



**COPPE/UFRJ**

EFEITOS DA IDADE E DA APTIDÃO AERÓBIA NO CONTROLE AUTONÔMICO  
DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM HOMENS ADULTOS

Gabriela Alves Trevizani

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientadores: Jurandir Nadal

Paulo Roberto Benchimol Barbosa

Rio de Janeiro  
Outubro de 2009

EFEITOS DA IDADE E DA APTIDÃO AERÓBIA NO CONTROLE AUTONÔMICO  
DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM HOMENS ADULTOS

Gabriela Alves Trevizani

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA  
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

Aprovada por:

---

Prof. Jurandir Nadal, D.Sc.

---

Prof. Paulo Roberto Benchimol Barbosa, D.Sc.

---

Prof. Antonio Giannella Neto, D.Sc.

---

Prof. Pedro Paulo da Silva Soares, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

OUTUBRO DE 2009

Trevizani, Gabriela Alves

Efeitos da Idade e da Aptidão Aeróbia no Controle Autônomo da Frequência Cardíaca em Homens Adultos/  
Gabriela Alves Trevizani. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

IX, 90 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador(es): Jurandir Nadal

Paulo R. Benchimol Barbosa

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Biomédica, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 71-84.

1. Controle autônomo da frequência cardíaca. 2. Idade. 3. Aptidão aeróbia. I. Nadal, Jurandir *et. al.*. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Biomédica. III. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para a realização desse estudo:

Aos meus orientadores, Prof. Jurandir Nadal e Prof. Paulo Roberto Benchimol Barbosa, pelos constantes ensinamentos, pela paciência, pelo apoio, incentivo e pela confiança em mim depositada.

A todos os professores do Programa de Engenharia Biomédica, pelos ensinamentos, pela dedicação e paciência em ensinar ciências exatas aos alunos formados em ciências da saúde. Em especial ao Prof. Antonio Giannella Neto pela colaboração no decorrer desse trabalho.

Aos funcionários do Programa de Engenharia Biomédica pelo auxílio, colaboração, prontidão e amizade. Especialmente ao amigo Diniz.

Aos amigos do Instituto Nacional de Cardiologia (INC) pela colaboração e parceria nesse trabalho. Em especial ao Dr. Ivan Cordovil, chefe da divisão de hipertensão arterial, que gentilmente nos acolheu e não mediu esforços para a realização desse trabalho. Ao amigo querido, Edson, sempre gentil e solícito que me acompanhou dia-a-dia no Instituto. Aos amigos Ana Beatriz e Marcelo, aos acadêmicos de medicina da Faculdade Gama Filho, em especial, à amiga e bolsista de iniciação científica Fernanda pelo valioso auxílio na coleta de dados. A todos os funcionários que cordialmente participaram da pesquisa como voluntários. Foi um imenso prazer estar com vocês esse longo período de trabalho, aprendendo, trocando informações e principalmente sabendo que todas as vezes que eu voltar ao INC encontrarei amigos queridos e especiais.

Aos meus digníssimos AMIGOS, parceiros, colaboradores, alunos de todos os laboratórios do Programa de Engenharia Biomédica que dividiram comigo momentos de alegria, tristeza, dúvida, e que estavam sempre prontos a ajudar. Em especial aos amigos do Laboratório de Processamento de Sinais e Imagens - LAPIS.

Às pessoas que trilham comigo cada momento vivido durante esses dois anos e meio de mestrado no programa de Engenharia Biomédica, meus AMIGOS fieis, parceiros, sempre dispostos a ajudar, colaborar, estender a mão, aqueles que sempre tinham uma palavra amiga e cheia de esperança, pessoas sem as quais eu jamais teria chegado até aqui: às AMIGAS queridíssimas Aninha, Beta, Carol, Fernanda, Lilian, Michele, Raquel e aos AMIGOS, Ângelo, Danilo, Glauber, João Catunda, Olivasse, Paulão. Sei que estaremos SEMPRE juntos, uns torcendo pelos outros, rindo e chorando, caindo e levando JUNTOS. Talvez o maior aprendizado de todos seja esse, que com dedicação, incentivo, parceria, auxílio podemos conseguir o que quisermos e que tudo isso fica muito mais fácil e prazeroso quando temos pessoas, assim como vocês, ao nosso lado, ou seja, quando formamos verdadeiras equipes.

À Lilian, pela amizade, colaboração, parceria, por ser aquele ouvido e ombro amigo em todos aos momentos e principalmente por ter despertado em mim o amor pela pesquisa e por ser uma inspiração constante em termos de dedicação e modelo de excelentismo profissional e pessoal.

Às amigas, as eternas MENINAS, que estão presentes em todos os momentos da minha recente vida profissional. Viveram comigo os inesquecíveis momentos da graduação, formatura, agora o mestrado e com certeza tudo o mais que a vida ainda nos proporcionará.

Aos meus pais e minha irmã, pela torcida, apoio, dedicação, por muitas vezes terem abdicado dos seus sonhos e anseios e não terem medido esforços para que eu pudesse seguir em busca da minha realização profissional e pessoal. Por serem meu “porto seguro” ao qual voltar. Por terem sempre as mãos estendidas e as portas abertas para quando eu retornar.

A todos os meus familiares, especialmente a tia Tê minha madrinha e a tia Sil, por me encorajarem na busca constante pelos meus ideais, pela torcida, amor e amizade.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (D.Sc.)

## EFEITOS DA IDADE E DA APTIDÃO AERÓBIA NO CONTROLE AUTONÔMICO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM HOMENS ADULTOS

Gabriela Alves Trevizani

Outubro/2009

Orientadores: Jurandir Nadal

Paulo Roberto Benchimol Barbosa

Programa: Engenharia Biomédica

Este trabalho avalia o comportamento do controle autonômico da frequência cardíaca, visto por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) de repouso e da frequência cardíaca de recuperação (FCR), após teste de esforço em voluntários jovens (20-30 anos) e de meia-idade (40-60 anos) com diferentes níveis de aptidão aeróbia submáxima. Participaram do estudo sessenta e sete voluntários saudáveis e não fumantes, divididos em quatro grupos experimentais: jovens com aptidão aeróbia boa ( $n = 11$ ), jovens com aptidão aeróbia ruim ( $n = 12$ ), meia-idade com aptidão aeróbia boa ( $n = 13$ ) e meia-idade com aptidão aeróbia ruim ( $n = 14$ ). Os dados da VFC de repouso e da FCR pós-esforço submáximo foram comparados entre grupos de mesma idade com diferentes níveis de aptidão aeróbia submáxima e entre grupos de mesma aptidão aeróbia submáxima, porém com diferente faixa etária. A VFC de repouso é significativamente menor nos voluntários de meia-idade em relação aos jovens, independentemente do nível de aptidão aeróbia submáxima. Melhor nível de aptidão aeróbia não é capaz de modificar a VFC de repouso. A FCR pós-esforço, definida como a taxa de declínio a partir da frequência cardíaca máxima, é menor nos voluntários de meia-idade em relação aos jovens. Porém, pior nível de aptidão aeróbia submáxima nos voluntários de meia-idade está associado a uma reentrada vagal pós-esforço tardia. Deste modo, conclui-se que o melhor nível de aptidão aeróbia submáxima não atenua a redução da VFC de repouso decorrente do processo natural de envelhecimento. No entanto, é capaz de atuar benéficamente no controle autonômico da frequência cardíaca pós-esforço, preservando a velocidade de reentrada vagal.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

EFFECTS OF AGE AND OF AEROBIC FITNESS IN AUTONOMIC CONTROL OF  
HEART RATE IN ADULT MEN

Gabriela Alves Trevizani

October /2009

Advisors: Jurandir Nadal

Paulo Roberto Benchimol Barbosa

Department: Biomedical Engineering

This study evaluates the behavior of the autonomic heart rate control, assessed by the heart rate variability (HRV) at rest and heart rate recovery (HRR) after treadmill stress test in young (20-30 years) and middle-aged (40-60anos) volunteers with different levels of submaximal aerobic fitness. Sixty seven healthy volunteers and non-smokers volunteers participated in the study, divided into four experimental groups: young adults with good aerobic fitness (n = 11), young adults with poor aerobic fitness (n = 12), middle-aged with aerobic fitness good (n = 13) and middle-aged with poor aerobic fitness (n = 14). Data of HRV at rest and HRR post-submaximal effort were compared between groups of same age with different levels of submaximal aerobic fitness and between groups of same submaximal aerobic fitness, but from different age group. The HRV at rest was significantly lower in middle-aged volunteers in relation to young adults, regardless of the level of submaximal aerobic fitness. Better level of aerobic fitness is not able to modify the HRV at rest. The post-effort HRR, defined as the decreasing rate from the maximum heart rate, is lower in middle-aged volunteers in relation to young adults. However, worse submaximal aerobic fitness in middle-aged volunteers is related to a delayed post-effort vagal reentry. Thus, it is concluded that the best level of submaximal aerobic fitness does not mitigate the reduction of HRV at rest due to the natural process of aging. However, it is able to act beneficially in autonomic control of post-exercise heart rate, preserving the velocity of vagal reentry.

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iv
<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>SUMÁRIO</b> .....	viii
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 Objetivo .....	3
1.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	5
2.1 Mudanças Cardiovasculares Decorrentes do Envelhecimento Fisiológico <i>versus</i> Benefícios do Treinamento Físico.....	5
2.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca .....	12
2.3 Efeito do Envelhecimento Fisiológico na Modulação Autonômica da Frequência Cardíaca .....	18
2.4 Efeito do Treinamento Aeróbico na Modulação Autonômica da Frequência Cardíaca.....	25
2.5 Frequência Cardíaca de Recuperação.....	33
<b>CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	37
3.1 Seleção dos Voluntários .....	37
3.2 Aspectos Éticos .....	38
3.3 Avaliação dos Voluntários .....	38
3.4 Protocolo Experimental .....	38
3.4.1 Instrumentação .....	38
3.4.2 Aquisição e Processamento do Sinal Eletrocardiográfico .....	39
3.4.3 Teste Ergométrico Submáximo .....	42
3.5 Análise Estatística .....	46
3.5.1 Análise de Regressão Linear Múltipla <i>Stepwise</i> .....	47

<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS</b> .....	48
4.1 Caracterização da Amostra .....	48
4.2 Efeito do Envelhecimento e da Aptidão Aeróbia Submáxima na VFC .....	51
4.3 Análise da Frequência Cardíaca de Recuperação Pós-teste de Esforço Submáximo .....	54
4.4 Análise da Correlação entre Parâmetros da VFC e a Variável Idade.....	58
4.5 Análise da Regressão Linear Múltipla .....	59
<b>CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO</b> .....	61
5.1 Efeito do Envelhecimento na Aptidão Aeróbia Submáxima .....	61
5.2 Efeito de Envelhecimento e da Aptidão Aeróbia Submáxima na Modulação Autonômica Cardíaca .....	63
5.3 Efeito do Envelhecimento e da Aptidão Aeróbia na Frequência Cardíaca de Recuperação (FCR) Pós-teste de Esforço Submáximo .....	66
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO</b> .....	70
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	71
<b>ANEXO 1</b> .....	85
<b>ANEXO 2</b> .....	86
<b>ANEXO 3</b> .....	88
<b>ANEXO 4</b> .....	90

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

A população idosa vem apresentando um aumento significativo, tanto nos países industrializados, quanto naqueles em desenvolvimento como o Brasil, nas últimas décadas. Estima-se que em 2020 o Brasil terá 32 milhões habitantes com mais de 60 anos de idade (WONG e CARVALHO, 2006).

