partir de métodos de análise da frequência cardíaca e de sua variabilidade. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, v. 13, n. 4 (Supl A), p. 1-16, 2003.

McAREAVY, D. *et al.* Cardiac parasympathetic activity during the early hours of acute myocardial infarction. **Braz Heart J**, v. 62, p. 165-170, 1989.

MIGLIARO, E.R. *et al.* Relative influence, resting heart rate sedentary life style in short-term analysis of heart rate variability. **Braz J Bio Med Research**, v. 34, p. 493-500, 2001.

MITCHELL, J.H.; KAUFMAN, M.P.; IWAMOTO, G.A. The exercise pressor reflex: its cardiovascular effects, afferent mechanisms, and central pathways. **Ann Rev Physiol**, v. 45, p. 229-242, 1983.

MITCHELL, J.H. Neural control of the circulation during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 22, n. 2, p.141-154, 1990.

MODESTI, P. A. *et al.* Anaerobic Metabolism in hypertensive patients during exercise stress test. **Am J Hypertens**. v. 7. p. 469-473, 1994.

NEDER, J.A.; NERY, L.E. **Fisiologia Clínica do Exercício – Teoria e Prática**. São Paulo: Artes Médicas, 2003.

OLIVEIRA, L. *et al.* Sistema computacional para captação e processamento em tempo real de sinais de eletrocardiograma. *In: REUNIÃO ANUAL DA FEDERAÇÃO DE SOCIEDADE DE BIOLOGIA EXPERIMENTAL – FESBE*, 11, CAXAMBU. **Anais...** Caxambu, MG, p. 317, 1996.

OLIVEIRA, L. *et al.* Modelo semi-paramétrico de análise do comportamento da frequência cardíaca. *In: REUNIÃO ANUAL DA FEDERAÇÃO DE SOCIEDADE DE BIOLOGIA EXPERIMENTAL – FESBE*, 17, SALVADOR. **Anais...** Salvador, p. 59, 2002.

OTTERÇO, A.N. **Determinação do limiar de anaerobiose durante o exercício físico dinâmico em homens hipertensos de meia-idade: análise da resposta das variáveis cardiorrespiratórias e musculares.** 2004. (Mestrado em Fisioterapia). Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, São Carlos.

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

RIBEIRO, A.B.; KOHLMANN JR, O.; TAVARES, A. **Definição, classificação, etiopatologia da hipertensão arterial**, Ed. Saraiva: Sauvier, p. 23-30,1997.

RIBEIRO, T. F. *et al.* Estudo da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) a partir dos intervalos R-R de voluntários de meia idade, saudável e coronariopata: relato de caso. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, v. 10, n. 1, p. 1-10. (Suppl A), 2000.

RIBEIRO, T.F. **Avaliação da modulação autonômica da atividade eferente do coração pela variabilidade da frequência cardíaca em mulheres sedentárias.** 2001.Tese (Mestrado em Fisioterapia), Universidade Federal de São Carlos – UfSCar, São Carlos.

ROGERS, M.A. *et al.* Effect of 10 days of physical inactivity on glucose tolerance in master athletes, **J Appl Physiol**, v. 68, p. 1833-1837, 1990.

ROWELL, L.B.; O'LEARY, D.S. "Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes", **J Appl Physiol**, v. 69, n. 2, p. 407 - 418, 1990.

ROWELL, L.B. "Reflex control of the circulation during exercise", **Int J Sports Med**, v. 13 (Suppl 1), p. S25 - S27, 1992.

SAKABE DI. **Quantificação do limiar de anaerobiose durante exercício físico dinâmico em homens de meia idade: análise da resposta de variáveis cardiorrespiratórias e musculares.** 2004. Tese (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos

SAKABE, D.I. *et al.* Use of a semi-parametric model for the analysis of heart rate variability (HRV) in order to determine the anaerobic threshold of middle-aged men and postmenopausal women receiving or not hormonal replacement therapy. In: 13th Annual Meeting of the North American menopause Society (NAMS), 2002, Chicago. **Anais...**, Chicago, p. 94-94, 2002.

SAUL, P. *et al.* Assessment of autonomic regulation in congestive heart failure by heart rate spectral analysis. **Am J Cardiol**, n. 61, p. 1292-1299, 1988.

SAUNDERS, M.J. *et al.* Muscle activation and the slow component rise in oxygen uptake during cycling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, p. 2040-2045, 2000.