O envelhecimento fisiológico traz, por si só, mudanças na estrutura e função do organismo que estão intimamente ligadas a condições patológicas (HECKMAN e MCKELVIE, 2008). Alguns exemplos de tais mudanças fisiológicas no sistema cardiovascular são: o aumento da pressão arterial, a redução da aptidão aeróbia e da complacência arterial, além de mudanças na modulação autonômica do coração (redução da atividade vagal, aumento da atividade simpática ou ambos) (GREISER *et al.*, 2005, WEI, 2004, FERRARI *et al.*, 2003, LAKATTA, 2002, PUGH e WEI, 2001). Essas alterações estão relacionadas ao surgimento e agravamento da doença arterial coronariana, da aterosclerose, da hipertensão arterial, da insuficiência cardíaca, do infarto do miocárdio entre outras causas (LAKATTA, 2002, PUGH e WEY, 2001, DOCHERTY, 1990). Sendo assim, o crescimento acelerado da população idosa poderá trazer como consequência um aumento ainda mais alarmante das doenças cardiovasculares.

Vários autores se dedicam ao estudo das mudanças fisiológicas decorrentes do envelhecimento na modulação autonômica do coração, mecanismo responsável pela manutenção do equilíbrio homeostático e, conseqüentemente, da capacidade do sistema cardiovascular responder prontamente às diferentes demandas impostas ao corpo pelo ambiente circundante (ZHANG, 2007, PASCHOAL *et al.*, 2006, BONNEMEIER *et al.*, 2003, UMETANI *et al.*, 1998, BARBOSA *et al.*, 1995).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC), vista por meio do eletrocardiograma, é uma ferramenta simples, de baixo custo, não-invasiva e acurada para análise da modulação autonômica do coração, sendo um indicador funcional do sistema nervoso autonômico (TASK FORCE, 1996). Alguns estudos mostram que há redução da VFC com o avançar da idade (LOPES *et al.*, 2007, ZHANG, 2007, MARÃES *et al.*, 2004, CATAI *et*

*al.*, 2002, KUO *et al.*, 1999) e que essa redução está associada ao surgimento ou agravamento de doenças cardiovasculares como as citadas acima, aumentando o risco de morte por todas as causas (DEKKER *et al.*, 1997, BARBOSA *et al.*, 1996, BIGGER *et al.*, 1995, TSUJI *et al.*, 1994).

Devido ao fato das doenças cardiovasculares serem causas importantes de morbidade, mortalidade e incapacidade entre a população idosa e, conseqüentemente, aumentar os custos com a saúde associados a esta população, tornam-se necessário propostas que invistam em prevenção e controle. Por exemplo, mudanças no estilo de vida podem minimizar ou mesmo reverter esses efeitos deletérios no sistema cardiovascular envelhecido.

Nesse contexto, a prática regular de atividade física é apontada como uma medida não farmacológica eficaz na prevenção e até mesmo na reversão desses efeitos do envelhecimento, na medida em que o hábito de exercitar-se pode ser capaz de reduzir os níveis da pressão arterial de repouso, melhorar a aptidão aeróbia, aumentar a complacência arterial e a força muscular (LOPES *et al.*, 2007, CORNELISSEN e FAGARD, 2005, LAMBERT e EVANS, 2005, PERINI *et al.*, 2002, TANAKA *et al.*, 2000, KASCH *et al.*, 1999).

No que se refere à modulação autonômica cardíaca, ainda não há consenso sobre o papel do exercício físico e melhores valores de aptidão aeróbia no aumento da VFC. Estudos mostram que indivíduos idosos praticantes de atividade física por vários anos possuem maiores índices de VFC do que sedentários (PICHOT *et al.*, 2005, SCHIT *et al.*, 1999, LEVY *et al.*, 1998). Por outro lado, há evidências de que programas de treinamento aeróbio não exercem influência significativa nos índices da VFC em indivíduos de meia-idade (SILVA, 2009, TUOMAINEN *et al.*, 2005, CATAI *et al.*, 2002, LOIMAALA *et al.*, 2000).

Ainda faltam esclarecimentos a respeito do mecanismo que leva a essa redução da VFC com o envelhecimento, se esta pode ser decorrente da diminuição do nível de aptidão aeróbia no idoso e ainda se melhores valores de aptidão aeróbia são capazes de amenizar essa deterioração na modulação autonômica cardíaca com o avançar da idade.

A frequência cardíaca de recuperação (FCR) ou a taxa de declínio da FC após o exercício é decorrente, principalmente, da reativação vagal durante o retorno gradual da FC

aos seus valores iniciais (COLE *et al.*, 1999). A FCR é uma potente ferramenta preditora de mortalidade geral ou por doenças cardiovasculares (COLE *et al.*, 2000, COLE *et al.*, 1999) e medida prognostica de doenças (NANAS *et al.*, 2006).

Ainda não é totalmente conhecido o efeito do envelhecimento e da aptidão aeróbia na medida de recuperação da FC. Existem relatos na literatura de que indivíduos de meia-idade e/ou idosos apresentam retardo na recuperação da FC após teste de esforço se comparado a jovens (COLE *et al.*, 2000, DARR *et al.*, 1988) e que medidas de FCR estão diretamente relacionadas ao nível de aptidão aeróbia (MYERS *et al.*, 2007, CARNETHON *et al.*, 2005). Além disso, indivíduos saudáveis treinados, aparentemente apresentam recuperação da FC pós-esforço mais rápida do que controles sedentários (DU *et al.*, 2005, GIALLAURIA *et al.*, 2005, DARR *et al.*, 1988) e cardiopatas submetidos a um programa de exercícios em centros de reabilitação cardíaca apresentam maiores valores de FCR após a realização do programa de exercícios (MYERS *et al.*, 2007, MACMILLIAM *et al.*, 2006).

## **1.1 Objetivo**

Neste estudo pretende-se avaliar o controle autonômico da frequência cardíaca, vista por meio da VFC de repouso, e da frequência cardíaca de recuperação (FCR) após teste de esforço em voluntários jovens e de meia-idade com diferentes níveis de aptidão aeróbia submáxima. Além disso, pretende-se verificar quais variáveis fisiológicas estão relacionadas a possíveis mudanças na modulação autonômica cardíaca na amostra estudada.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar cada parâmetro de análise da VFC de repouso em relação à faixa etária dos grupos estudados - jovens (20-30 anos) e meia-idade (40-60 anos).
- Verificar se o nível de aptidão aeróbia submáxima (classificada qualitativamente em boa ou ruim) influencia os parâmetros de análise da VFC de repouso.
- Verificar quais variáveis fisiológicas (índice de massa corporal (IMC), pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), frequência cardíaca de repouso (FC), frequência respiratória (FR), idade, tempo de duração do teste ergométrico e FCR)

podem estar relacionadas à mudanças nos parâmetros de avaliação da modulação autonômica cardíaca em indivíduos de 20 a 60 anos.

- Estudar a frequência cardíaca de recuperação pós-teste ergométrico submáximo em um protocolo específico de recuperação pós-esforço em relação a faixa etária (jovens e meia-idade) e à aptidão aeróbia submáxima (boa e ruim).

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

#### **2.1 Mudanças Cardiovasculares Decorrentes do Envelhecimento Fisiológico *versus* Benefícios do Treinamento Físico**

O envelhecimento leva a mudanças na estrutura e na função do sistema cardiovascular, e tais alterações estão intimamente relacionadas aos mecanismos fisiopatológicos de algumas doenças (Tabela 1).

As principais mudanças estruturais do sistema cardiovascular em decorrência do envelhecimento fisiológico incluem rigidez e espessamento da parede arterial, alargamento do lúmen das artérias elásticas, fragmentação da elastina e deposição de colágeno na camada média das artérias, bem como aumento do número e hipertrofia das células musculares lisas. Como resultado, o envelhecimento reduz a habilidade vascular de amortecer o efeito da ejeção ventricular, resultando em aumento na pós-carga ventricular, desenvolvimento de hipertrofia do ventrículo esquerdo (VE), redução da perfusão coronariana e aumento da pressão arterial (HECKMAN e MCKELVIE, 2008).

No que se refere às mudanças funcionais cardíacas, o envelhecimento cardíaco está associado a progressiva redução de miócitos e deterioração dos remanescentes, com aumento da deposição de colágeno e elastina, acarretando rigidez e hipertrofia do VE. A redução dos miócitos no nódulo sinoatrial e a calcificação e fibrose nas células cardíacas adjacentes predis põem a arritmias cardíacas, incluindo bloqueio de ramo. Redução na sensibilidade à estimulação beta-adrenérgica ocorre como resultado do prejuízo na regulação receptora, e a FC máxima durante exercício cai com o avançar da idade (HECKMAN e MCKELVIE, 2008).

De todas as mudanças fisiológicas que ocorrem durante o processo de envelhecimento, o declínio da força muscular e da aptidão aeróbia são as mais importantes no que diz respeito à qualidade de vida e independência funcional do idoso (FLEG *et al.*, 2005). Em indivíduos sedentários, as razões para esse declínio devem-se, basicamente, a três fatores: declínio do débito cardíaco máximo, da capacidade oxidativa e da massa

**Tabela 1. Principais efeitos do envelhecimento, na ausência de doença, sobre as características estruturais e funcionais do sistema cardiovascular**

Mudanças associadas à idade	Mecanismo plausível
↑ espessura vascular	↑ migração e ↑ produção matricial pela célula muscular lisa vascular
↑ rigidez vascular	Fragmentação da elastina ↑ atividade da elastina ↑ produção de colágeno Alteração do fator de crescimento
↑ espessura da parede do VE	↑ tamanho dos miócitos ↓ número de miócitos (necrose e apoptose) Regulação do fator de crescimento alterada Deposição de colágeno na matriz focal
↑ tamanho do átrio esquerdo	↑ pressão/volume do átrio esquerdo
↓ ativação do sistema de condução	↓ número de células marcapasso do nódulo sinusal Fibrose do sistema de condução ↑ depósito de amilóide atrial
Degeneração valvar Dilatação anular valvar Calcificação anular mitral ↑ depósito de cálcio	?
Regulação alterada do tônus vascular	↓ produção/efeito do óxido nítrico
↓ atividade física	Falta de instrução
Alterada função diastólica do ventrículo esquerdo	?
↑ velocidade de onda de pulso ↑ tempo de ejeção	↑ Rigidez arterial

↓ diminuição/ ↑ aumento / ? falta esclarecimento

FONTES: HECKMAN e MCKELVIE, 2008; NAJJAR e LAKATTA, 2005; WEI, 2004;

LAKATTA *et al.*, 2002.

muscular ativa, sendo que as duas primeiras estão fortemente relacionadas à aptidão aeróbia (LAMBERT e EVANS, 2005).

Existem várias formas de mensurar a aptidão aeróbia, dada pela capacidade de absorver, transportar e utilizar o oxigênio atmosférico na geração da energia que será utilizada durante a atividade física. Uma delas é a correntemente usada medição direta ou indireta da taxa de consumo de oxigênio atingida durante o exercício máximo ou exaustivo ( $\dot{V} O_2$  máximo ou  $\dot{V} O_2$  max) (WILMORE e COSTILL, 2001).

Em diversas situações utiliza-se uma variante do teste ergométrico ou cardiopulmonar máximo com o objetivo de avaliar a aptidão aeróbia (ACMS, 2003). A principal razão para o uso de medidas indiretas da aptidão aeróbia está no fato de avaliar o indivíduo com a maior fidedignidade possível por meio de seu programa de treinamento aeróbio habitual. Por exemplo, indivíduos que realizam caminhadas podem ser avaliados pelo teste de caminhada de uma milha (caminhar o mais rápido possível durante o percurso de mil e seiscentos metros) sendo que a aptidão aeróbia será dada em função do tempo de realização do teste, idade e peso do indivíduo, além dos valores de frequência cardíaca atingidos durante o teste (ACSM, 2003). Além disso, testes submáximos (no qual o principal critério de parada do teste consiste em se atingir um limiar de frequência cardíaca pré-estabelecida, sendo um valor muito utilizado 85% da frequência cardíaca máxima predita pela idade (ACSM, 2003)) diminuem o risco de lesão e geram maior segurança de procedimento, especialmente quando realizados em indivíduos de meia-idade e idosos, assim como em portadores de patologias cardiovasculares.

O funcionamento do sistema de transporte de oxigênio é estimado pela interação entre o débito cardíaco (DC) e a diferença arteriovenosa de oxigênio. O débito cardíaco (produto do volume de ejeção pela frequência cardíaca) representa o volume de sangue ejetado pelo coração por minuto e a diferença arteriovenosa de  $O_2$  corresponde à diferença entre o conteúdo de oxigênio do sangue arterial  $[O_2]_A$  e o conteúdo de oxigênio do sangue misto  $[O_2]_V$ . Pelo princípio de Fick, o produto destas duas grandezas representa a taxa de transferência de  $O_2$  dos alvéolos para os capilares (BERNE e LEVI, 1990), que sua vez corresponde a uma estimativa do  $O_2$  consumido no tecido muscular (WILMORE e

COSTILL, 2001). Em suma, o  $\dot{V}O_2$  é o produto do débito cardíaco pela diferença arteriovenosa de oxigênio.

Vários pesquisadores têm se dedicado a avaliar o comportamento dos índices de medida da aptidão aeróbia ( $\dot{V}O_2$  máximo - consumo máximo de oxigênio atingido durante teste incremental máximo) ao longo do processo de envelhecimento e se existem benefícios do treinamento físico na melhora e/ou manutenção dos níveis de  $\dot{V}O_2$  (DUSCHA *et al.*, 2005, FLEG *et al.*, 2005, PIMENTEL *et al.*, 2003, WILSON E TANAKA, 2000, KASCH *et al.*, 1999). Nesse contexto, FLEG *et al.* (2005) avaliaram 810 indivíduos de ambos os sexos, com idades entre 21 a 87 anos que participaram do *Baltimore Longitudinal Study of Aging*, um estudo de coorte com 7,9 anos de seguimento, na tentativa de determinar a taxa longitudinal de mudanças na aptidão aeróbia por meio de medidas do pico de consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$  pico – máximo consumo de oxigênio atingido durante teste de esforço incremental). Os autores mostraram que o declínio longitudinal do  $\dot{V}O_2$  pico não tem comportamento linear, sendo este cada vez mais acelerado com o avançar da idade (declínio de 3 a 6% a cada década de vida até 70 anos podendo chegar a mais de 20% por década de vida a partir dos 70 anos de idade). Nesse estudo observou-se que embora essa acelerada taxa de declínio do  $\dot{V}O_2$  pico não seja contrabalanceada completamente pela atividade física, a prática habitual de exercício aeróbio é acompanhada por melhora significativa do  $\dot{V}O_2$  pico em qualquer idade. Os autores destacam, ainda, que o papel da atividade física habitual no declínio do  $\dot{V}O_2$  pico associada ao envelhecimento permanece altamente controverso.

Por outro lado, KASCH *et al.* (1999), que acompanharam 15 homens de meia-idade durante 33 anos de prática de exercício aeróbio (caminhada, corrida ou natação, de três a quatro vezes por semana, duração de 61 a 70 min e intensidade entre 77 e 84% da frequência cardíaca (FC) de reserva) por meio de avaliações seriais do  $\dot{V}O_2$  max (teste cicloergométrico) em 10, 15, 18, 20, 23, 25, 28 e 33 anos de prática de exercício concluíram que o modo, intensidade, duração e frequência da atividade física realizada pelos voluntários parecem ser suficientes para minimizar os efeitos do envelhecimento na

aptidão aeróbia. Na medida em que a redução do  $\dot{V}O_2$  max com o avançar da idade (6,8 e 5,8% por década de vida) foi menor do que outros estudos longitudinais (HAGERMAN *et al.*, 1996 (14% por década de vida), POLLOCK *et al.*, 1997 (12% por década de vida) e TRAPPE *et al.*, 1996 (15% por década de vida), citados por KASCH *et al.* (1999) ).

Comparando o  $\dot{V}O_2$  max e o tempo de exaustão antes e após sete meses de treinamento em três grupos distintos de homens de meia-idade, que realizaram exercício aeróbio em diferentes intensidades (*baixa* - caminhada de aproximadamente de 19 Km/semana com intensidade de 40-55% do  $\dot{V}O_2$  max; *moderada* - caminhada de aproximadamente 19 Km/semana com intensidade de 65-80% do  $\dot{V}O_2$  max; e *alta intensidade* - caminhada de aproximadamente 32 Km/semana e intensidade de 65-80% do  $\dot{V}O_2$  max e um grupo controle), DUSCHA *et al.* (2005) chegaram à conclusão de que o hábito de exercitar-se regularmente parece ser mais importante do que a intensidade do exercício na elucidação dos ganhos no condicionamento cardiovascular, e que o exercício de baixa intensidade (caminhada com 19 Km/semana a uma intensidade de 40 a 55% do  $\dot{V}O_2$  max) é suficiente para aumentar a aptidão aeróbia.

Outra importante mudança no sistema cardiovascular que ocorre no decorrer do processo de envelhecimento é o aumento na rigidez das artérias (ou redução da complacência arterial), sendo que essa mudança tem influência direta no aumento da pressão arterial.

A complacência arterial reflete a habilidade da artéria em se expandir e relaxar com a ejeção ventricular (ARNET, 1994 *apud* TANAKA *et al.* 2000). TANAKA *et al.* (2000) investigaram o papel do exercício regular na redução da complacência arterial central com o envelhecimento usando duas abordagens distintas: *Protocolo I* (estudo transversal), determinação do benefício da atividade física regular na prevenção primária; para isso avaliaram 151 homens saudáveis agrupados quanto à idade (*juvens* - 18 a 37 anos; *meia-idade* - 38 a 57 anos e *idosos* - 58 a 77 anos) e quanto ao nível de atividade física (*sedentários* - não realizavam atividade física de forma regular; *atividade recreacional* - baixa a moderada intensidade com frequência maior ou igual a três vezes por semana; *treinamento de resistência* - exercício aeróbio vigoroso com frequência maior ou igual a

cinco vezes por semana) e *Protocolo II*, verificação da reversão do processo de envelhecimento arterial, sendo que 20 homens de meia-idade e idosos ( $53 \pm 2$  anos) sedentários foram avaliados antes e depois de três meses de treinamento de exercício (corrida e/ou caminhada 25 a 30 min sessão; quatro sessões de treinamento por semana; 60% da FC máx). Para medida não-invasiva da complacência arterial usaram imagens de ultrassom da artéria carótida comum com simultânea tonometria da artéria carótida comum contra lateral. Ao final do estudo os autores concluíram que: (1) a complacência arterial central diminui com a idade até mesmo em homens saudáveis e ativos fisicamente; (2) a magnitude da redução relacionada à idade na complacência arterial central foi atenuada em voluntários que realizaram exercício aeróbio vigoroso de forma regular e não em voluntários que desempenharam baixa intensidade de atividade física; (3) um período de tempo relativamente curto de prática regular de atividade física aeróbia foi capaz de restaurar parcialmente a complacência arterial em homens de meia-idade e em idosos previamente sedentários. Essas descobertas foram as primeiras a mostrar que a redução associada à idade, na complacência arterial central, pode ser favoravelmente modificada pela prática de exercício físico aeróbio.

No que diz respeito à melhora da complacência arterial com a prática de exercícios de fortalecimento muscular, MIYACHI *et al.* (2003) investigaram 64 homens, saudáveis, de 20 a 39 anos de idade (jovens) e de 40 a 60 anos de idade (meia-idade) que foram divididos em um *grupo de sedentários* e outro de *treinamento de fortalecimento muscular*, sendo a complacência arterial medida exatamente da mesma maneira que no estudo de TANAKA *et al.* (2000). Ao contrário dos resultados de TANAKA *et al.* (2000) o treinamento de força não exerceu influências benéficas na complacência arterial. Comparando os estudos, percebe-se que o treinamento aeróbio é mais eficaz na modificação do efeito do envelhecimento na complacência arterial do que o treinamento de fortalecimento muscular.

VAITKEVICIUS *et al.* (1993) investigaram o efeito do envelhecimento na rigidez arterial, e se a aptidão aeróbia ou o estado de condicionamento físico afetam a função arterial. Com esse intuito, recrutaram 146 indivíduos do *Baltimore Longitudinal Study of Ageing*, com idades entre 21 a 96 anos e avaliaram a aptidão aeróbia por meio das medidas do  $\dot{V}O_2$  max. Para análise da rigidez arterial mediram a velocidade de onda do pulso carotídeo

e o índice de amplificação de pulso da pressão carotídea, sendo que essas medidas foram comparadas entre jovens sedentários, idosos sedentários e atletas idosos. Ao final do estudo concluiu-se que a rigidez arterial aumentou progressivamente com o avançar da idade em adultos normotensos. No entanto, homens idosos que realizavam treinamento físico aeróbio apresentaram valores mais baixos de onda de pulso da pressão carotídea e de velocidade de onda de pulso carotídeo do que os voluntários sedentários com a mesma faixa etária. Além disso, a rigidez arterial nos indivíduos sedentários mostrou-se inversamente correlacionada com a aptidão aeróbia. Portanto, essas descobertas sugerem que o aumento da rigidez arterial decorrente do processo natural de envelhecimento pode ser suavizado pela melhora da aptidão aeróbia.