SEALS, D.R.; VICTOR, R.G. Regulation of muscle sympathetic nerve activity during exercise in humans. **Exerc Sports Sci Res**, v. 19, p. 313-349, 1991.

SCHEUERMANN, B. W., *et al.* The slow component of O₂ uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. **J Physiol**, v. 531, n. 1, p. 245-56, 2001.

SILVA, E. *et al.* Design of a computerized system to evaluate the cardiac function during dynamic exercise. **Phys Med Biol**, v. 33, p. 409, 1994.

SILVA, E.; CATAI, A.M. Fisioterapia Cardiovascular na Fase Tardia – Fase III da reabilitação Cardiovascular, In: REGENGA, M.M. **Fisioterapia em Cardiologia – Da UTI à Reabilitação**, São Paulo: Roca, 2000.

SILVA, E. *et al.* Investigação da variabilidade da frequência cardíaca de mulheres nos períodos manhã e noite. **Rev Bras Fisioter**, v. 5, n. 2, p. 65-71, 2001.

SIROL, F.N. **Comparação da modulação autonômica da frequência cardíaca e da capacidade aeróbia de homens de meia idade ativos e sedentários.** 2004. Tese (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba.

SIROL, F.N. *et al.* Comparação dos níveis de potência e frequência cardíaca no limiar de anaerobiose determinado por dois métodos indiretos. **Rev Bras Fisiot**, v. 9, n. 2, p. 1 – 8, 2005.

SMITH, D.H.G.; NEUTEL, J.M, GRAETTINGER, W.T.; *et al.* Impact of left ventricular hypertrophy on blood pressure responses to exercise. **Am J Cardiol**. v. 69, p. 225-228, 1992.

STAINSBY, W. N.; BRECHUE, W. F.; O'DROBINAK, D.M. Regulation of muscle lactate production, **Med Sci Sports Exercise** , v. 23, n. 8, p. 907-911, 1991.

STAMFORD, B. A. *et al.* Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work, **J Appl Physiol**, v. 51, n. 4, p. 840-844, 1981.

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**, v. 93, n. 5, p. 1042-1065, 1996.

TAYLOR-TOLBERT, N. S. *et al.* Ambulatory blood pressure after acute exercise in older men with essential hypertension - new diagnostic tool or spurious discovery?. **Am J Hipertension**, v. 13, n. 1, p. 44-51, 2000.

TEGTBUR, U. *et al.* Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 25, n. 5, p. 620-627, 1993.

TEIXEIRA, L.C.A. **Análises do padrão de resposta da frequência cardíaca pelos métodos de séries temporais e semi-paramétrico e de sua variabilidade na determinação do limiar de anaerobiose.** 2003. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos/HCFMRP/Instituto de Química de São Carlos, São Carlos.

WASSERMAN, K.; McILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **Am J Cardiol**, v. 14, p. 844-852, 1964.

WASSERMAN, K. *et al.* Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J Physiol**, v. 35, p. 236, 1973.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J. Exercise physiology in health and disease. **Am Rev Respir Dis**, n. 112, p. 219-249, 1975.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J. Coupling of ventilation in pulmonary gas exchange during nonsteady-state work in man. **J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol**, v. 54, p. 587-593, 1983.

WASSERMAN, K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. **Am Ver Respir Dis**, v. 129, p. S35-S40 (Suppl), 1984.

WASSERMAN, K. *et al.* **Principles of exercise testing and interpretation**, 3^a ed. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1999.

Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!

WILMORE, J.C.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**, 2ª ed.
São Paulo: Manole, 2002.

Created by eDocPrinter PDF Pro!!

ANEXO 1

PARECERES DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ - REITORIA DE PÓS - GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENADORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFSCar, registrado no CONEP/Conselho Nacional de Saúde, pelo ato de 18 de março de 1997, DELIBEROU aprovação o projeto com protocolo nº 065/2002 e título: "ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE CONSUMO DE OXIGÊNIO, VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E ELETROMIOGRAFIA NO LIMIAR DE ANEROBIOSE EM SEDENTÁRIOS, PORTADORES DE FATORES DE RISCO PARA DOENÇA DA ARTÉRIA CORONÁRIA (DAC) E COM DAC ESTABELECIDADA; ESTUDO DOS EFEITOS DO TREINAMENTO, FÍSICO AERÓBIO" com orientação do Profa. Dra. Aparecida Maria Catai.