Quanto aos benefícios da prática de atividade física aeróbia na redução dos níveis pressóricos, CORNELISSEN E FAGARD (2005) efetuaram uma meta-análise cujo objetivo foi examinar concomitantemente a influência do treinamento aeróbio crônico na pressão arterial de repouso e ambulatorial (MAPA), nos mecanismos regulatórios da pressão arterial e nos fatores de risco cardiovascular como gordura corporal (circunferência da cintura e dinâmica da insulina/glicose). Os autores constataram que o treinamento físico aeróbio pode ser eficaz na redução dos níveis pressóricos, porém de maneira mais pronunciada em hipertensos. Constataram ainda que o treinamento está associado a efeitos favoráveis em outros fatores de risco cardiovascular. Outra constatação importante é a de que as características do treinamento, em especial a intensidade, não influenciaram as respostas da pressão arterial, o que sugere que atividade física de intensidade leve a moderada pode ser suficiente na obtenção dos efeitos benéficos na saúde geral da população. Além disso, a magnitude da redução dos níveis pressóricos foi significativamente associada com a melhora da aptidão aeróbia.

A breve revisão bibliográfica exposta acima sugere que o exercício físico do tipo aeróbio pode ser uma boa ferramenta na prevenção e em alguns casos, até reversão, de alguns dos efeitos deletérios do envelhecimento no sistema cardiovascular. Consequentemente, parece contribuir para a redução da morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares em indivíduos idosos. Além disso, é importante destacar que os protocolos de treinamento físico utilizados, na maioria dos estudos relatados, pouco

influenciam os resultados alcançados o que facilita a divulgação e ampliação da prática de exercícios físicos na comunidade de forma geral.

## **2.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca**

O coração é um dos principais órgãos responsáveis na manutenção da homeostase do organismo. Um dos recursos utilizados para manter o corpo em equilíbrio é a possibilidade de aumentar ou diminuir, de maneira variável, a frequência dos seus batimentos, por meio de mecanismos de controle cardiovascular. Em indivíduos saudáveis, as alterações na frequência cardíaca acontecem secundariamente ao esforço, ao estresse físico e mental, à respiração, às alterações metabólicas, entre outras. Dessa forma, uma variedade de sinais periféricos e centrais são integrados pelo sistema nervoso central que, por meio da estimulação ou inibição do sistema nervoso autônomo, e conseqüentemente, seus efetores principais – o vago e o simpático – regulam a modulação da frequência cardíaca batimento-a-batimento (Figura 1), adaptando-a as demandas impostas pelo organismo e seu ambiente circundante a cada momento (LONGO *et al.*, 1995).

A atividade parassimpática reduz a frequência cardíaca. Esse efeito é mediado pela liberação sináptica de acetilcolina, que possui um período muito curto de latência. A ativação simpática resulta no aumento da frequência cardíaca e da velocidade de condução, juntamente com o aumento da contratilidade miocárdica. Esta ação é mediada pela liberação sináptica de noradrenalina, que é reabsorvida e metabolizada lentamente. Devido a essas diferenças na função neurotransmissora dos dois subsistemas, o sistema nervoso autônomo tende a operar em diferentes frequências e variações relacionadas à frequência cardíaca se devem predominantemente a mudanças na atividade simpática e parassimpática, as quais podem ser identificadas e quantificadas (PUMPRLA *et al.*, 2002).

Essas alterações na frequência cardíaca são caracterizadas por flutuações periódicas, sendo mais conhecidas àquelas que estão relacionadas à respiração, aos mecanismos barorreceptores, à termoregulação e às variações no tônus vasomotor (LONGO *et al.*, 1995).

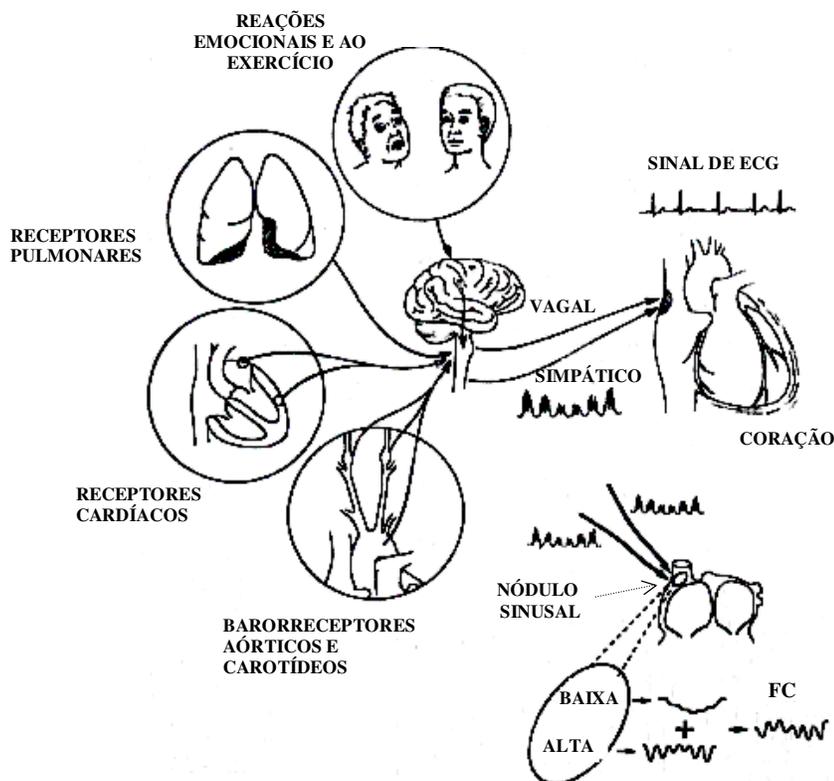


Figura 1. Modelo do controle neural da frequência cardíaca. Estímulos vindos dos barorreceptores, receptores cardíacos e pulmonares, e resposta ao estresse físico e mental, são integrados no sistema nervoso central que ativa o sistema nervoso autônomo (SNA), e conseqüentemente, seus ramos vagal e simpático que vão atuar no nóculo sinusal (NS), promovendo variações de alta e baixa frequência, respectivamente, que se somam para modular a FC instantânea. Adaptada de SAUL (1990).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é uma ferramenta simples, reprodutível, de baixo custo, não invasiva e eficaz para medir a modulação autonômica cardíaca a partir de sinais eletrocardiográficos. Consiste de uma série de medidas das variações de intervalos interbatimentos sucessivos de origem sinusal (SZTAJZEL, 2004). Além disso, permite avaliar a saúde cardíaca e a função do sistema nervoso autônomo na regulação da atividade cardíaca (ACHARYA *et al.*, 2006).

Em 1996, as Sociedades Americana e Européia de Cardiologia estabeleceram medidas padronizadas para a interpretação fisiológica e uso clínico da VFC (TASK FORCE, 1996). A partir de então, os índices no domínio do tempo e no domínio da frequência foram considerados os parâmetros mais utilizados para quantificar a VFC.

a) Domínio do tempo

A maneira mais simples de se avaliar as variações na frequência cardíaca são as medidas realizadas no domínio do tempo.

No registro eletrocardiográfico, cada complexo QRS é detectado e utilizado para construção de tacogramas de intervalos normais (NN), constituídos por todos os intervalos entre complexos QRS adjacentes que foram oriundos da despolarização do nódulo sinusal.

O cálculo das variáveis no domínio do tempo pode ser feito de maneira simples, utilizando-se índices tais como a média dos intervalos NN, a média da frequência cardíaca, a diferença entre intervalos NN curtos e longos e a diferença entre a frequência cardíaca diurna e noturna, ou de forma mais complexa baseada em medidas estatísticas.

Esses índices estatísticos no domínio do tempo são divididos em duas categorias: (a) aquelas derivadas de medidas diretas dos intervalos NN e (b) aquelas derivadas da diferença entre intervalos NN adjacentes (Tabela 2).

A primeira categoria (a) são os índices SDNN, SDANN, SDNN index, e as da segunda categoria (b) são os índices RMSSD, NN50 e pNN50.

**Tabela 2. Parâmetros da VFC no domínio do tempo**

Variável	Unidade	Descrição
SDNN	ms	Desvio padrão de todos os intervalos NN
SDANN	ms	Desvio padrão das médias dos intervalos NN a cada segmento de 5 min do sinal
SDNN index	ms	Média dos desvios padrão dos intervalos NN em todos os segmentos de 5 min do sinal inteiro
RMSSD	ms	Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos NN adjacentes
NN50	ms	Número de intervalos NN sucessivos que apresentam diferença de duração superior a 50 ms
pNN50	%	Proporção de NN50 em relação ao número total de intervalos NN do sinal

O SDNN é um índice global da VFC e reflete todos os componentes e ritmos circadianos responsáveis pela variabilidade do sinal eletrocardiográfico. O SDANN nos

fornece informações de longa duração, e é sensível às baixas frequências ligadas à atividade física, mudanças posturais e ritmo circadiano. O RMSSD, NN50 e pNN50 são medidas que correspondem a mudanças de curta duração e não são dependentes da variação dia-noite. Refletem alterações na modulação autonômica que são mediadas pelo vago (SZTAJZEL, 2004).

b) Domínio da frequência

A análise da VFC no domínio da frequência (densidade espectral de potência - PSD) descreve as oscilações periódicas do sinal de frequência cardíaca decomposto em amplitudes e frequências diferentes, e informam sobre a intensidade (variância ou potência) do ritmo sinusal cardíaco.

A análise espectral de potência pode ser realizada de duas maneiras : 1) pelo método não paramétrico, a Transformada Rápida de Fourier (FFT), que é caracterizada por picos discretos em vários componentes de frequência, e 2) método paramétrico, o modelo autoregressivo, que resulta em um espectro amortecido. Para maiores esclarecimentos sobre o método não paramétrico (modelo autoregressivo) sugere-se como bibliografia - TASK FORCE, 1996.

A análise espectral define os principais componentes das flutuações periódicas da FC. As oscilações comumente encontradas após a decomposição espectral de uma série finita de batimentos cardíacos sequenciais, agrupadas no espectro de potência, são analisadas em bandas de frequência que variam de 0 a 0,5 Hz e podem ser assim classificadas quanto ao sistemas efetores responsáveis: i) flutuações de muito baixa frequência (VLF) – entre 0,015 e 0,04 Hz (com frequências menores do que 3 ciclos por minuto), relacionadas com a ação de quimiorreceptores, a termoregulação e o sistema renina-angiotensina-aldosterona; ii) flutuações de baixa frequência (LF) – (aproximadamente 6 ciclos por minuto) habitualmente compreendida entre 0,04 e 0,15 Hz, com um pico aos 0,1 Hz e relacionadas com a atividade barorreflexa, e iii) as flutuações de alta frequência – (HF) – correspondentes à frequência respiratória (15 ciclos por minuto), habitualmente com pico aos 0,25 Hz e compreendidas entre os 0,15 e os 0,4 Hz (Figuras 2 e 3).

Registros eletrocardiográficos de curta duração (5 a 10 min) são constituídos dos componentes VLF, HF e LF, enquanto os registros eletrocardiográficos de longa duração (24 hs) incluem o componente de ultra baixa frequência ULF além dos outros três. A Tabela 3 mostra os parâmetros do domínio da frequência mais utilizados.

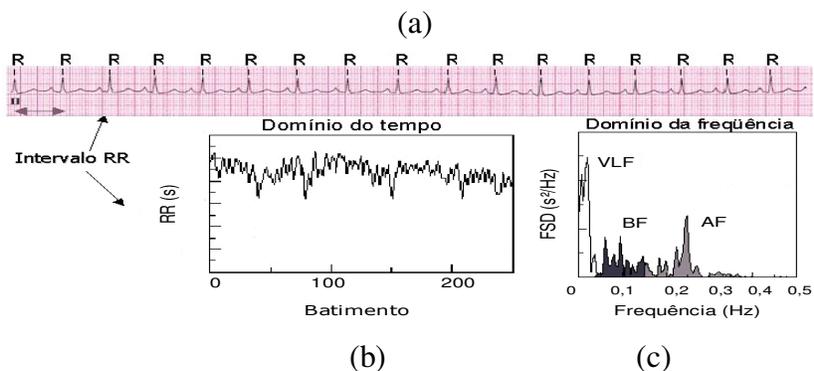


Figura 2. Método de análise da VFC. (a) sinal de eletrocardiograma com marcação das ondas R e representação dos intervalos RR. (b) série temporal oriunda do sinal de ECG (tacograma) utilizada para o cálculo das variáveis do domínio do tempo. (c) após utilização da Transformada Rápida de Fourier temos a representação das bandas de frequência – VLF, LF e HF.

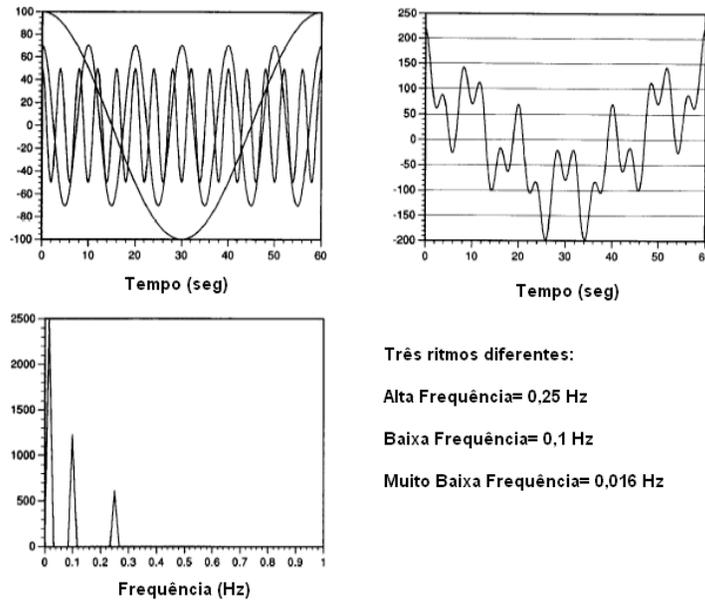


Figura 3. Modificada de STEIN *et al.*, 1994. Quadro superior esquerdo, três sinais sinusoidais: 0,016 Hz, 0,1 Hz e 0,25 Hz superpostos em uma mesma escala. Quadro superior direito, os mesmos três sinais combinados formando um único sinal. Quadro inferior, análise espectral de potência dos sinais mostrados acima.

**Tabela 3. Parâmetros no domínio da frequência**

Variável	Unidade	Descrição	Taxa de frequência
Potência total	ms <sup>2</sup>	Variância de todos os intervalos NN	< 0,4 Hz
ULF	ms <sup>2</sup>	Ultra baixa frequência	< 0,003 Hz
VLF	ms <sup>2</sup>	Muito baixa frequência	< 0,003 – 0,04 Hz
LF	ms <sup>2</sup>	Baixa frequência	0,04 – 0,15 Hz
HF	ms <sup>2</sup>	Alta frequência	0,15 – 0,4 Hz
LF/HF		Relação entre baixa e alta frequência	

O componente de alta frequência é definido como um marcador da modulação vagal. Esse componente é mediado pela respiração e então é determinado pela frequência respiratória.

O componente de baixa frequência possui interpretação controversa. Alguns autores consideram a potência LF, particularmente quando expressa em unidades normalizadas, como sendo uma medida da modulação simpática, outros a interpretam como sendo a combinação das atividades parassimpática e simpática. Em termos práticos, o aumento no componente LF (teste da mesa de inclinação, estresse físico ou mental, agentes farmacológicos simpaticomiméticos) é considerado ser uma consequência da atividade simpática. De modo oposto, o bloqueio  $\beta$ -adrenérgico resulta em redução da potência LF. No entanto, em condições associadas com a superexcitação simpática, por exemplo, em pacientes com insuficiência cardíaca avançada, o componente de LF diminui drasticamente, refletindo assim a redução na responsividade do nódulo sinusal ao estímulo neural.

A razão LF/HF reflete a relação simpato-vagal global e pode ser usado como uma medida do balanço entre esses sistemas.

ULF e VLF são componentes espectrais com muito baixas oscilações. O componente ULF reflete ritmos neuroendócrinos e circadianos e o componente VLF os ritmos de longa duração.

### **2.3 Efeito do Envelhecimento Fisiológico na Modulação Autonômica da Frequência Cardíaca**

A VFC é um claro marcador biológico do processo de envelhecimento (DE MEERSMAN, 1993), porém seu valor preditivo ainda é baixo, devido à dificuldade na distinção entre a diminuição dos índices da VFC relativa a doenças cardiovasculares e aquelas decorrentes do processo natural de envelhecimento (UMETANI *et al.*, 1998) e do sedentarismo (ZHANG, 2007, BONNEMEIEIR *et al.*, 2003, UMETANI *et al.*, 1998).

Com o intuito de avaliar sistematicamente o efeito da análise espectral da VFC de repouso utilizando registros curtos de ECG (cinco minutos de duração) no processo de envelhecimento, KUO *et al.* (1999) recrutaram 1070 voluntários saudáveis (598 mulheres e 472 homens) com idades entre 40-79 anos que foram distribuídos em oito estratos de idade com cinco anos de intervalo entre eles (40-44, 45-49, 50-59, 60-64, 65-69, 70-74 e 75-79 anos). Após a análise dos dados, concluíram que praticamente todas as medidas da VFC no domínio da frequência foram significativa e negativamente correlacionadas com a idade.

Em particular, o componente de baixa frequência (LF) foi o parâmetro da VFC que melhor se correlacionou com a idade, sendo considerada, portanto, a variável mais acurada para representar o processo de envelhecimento autonômico cardíaco.

Da mesma forma, usando registros curtos de ECG para análise da VFC no processo de envelhecimento, ZHANG (2007) avaliou retrospectivamente 470 voluntários (sendo 303 do sexo feminino), sadios, com idade variando de 10 a 80 anos, divididos em oito grupos de idade com intervalos de 10 anos entre cada grupo. Os grupos de idade apresentaram diferença significativa na resposta da VFC, sendo que tanto a atividade autonômica simpática como a parassimpática diminuíram consistentemente. A maior mudança ocorreu na faixa de 10 com relação à faixa de 20 anos e na de 50 com relação à de 80 anos. O autor postulou que, no primeiro caso, a diminuição da VFC pode ser resultante da transição da fase correspondente à puberdade para a idade adulta e no segundo caso, pode ser devida ao declínio do nível de atividade física a partir dos 60 anos de idade. O autor sugere que seja investigado o efeito do treinamento físico na VFC e que os dados encontrados sejam comparados aos resultados do seu estudo.

Outro trabalho científico que também utilizou a análise da VFC, no domínio do tempo e da frequência, por meio de registros curtos de ECG com o intuito de investigar a influência da idade e suas repercussões sobre as características autonômicas cardíacas foi o estudo transversal realizado por PASCHOL *et al.* (2006). Neste estudo foram avaliados 40 voluntários saudáveis, de ambos os sexos, de diferentes faixas etárias, divididas em quatro grupos de voluntários: *grupo 1* – entre 20 e 30 anos; *grupo 2* – entre 31 e 40 anos; *grupo 3* – entre 41 e 50 anos e *grupo 4* – entre 51 e 60 anos. Foi utilizada como ferramenta de investigação a análise da VFC em duas diferentes situações: na condição de repouso controlado (RPE) e durante manobra postural ativa (MPA) (após repouso de cinco minutos na posição supina o voluntário deveria levantar-se bruscamente e permanecer na posição ortostática por mais cinco minutos, e em seguida, deveria retornar a posição supina e permanecer nesta posição por mais cinco minutos). Ao final do estudo, todos os índices de VFC, exceto LF/HF, do *grupo 4* apresentaram valores inferiores aos respectivos valores dos *grupos 1, 2 e 3*. No que se refere aos resultados da MPA, constatou-se que com o avançar da idade o sistema nervoso autonômico passa a não responder tão prontamente aos estímulos externos, neste caso a mudanças postural, e, além disso, houve uma diminuição

progressiva na variação dos valores da frequência cardíaca entre a posição supina e a posição ortostática.

Alguns estudos objetivaram avaliar o comportamento da modulação autonômica da frequência cardíaca no processo de envelhecimento fisiológico, por meio da análise da VFC, porém utilizando para isso registros longos de ECG (24 horas). Entre esses, destaca-se o trabalho de UMETANI *et al.* (1998) que avaliaram 260 voluntários (112 homens e 148 mulheres), saudáveis, com idades entre 10 e 90 anos, subdivididos em oito grupos diferentes de acordo com a faixa etária (10-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70-79 e 80-89 anos de idade) utilizando apenas a análise da VFC no domínio do tempo. Concluíram que há redução da VFC no decorrer do processo de envelhecimento, sendo que a modulação autonômica vagal foi a que mais rapidamente declinou com o avançar da idade. Esse estudo sugere ainda que existe uma estabilização da diminuição da VFC em indivíduos com mais de 60 anos de idade, achado que difere de alguns estudos que utilizaram registros curtos de ECG (cinco minutos).