São Carlos, 25 de setembro de 2002



Prof. Dr. Jorge Oishi
Presidente da Comissão de Ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ - REITORIA DE PÓS - GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFSCar, registrado no CONEP/Conselho Nacional de Saúde, pelo ato de 18 de março de 1997, DELIBEROU aprovação sem restrições o projeto com protocolo nº 001/01 e título: "VALIDAÇÃO DO LIMIAR DE ANAEROBIOSE: APLICAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA" com orientação de Profa. Dra. Ester da Silva.

São Carlos, 09 de Fevereiro de 2001.


Prof. Dr. Vilmar Baldissera
Presidente da Comissão de Ética

APENDICE 1

CONSENTIMENTO FORMAL

Termo de Consentimento Formal



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR

Pesquisa: “Relação entre o controle autonômico da frequência cardíaca em repouso e no nível da potência do limiar de anaerbiose em homens de meia idade saudáveis e de hipertensos”

Responsável pelo projeto: Prof^a Dr^a. Ester da Silva

Mestranda: Maria Carolina Basso Sacilotto

A pesquisa tem por finalidade: avaliar e comparar as respostas da frequência cardíaca em repouso, e determinar a capacidade aeróbia durante teste de exercício físico dinâmico em homens de meia idade saudáveis e hipertensos.

Antes do início do teste em questão, serei submetido a uma avaliação constando de anamnese, exame físico e avaliação eletrocardiográfica (ECG) de repouso deitado e sentado com verificação da FC e da pressão arterial, e exames laboratoriais, com o objetivo de detectar possíveis alterações cardiovasculares, musculares ou articulares que contra-indiquem a participação na pesquisa.

As informações obtidas durante as avaliações e os exames laboratoriais serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultados por pessoas leigas sem minha expressa autorização por escrito. As informações assim obtidas, poderão ser usadas para fins estatísticos ou científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Antes de iniciar os testes, serei instruído sobre os sinais e sintomas que devem me alertar a parar a seqüência do teste; ainda serei observado por uma equipe treinada que estará alerta a qualquer alteração que possa sugerir a interrupção do exercício exigido.

A sua continuidade dar-se-á com um teste de exercício físico dinâmico contínuo (TC-D) e descontínuo (TD-D). Durante o TD-D, a FC será registrada a partir do ECG durante todo teste. A pressão arterial será mensurada no repouso, durante e ao final de cada potência de exercício e durante a recuperação.

Eu, _____, nascido em ___/___/_____, portador do RG Nº _____ residente à Rua (Av). _____, fone no. _____, voluntariamente concordo em participar do projeto de pesquisa acima mencionado, onde participarei de exames clínicos e laboratoriais.

Comprometo-me, por meio deste, seguir com o programa até sua finalização, visando reconhecer os meus limites orgânicos, além de me desempenhar para a continuidade do estudo proposto, salvo algum problema que possa surgir que me impossibilite de participar.

Voluntário

São Carlos,.....de.....de 2003.

Mestranda: Maria Carolina B. Sacilotto

Fone: 019-31241515 - R. 1250

Profª. Drª. Ester da Silva

Fone: 019 31241515 – R. 1250

ANEXO 2

MODELO SEMIPARAMÉTRICO

Descrição técnica do modelo matemático e estatístico semiparamétrico, adaptado para determinação do limiar de anaerobiose pela resposta da frequência cardíaca

Este modelo é composto por componentes paramétricos e não paramétricos em relação à mesma variável e propõe a separação desses componentes da série em questão, no caso os dados de frequência cardíaca obtidas no intervalo selecionado do TD-D, em duas partes. A primeira parte, apresenta elementos com tendências lineares em relação ao modelo ajustado, com configuração paramétrica correspondente aos resíduos da série. A segunda parte contém os elementos da primeira parte com configuração não paramétrica. A análise da tendência da inclinação dos valores de frequência cardíaca é dada por uma análise de variância e teste *t* de Student com nível de significância de $\alpha = 0,05$. O componente paramétrico admite que os resíduos da série têm distribuição normal e, aplicando-se o teste de *Durbin-Watson*, verifica-se autocorrelação significativa entre os resíduos. O componente não paramétrico se ajusta aos componentes cíclicos da série e para isso é preciso uma ortogonalização em relação aos elementos do componente paramétrico, de um trecho selecionado (120 a 300 s), onde se espera observar uma maior estabilidade da série. O modelo analisa os dados e apresenta resultados respectivos à tendência de inclinação, se crescente ou decrescente, ou seja, o quanto esta inclinação difere de zero, com $p < 0,05$ (OLIVEIRA *et al.*, 2002).