Similar ao estudo descrito acima (utilizando registros de ECG de longa duração e análise da VFC apenas no domínio do tempo), BONEMEIER *et al.* (2003) avaliaram 166 sujeitos (85 homens e 81 mulheres), saudáveis, com idade entre 20 a 70 anos, agrupados em cinco faixas etárias (*A* – 20 a 29 anos; *B* – 30 a 39 anos; *C* – 40 a 49 anos; *D* – 50 a 59 anos e *E* – 60 a 70 anos), com o objetivo de avaliar o efeito do envelhecimento na VFC e na flutuação circadiana. Os autores observaram uma redução significativa da VFC com o envelhecimento, devido ao declínio significativo na modulação vagal cardíaca que ocorre principalmente à noite. Quanto maior a diferença de idade entre os grupos (*A* versus *D*; *A* versus *E* e *B* versus *E*), maior é essa diferença estatística. Outro ponto chave dessa pesquisa é a não observação de diferença estatisticamente significativa em nenhum dos parâmetros da VFC, entre os grupos *C* e *D*, o que sugere que, talvez, essas faixas etárias marquem o ponto de transição para o envelhecimento no que diz respeito modulação autonômica da frequência cardíaca.

Considerando a importância da análise da aptidão aeróbia nos índices da VFC (domínio do tempo e da frequência e com registros de longa duração) durante o processo de envelhecimento, ANTELMÍ *et al.* (2004) em um grande estudo de coorte, avaliaram 653 participantes (292 homens e 361 mulheres) com idades entre 14 a 82 anos, classificados de

acordo com a faixa etária ( $\leq 19$  anos, 20-29 anos, 30-39 anos, 40-49 anos, 50 a 59 anos e  $\geq 60$  anos) e o índice de massa corporal em  $\text{Kg/m}^2$  (*normal* – 18,5 a 24,9, *excesso de peso* – 25,0 a 29,9 e *obeso* – 30,0 a 39,9). Analisaram ainda o efeito da aptidão aeróbia, utilizando para isso apenas uma parte da amostra com idades entre 30 e 50 anos, estratificada segundo o  $\dot{V} \text{O}_2 \text{ max}$  em três grupos: 25 a 33,9 ml/Kg/min; 34 a 44,9 ml/Kg/min; e  $> 45$  ml/Kg/min). Observou-se que há diminuição da VFC com o aumento da idade, com taxas similares ao estudo de UMETANI *et al.* (1998), e que maiores valores de VFC estão relacionados à maior aptidão aeróbia, mostrando que esse parâmetro deve ser considerado na análise da VFC.

DE MEERSMAN *et al.* (2007) realizaram uma revisão, descrevendo o efeito do envelhecimento normal na modulação autonômica da frequência cardíaca e quantificando os índices da VFC, com o objetivo de prover dados normativos de cada década de vida de indivíduos adultos; descrever os efeitos das mudanças na aptidão aeróbia, peso corporal e a influência de várias patologias na modulação vagal da frequência cardíaca. No que se refere ao efeito do envelhecimento fisiológico na modulação autonômica da frequência cardíaca os autores afirmaram que está bem estabelecido na literatura que, de fato, existe uma redução da VFC possivelmente devido ao decréscimo na modulação vagal, aumento na modulação simpática ou a combinação de ambos. Sugeriram como boa referência de dados normativos o estudo de BONNEMEIER *et al.* (2003), na medida em que nesse estudo utiliza-se critério de seleção muito limitado (ausência de doença arterial coronariana, diabetes, excesso de peso, hipertensão arterial, desordens neurológicas e psiquiátricas e uso de medicação crônica).

Praticamente todos os estudos citados acima, tanto os que analisaram a VFC por curtos como por longos registros de ECG, tentaram traçar valores de referências para cada um dos índices da VFC, índices esses que se relacionam à modulação vagal ou a ambas as modulações, vagal e simpática, da frequência cardíaca. Porém, é difícil a comparação e a escolha adequada do melhor valor de corte, pois há nítidas diferenças no que diz respeito à duração dos registros eletrocardiográficos e parâmetros (domínio do tempo e da frequência) usados para análise da VFC, diferença nas faixas etárias, controle e/ou normalização em relação às variáveis que possam influenciar a criação desses valores de corte, como peso corporal, aptidão aeróbia, e dificuldade em se garantir que os voluntários recrutados não

possuem doenças cardiovasculares, mesmo que pouco expressivas, principalmente nas faixas etárias mais avançadas.

A Tabela 4 mostra claramente a dificuldade na comparação dos valores de referência dos trabalhos científicos que se dedicaram a criar um banco de dados e até mesmo valores de corte.

**Tabela 4. Comparação dos valores encontrados para os índices da VFC entre alguns estudos**

Autores	Variáveis	Faixa etária (anos)						
		10-19 anos	20-29 anos	30-39 anos	40-49 anos	50-59 anos	60-69 anos	70-79 anos
Paschoal <i>et al.</i> (2006) (registros de ECG de curta duração)	RR médio (ms)		914±114	846,9±123	915,4± 143,6	867±108		
	SDNN							
	RMSSD (ms)		39,9±12,7	34,2±14,6	34,3±19,1	14,2±5		
	pNN50 (%)		9,7±6,2	7,1±6,1	6,4±5,8	0,3±1,0		
	Potência total (ms <sup>2</sup> )		2840,8±1283,9	3239,5±2194,7	3256,3±2984,1	618,7±221		
	HF (ms <sup>2</sup> )		574,3±490,6	544,4±329,6	381,3±363,7	89,3±65,5		
	LF (ms <sup>2</sup> )		834,1±656,3	1274,4±1328,2	722,8±610,1	203,9±149,6		
	LH/HF		1,4±1,3	2,3±4,0	1,9±1,6	2,2±2,2		
Umetani <i>et al.</i> (1998) (registros de ECG de longa duração)	RR médio							
	SDNN (ms)	176±38	153±44	143±32	132±30	121±27	121±332	124±22
	RMSSD (ms)	53±17	43±19	35±11	31±11	25±9	22±6	24±7
	pNN50 (%)	25±13	18±13	13±9	10±9	6±6	4±5	4±5
	Potência total							
	HF							
	LF							
	LH/HF							

Valores dos índices de VFC descritos como média ± desvio-padrão, exceto em Paschoal *et al.* (mediana ± desvio-padrão)

**Tabela 4. Continuação**

Bonnemeier <i>et al.</i> (2003) (registros de ECG de longa duração)	RR médio (ms)		800,2±89,1	770,9±77,2	764,7±91,7	799,5±77,4	802,9±93,9	
	SDNN (ms)		177,4±36,9	147,9±33,9	141,3±36,5	134,9±34,2	117,6±26,9	
	RMSSD (ms)		46,3±17,9	35,5±15	26,1±9,1	24,2±10,9	18,8±6,8	
	pNN50							
	Potência total							
	HF							
	LF							
	LH/HF							
Zhang (2007) (registros de ECG de curta duração)	RR médio	793,7±117,9	760,9±132,2	799,8±123,6	809,6±116,8	811,5±119,5	854,3±123,7	813,5±126,1
	SDNN							
	RMSSD	49±28,6	43,8±26,8	45,4±30,6	35,9±24,9	48,8±70,8	35,2±25,2	41,4±36,5
	pNN50							
	Potência total	1627±1796	872,4±695	913,5±950,5	688,6±900,3	676,8±884,7	344,5±310,6	308,8±272,3
	HF	285,5±272,2	216±300,3	218,5±246,4	150,4±262,7	191,2±458,5	81,4±135,9	104±183,4
	LF	809,2±1250,5	346,7±305	371±460,5	257,4±277,3	241,7±302,2	110,1±108,9	87,7±92,5
	LH/HF	2,95±1,92	2,78±2,3	2,91±2,6	3,27±3,6	4,27±5,9	3,5±6,9	3,4±3,8
Barbosa <i>et al.</i> (1995) (registro de ECG de curta duração)	RR médio							
	SDNN		61,6±18,2			35,1±13,6		25,1±9,9
	RMSSD							
	pNN50							
	Potência total							
	HF		751,4±311			222,4±169,9		97,7±99,7
	LF		1518,8±1264,5			461,0±556,8		123,1±115,3
	LH/HF							

## 2.4 Efeito do Treinamento Aeróbio na Modulação Autonômica da Frequência Cardíaca

Estudos epidemiológicos verificaram associação de baixos valores dos índices da VFC com a mortalidade por doenças cardiovasculares tanto em indivíduos portadores de patologias como infarto do miocárdio (BIGGER *et al.*, 1992), insuficiência cardíaca (NOLAN *et al.*, 1998) e doença arterial coronariana (BARBOSA *et al.*, 1996), como em indivíduos saudáveis no decorrer do processo de envelhecimento (TSUJI *et al.*, 1996 e TSUJI *et al.*, 1994).

Proposta de mudanças no estilo de vida, como a prática de exercício físico, são medidas intervencionistas reconhecidamente eficazes na preservação da função cardiovascular. Porém, ainda não está bem estabelecido na literatura o papel do treinamento aeróbio e, conseqüentemente, de melhor aptidão aeróbica na modulação autonômica da frequência cardíaca.

DE MEERSMAN (1993), em uma investigação transversal cujo objetivo foi examinar o efeito do exercício aeróbio crônico na VFC em uma população de homens ativos fisicamente com idade variando de 15 a 83 anos em comparação com sedentários, avaliaram os índices da VFC e o  $\dot{V}O_{2\max}$  em 72 indivíduos, classificados de acordo com a faixa etária (15 a 25, 26 a 35, 36 a 45, 46 a 55, 56 a 65 e maiores do que 65 anos de idade). No que diz respeito a aptidão aeróbica ( $\dot{V}O_{2\max}$ ), observou-se maiores valores dessa medida, estatisticamente significativa, entre as faixas de idade de 15 a 25, 26 a 35, 36 a 45 e 46 a 55 anos ao comparar o grupo ativo fisicamente com o sedentário respectivo. Porém, a mesma diferença não foi observada entre os grupos a partir dos 56 anos de idade. Quanto às medidas da VFC, essas foram maiores no grupo ativo fisicamente nas faixas etárias de 26 a 35, 46 a 55 e 56 a 65 anos de idade quando comparado ao respectivo grupo de sedentários. Em suma, os resultados sugerem evidências de que o exercício aeróbio habitual e crônico é capaz de melhorar a modulação autonômica cardíaca, suportando a hipótese de que o treinamento aeróbio pode constituir uma terapia cardioprotetora não farmacológica.

SCHUIT *et al.* (1999) investigaram o efeito da atividade física regular na VFC de indivíduos idosos (60 a 80 anos de idade). Avaliaram 74 voluntários de ambos os sexos,

saudáveis, aleatoriamente distribuídos no *grupo controle* ou no *grupo intervenção*, sendo que o *grupo intervenção* foi submetido ao seguinte protocolo de treinamento aeróbio: 10 min de aquecimento, que consistiu de caminhada ou corrida leve, seguido por exercícios de flexibilidade e alongamento, finalizando com o treinamento propriamente dito, que constou de 30 minutos de caminhada ao ar livre, jogos com bola ou dança, três vezes por semana, com intensidade 60 a 80% da capacidade máxima individual encontrada no teste de esforço, por um período total de seis meses. O treinamento físico proposto foi capaz de aumentar, mesmo que moderadamente, os índices da VFC tanto no domínio do tempo (SDNN) como no da frequência (VFL e LF). Porém, não houve alteração nos índices da VFC referentes à modulação vagal.

Com o intuito de investigar o efeito do treinamento aeróbio intervalado na VFC de indivíduos idosos, PICHOT *et al.* (2005) recrutaram 11 homens idosos ( $73 \pm 4,2$  anos) para participarem de um programa de exercícios em cicloergômetro com duração total de 14 semanas (quatro vezes por semana, variando a intensidade do treinamento na mesma sessão - 4 min a 65% da FC max seguido de 1 min a 85% da FC max, durante 45 min). A atividade física foi efetiva em aumentar a aptidão aeróbia, vista por meio do aumento do  $VO_2$  max, e os índices da VFC relacionados à modulação vagal.

LEVY *et al.* (1998) propuseram um protocolo de seis meses de realização de exercícios em um *grupo de jovens* (24 – 32 anos) e um *grupo de idosos* (60 – 82 anos), com intensidade de 50 a 60% da FC de reserva, duração de 45 minutos e frequência de quatro a cinco vezes por semana. Os autores encontraram grande diferença entre os índices da VFC antes do treinamento entre o grupo de jovens e o de idosos, sendo que neste último os índices foram 47% menores. Após o treinamento ocorreu aumento estatisticamente significativo na VFC, vista pelo desvio-padrão dos intervalos RR, em ambos os grupos, com taxas de 68% nos idosos ( $31 \pm 5$  ms para  $52 \pm 8$  ms) e de 17% nos jovens ( $58 \pm 4$  ms para  $68 \pm 6$  ms)). Esses dados sugerem que a VFC é uma boa medida de avaliação das adaptações cardiovasculares ao treinamento físico aeróbio.

MELANSON E FREEDSON *et al.* (2001) usando um protocolo com frequência semanal e duração de cada sessão um pouco menor que o de LEVY *et al.* (1998) (três sessões por semana, com duração de 30 minutos), porém com intensidade maior (80% da FC de reserva), avaliaram onze homens adultos ( $36,6 \pm 1,7$  anos) previamente sedentários

ao longo de 16 semanas de treinamento aeróbio. As avaliações da VFC foram realizadas a cada quatro semanas (4º, 8º, 12º e 16º semanas de treinamento). Ao final do estudo, evidenciou-se aumento nos índices da VFC, tanto no domínio do tempo como no da frequência, somente a partir da 12ª semana de treinamento, o qual se manteve até o final do programa de exercício.

Avaliando um protocolo de treinamento mais longo (um ano), STEIN *et al.* (1999) recrutaram 22 voluntários idosos, de ambos os sexos, que foram distribuídos em um *grupo controle e grupo exercício* (três meses de treino de flexibilidade, seguido por mais nove meses de exercício aeróbio, cuja modalidade variou entre caminhada, corrida, ciclismo ou remo, duração diária de 45 a 60 min, cinco vezes por semana, com intensidade inicial de 60 a 70% do  $\dot{V}O_2$  max, que durante o protocolo de treinamento evoluía gradualmente para 70 a 85% do  $\dot{V}O_2$  max). Os resultados desse estudo sugerem que o aumento do  $\dot{V}O_2$  max em resposta ao treinamento proposto está associado ao aumento dos índices da VFC.

Em um estudo transversal cuja proposta foi investigar o efeito do processo de envelhecimento e o estilo de vida no controle autonômico da frequência cardíaca, por meio do estudo da VFC de curta duração e arritmia sinusal respiratória em homens saudáveis, MELO *et al.* (2005) avaliaram quatro grupos distintos de indivíduos, que foram divididos de acordo com a idade e estilo de vida (sedentários e ativos) da seguinte forma: *jovens sedentários, jovens ativos, idosos sedentários e idosos ativos*. O grupo *jovens ativos* realizava atividades de lazer como futebol, natação, ciclismo e corrida, duas vezes por semana e o *grupo de idosos ativos* participava de atividades físicas regulares como corrida, ciclismo, natação e caminhada, há mais de quinze anos, com duração de 60 min por sessão. Os autores concluíram que o processo de envelhecimento fisiológico acarreta diminuição da VFC, vista por meio da redução da atividade parassimpática e aumento da atividade simpática em repouso. Além disso, a prática regular e crônica de atividade física possui efeito positivo na atividade vagal cardíaca e conseqüentemente tende a reverter, pelo menos em parte, os déficits relacionados à idade na atividade vagal do coração.

Com proposta similar ao estudo descrito acima, UENO e MORITANI (2003) avaliaram 24 homens idosos (60-70 anos) sadios. Para investigação do efeito de longo período de prática de exercício físico sobre a VFC comparou-se o grupo de *idosos ativos*

(treinavam mais do que três vezes por semana por mais de 11 anos) com o grupo de *idosos sedentários*. Os idosos ativos apresentaram maior atividade do sistema nervoso autonômico parassimpático dos que os sedentários, evidenciando o efeito cardioprotetor do treinamento aeróbio de longa duração em homens idosos assim como visto no estudo de MELO *et al.*, (2005).

Com o objetivo de analisar a influência da idade e estilo de vida sedentário na VFC por meio de um estudo transversal, MIGLIARO *et al.* (2001) recrutaram 34 voluntários saudáveis de ambos os sexos que foram divididos em três grupos (jovens ativos (15-20 anos), jovens sedentários (15-20 anos) e idosos sedentários (39-82 anos)). Ao comparar o grupo de idosos com o grupo de jovens a VFC foi menor (índices RMSSD, LF e HF) no grupo de idosos. Por outro lado, ao comparar o grupo de jovens sedentários com o grupo de jovens ativos, não houve diferenças na VFC apesar da melhor aptidão aeróbia encontrada no grupo de jovens ativos.

Com a mesma proposta do trabalho descrito acima, porém usando longos registros de ECG (24 h) para análise da VFC, LEICHT *et al.* (2003), avaliaram 11 jovens (18-24 anos) e 12 indivíduos adultos (29-43 anos) de ambos os sexos, saudáveis e sedentários há pelo menos três meses que foram inseridos em um programa de exercício aeróbio não supervisionado pelos avaliadores durante 16 semanas. Os voluntários realizaram qualquer tipo de exercício aeróbio, de três a quatro vezes por semana, com duração superior a 30 min por sessão, a uma intensidade de 70% da FC máxima predita para a idade. Com o término do estudo chegou-se a conclusão de que os voluntários adultos apresentaram menores valores de VFC e modulação vagal do que os jovens, sendo que o exercício aeróbio mudou minimamente os componentes de LF e HF da VFC.

CARTER *et al.* (2003) avaliaram 24 corredores recreacionais agrupados em função do sexo (homens e mulheres) e idade (jovens e meia-idade) com o intuito de investigar a modulação autonômica da frequência cardíaca após um programa de treinamento aeróbio intenso (79-90% da FC máxima), cuja modalidade foi corrida em quatro sessões semanais, cada uma com duração de 45-60 min, no decorrer de 12 semanas. Para análise da modulação autonômica cardíaca utilizaram-se medidas da VFC de curta duração (5 min) antes e após o programa de treinamento. Houve aumento dos índices da VFC (potência total e HF) em todos os grupos após o treinamento.

YAMAMOTO *et al.* (2001) observaram que jovens que participaram de um curto programa de treinamento aeróbio (seis semanas), de alta intensidade (80% do VO<sub>2</sub> pico) e frequência semanal (seis sessões por semana), com duração moderada (40 min por sessão), apresentaram adaptações cardiovasculares ao exercício benéficas: redução da FC de repouso, aumento na VFC (HF, SDNN e potência total) com simultâneo aumento da aptidão aeróbia.

CATAI *et al.* (2002) não encontraram mudanças significativas na VFC após o treinamento aeróbio (caminhada ou corrida) de duração diária (40 min) e frequência semanal moderadas (três vezes por semana) a uma intensidade de 70 a 85% da FC<sub>pico</sub> durante três meses em indivíduos jovens e de meia-idade. Resultado similar ao encontrado por SILVA (2009) quando submeteu indivíduos de meia-idade a um programa de caminhada de intensidade leve a moderada, durante uma hora, três vezes por semana e duração total de três meses.

UUSITALO *et al.* (2002) estudaram as influências de um período de um ano de treinamento aeróbio na VFC em 112 homens sedentários, com 53-63 anos de idade, os quais foram aleatoriamente divididos em: *grupo intervenção (EX)*, que realizou caminhada, corrida, natação, ciclismo ou esqui, com intensidade de 40-60% do consumo máximo de oxigênio determinado pelo teste cardiorrespiratório, com duração de 30-45 minutos e frequência de três vezes por semana nos três primeiros meses e aumentando para 45-60 minutos e cinco vezes no resto do protocolo; e *grupo controle (CO)*. Os autores encontraram um discreto aumento da VFC no *grupo EX* e uma redução da VFC no *grupo CO*, sugerindo que o protocolo de treinamento físico aplicado é benéfico em conter a redução da VFC que ocorre com o avançar da idade. No entanto, a continuidade desse estudo por mais quatro anos (UUSITALO *et al.*, 2004), o que contabiliza um total de cinco anos de acompanhamento, revelou que o treinamento aeróbio proposto (intensidade leve a moderada) não foi capaz de mudar, significativamente, a modulação autonômica cardíaca e nem a aptidão cardiorrespiratória durante o período de seguimento.

Com protocolo experimental idêntico ao estudo descrito anteriormente TUOMAINEN *et al.* (2005), que também investigaram o impacto do treinamento de exercício regular de intensidade baixa a moderada na VFC, recrutando para isso 100 homens de 53-63 anos de idade que foram acompanhados pelo *DNASCO Study (DNA*

*polymorphisms and carotid atherosclerosis*) durante seis anos, não encontraram mudanças estatisticamente significativas na modulação autonômica cardíaca. Embora o grupo exercício tenha melhorado a capacidade aeróbia submáxima, não houve correlação entre os parâmetros da VFC com o VO<sub>2</sub> max.

A partir da revisão bibliográfica, percebe-se que o protocolo de treinamento aeróbio parece contribuir para a discordância entre alguns dos efeitos na VFC relatados na literatura. SANDERCOCK *et al.* (2005), em uma meta-análise cujo objetivo foi estudar o efeito do treinamento aeróbio na VFC, destacaram a importância da avaliação de variáveis, que por si só, poderiam influenciar a análise da VFC. No que se refere ao protocolo de treinamento, a principal variável considerada foi a duração total do programa de exercícios (menor ou igual e maior do que 12 semanas) e, quanto à metodologia de análise da VFC, foi considerada a duração dos registros eletrocardiográficos (curta (0,5 a 5 min) e longa duração (24 h)).

Existem poucos registros na literatura sobre o efeito de diferentes protocolos de treinamento aeróbio na VFC. TULLPO *et al.* (2003), examinaram o efeito de diferentes durações de sessão de treinamento físico em homens saudáveis e sedentários divididos em três grupos: *grupo controle* (36 ± 11 anos), *grupo 1* (35 ± 10 anos) – sessão de treinamento com duração 30 min; e *grupo 2* (35 ± 10 anos) – duração de 60 min, sendo a intensidade (70 a 80% da FC máxima), a frequência (seis sessões por semana) e o tempo total do treinamento (oito semanas) igual para os grupos 1 e 2. Os autores encontraram melhora nos índices referentes à modulação vagal da frequência cardíaca após as oito semanas de treinamento em ambos os grupos. Esse resultado sugere que a duração da sessão de exercício não é um fator determinante no efeito do exercício aeróbio na VFC.

Por outro lado, comparando diferentes intensidades de exercício aeróbio, LOIMAALA *et al.* (2000) recrutaram 80 homens saudáveis (35-55 anos) que foram divididos em três grupos: *controle* (exercícios não supervisionados ou sedentários), *exercício 1* (intensidade de 55% do VO<sub>2</sub> max) e *exercício 2* (intensidade de 75% do VO<sub>2</sub> max) sendo que ambos os grupos realizaram caminhada ou corrida, durante 30 min, em quatro a seis sessões semanais por um período de 20 semanas. O treinamento proposto foi eficaz em aumentar o VO<sub>2</sub> max em todos os grupos de estudo, reduzir a frequência cardíaca

de repouso no grupo *exercício 2*, porém não houve mudanças estatisticamente significativas na VFC nos grupos *exercício*.

Em uma investigação transversal, BUCHHEIT *et al.* (2005) com o objetivo de determinar a influência da intensidade e da qualidade da atividade física na VFC recrutaram 43 voluntários de meia-idade de ambos os sexos que foram assim distribuídos: grupo de sedentários, grupo de ativos (exercícios de moderado dispêndio energético e baixa intensidade) e grupo de atletas (exercícios de moderado dispêndio energético e alta intensidade). Além dos índices da VFC no domínio do tempo e da frequência, avaliou-se a qualidade de vida. Os principais achados desse trabalho foram: 1) atividade física que despendam moderado gasto energético (indivíduos ativos e atletas), mesmo que de baixa intensidade, é suficiente para se observar maiores índices de modulação vagal e melhor qualidade de vida do que em atividades de baixo dispêndio energético (indivíduos sedentários), 2) indivíduos que participavam de atividades de alta intensidade (atletas) possuem alta atividade vagal e maior predominância parassimpática, porém sem qualquer melhora adicional na qualidade de vida quando comparados aos voluntários que realizam atividades de baixa intensidade (ativos), 3) a análise de correlação linear mostrou correlação positiva entre a medida de qualidade de vida e o componente de alta frequência da VFC, que representa a modulação vagal. Em suma, o efeito cardioprotetor advindo do aumento da atividade vagal no nóculo sinusal pode ser alcançado quando moderado dispêndio energético é obtido, sendo potencializado em atividades físicas de alta intensidade.

IWASAKI *et al.* (2003) formularam um protocolo de treinamento no qual a intensidade, frequência e a duração do exercício aeróbio (dose) aumentavam gradualmente durante os doze meses de programa de atividade física. Para isso recrutaram 11 voluntários jovens ( $29 \pm 6$  anos) de ambos os sexos que foram avaliados inicialmente, e após 3, 6, 9 e 12 meses de treinamento. Os índices da VFC tenderam a apresentar um aumento estatisticamente significativo, em comparação com os valores iniciais, até o 6 mês de treinamento. Esses resultados mostram que um treinamento mais intenso e prolongado não necessariamente ocasiona grandes mudanças no controle autonômico cardíaco em jovens.

OKAZAKI *et al.* (2005) deram continuidade a esse estudo e completaram a amostra adicionando mais dois grupos de voluntários ao grupo de jovens do estudo acima: idosos

sedentários (n= 10;  $71 \pm 3$  anos) e atletas máster (n= 12;  $68 \pm 3$  anos). Como os jovens haviam completado o programa de treinamento, somente o grupo de idosos sedentários participou de um programa muito similar aos dos jovens, havendo apenas um ajuste na intensidade do exercício com o intuito de evitar injúrias. Ao final do estudo os autores concluíram que atletas máster possuem modulação autonômica da frequência cardíaca similar a jovens sedentários, ou seja, a prática regular de exercício físico do tipo aeróbio por longos períodos de tempo é capaz de preservar a função cardíaca e possivelmente reduzir risco de mortalidade devido à doença cardiovascular. Além disso, os índices da VFC em idosos sedentários melhorou com o aumento da dose de exercícios (aproximadamente 75% da FC max por 200 min/semana) após um ano de treinamento. Neste caso específico, esses índices não aumentaram significativamente após baixas-moderadas doses de treinamento, mas sim com altas doses de treinamento, diferentemente dos jovens.

Em suma, a partir da revisão da literatura sobre o efeito do treinamento aeróbio e da aptidão física na VFC, apesar dos resultados conflitantes, constata-se que idosos praticantes de exercício aeróbio por longos anos possuem maiores índices relacionados à modulação vagal cardíaca em comparação com sedentários, evidenciando assim o efeito cardioprotetor do exercício.

Outra constatação se refere ao fato de que alguns estudos de muito longa duração (três anos ou mais) talvez não tenham encontrado melhora, estatisticamente significativa, na VFC devido ao declínio da mesma com o avançar da idade. Entretanto, se a atividade física não foi capaz de reverter completamente a redução da VFC com o envelhecimento, talvez tenha amenizado esse processo.

Outras variáveis do protocolo de treinamento que parecem exercer papel importante na VFC são intensidade, frequência semanal e duração total do programa de treinamento. Exercícios mais intensos, com maior número de sessões por semana e de maior duração (aproximadamente um ano) têm se mostrado mais favoráveis no aumento da VFC.

## 2.5 Frequência Cardíaca de Recuperação

A frequência cardíaca de recuperação (FCR) ou a taxa de declínio da FC após o exercício é decorrente, principalmente, da reativação vagal durante o retorno gradual da FC aos seus valores iniciais (COLE *et al.*, 1999). Porém, alguns autores não descartam a participação da retirada simpática nesse processo (PERINI *et al.*, 1989).

Recentes estudos examinaram o valor da FCR pós-teste de esforço como uma medida preditora de resultados. Esses estudos mostraram que a atenuação da FCR, refletindo reduzida atividade do sistema nervoso parassimpático, é um preditor independente de mortalidade tanto por doenças cardiovasculares como geral.

Em uma corte de 5234 adultos saudáveis COLE *et al.* (2000) encontraram que a FCR pós-teste de esforço submáximo (principal critério de interrupção do teste de exercício foi quando o voluntário atingisse 85% a 90% da FC predita para idade ( $FC_{pico}$ ), sem a realização de período de desaquecimento prévio, em postura sentada, sendo a FCR medida 2 min após exercício ( $FCR = FC_{pico} - FC_{2\ min}$ ) foi um potente preditor de todas as causas de mortalidade. Voluntários que apresentam FCR anormal ( $\leq 42$  batimentos) apresentaram taxa de mortalidade de 10%, contra 4% daqueles com FCR normal, após 12 anos de seguimento. Associações entre diferentes níveis de aptidão aeróbia e FCR foram descritas nesse estudo, sendo que indivíduos com FCR anormal praticavam menos atividade física ou participavam de programas de exercício menos intensos.

COLE *et al.* (1999) acompanharam, durante seis anos, 2428 voluntários sem história de insuficiência cardíaca ou revascularização do miocárdio e sem marcapasso, os quais foram referenciados para realização de teste ergométrico sintoma limitante com o intuito de examinar a aplicabilidade da FCR como um marcador prognóstico de mortalidade. Nesse estudo houve a realização de 2 min de desaquecimento (velocidade de 2,4 Km/h com inclinação da esteira de 2,5%), sendo o valor da FCR medido 1 min após o término do teste ergométrico. A anormalidade da FCR foi definida pela diminuição de 12 bpm ou menos, com relação ao máximo. O grupo com valor de  $FCR \leq 12$  bpm apresentou 19% de mortalidade, enquanto que o grupo com  $FCR > 12$  bpm apresentou taxa de mortalidade de 5%. Os pesquisadores concluíram que o atraso na redução da FC durante o primeiro minuto após exercício, refletindo a diminuição da atividade vagal, é um potente preditor de mortalidade geral.

VIVEKANANTHAN *et al.* (2003) observaram que a FCR também é um preditor de mortalidade em pacientes portadores de doença arterial coronariana (DAC) independentemente do grau de severidade da doença vista por meio da angiografia coronariana. Esse estudo avaliou uma amostra de 2935 pacientes submetidos a angiografia coronariana e acompanhados durante 6 anos. A FCR foi definida como sendo a diferença entre a frequência cardíaca máxima atingida no teste de exercício sintoma limitante e a FC mensurada 1 min após a interrupção do teste. Um dado interessante levantado nessa pesquisa foi o fato de que maiores valores de aptidão aeróbia aumentam a sobrevida desses pacientes.

Além de prever mortalidade em indivíduos saudáveis, idosos (MESSINGER-RAPPORT *et al.*, 2003), portadores de DAC e diabetes melito tipo II (CHACKO *et al.*, 2008) a FCR é um indicador de pior prognóstico em pacientes com insuficiência cardíaca crônica (NANAS *et al.*, 2006) e possui associação significativa com síndrome metabólica (SUNG *et al.*, 2006).

Vários autores estudaram os benefícios da prática de exercícios físicos na melhora da função autonômica cardíaca, refletida pela melhora na FCR. A FCR é um parâmetro simples, rápido e de baixo custo, que pode ser usado na estratificação de risco e prognóstico em pacientes submetidos ao teste ergométrico máximo ou submáximo e na avaliação de pacientes durante reabilitação cardíaca.

MYERS *et al.* (2007) avaliaram o efeito de um programa de treinamento na FCR de pacientes com insuficiência cardíaca. Para isso 22 pacientes do sexo masculino foram aleatoriamente distribuídos no grupo que realizou exercício (dois meses de reabilitação cardiovascular) ou no grupo controle. A FCR foi medida em supino, antes e após o programa de reabilitação, e foi expressa como o declínio da  $FC_{pico}$  até a FC do 1º ao 6º min de recuperação pós-teste de exercício sintoma limitante. Importantes resultados foram levantados nessa pesquisa: (1) houve aumento de 26% no consumo de oxigênio de pico ( $p < 0,05$ ) no grupo exercício, enquanto que essa resposta não mudou significativamente no grupo controle; (2) A FCR foi significativamente mais rápida no grupo exercício após o treinamento e (3) a melhora na aptidão aeróbia foi associada com a mais rápida FCR após treinamento. Logo, esse estudo sugere que o treinamento pode ser considerado benéfico para pacientes com insuficiência cardíaca. O fato de que a melhora na FCR entre pacientes

do grupo de treinamento de exercício ter-se correlacionado com o  $VO_2$  de pico ( $r = 0,59$ ,  $p = 0,04$ ) sugere uma ligação entre a aptidão aeróbia e a FCR.

Avaliando os benefícios de um programa de reabilitação cardíaca (fase II) com duração de 12 semanas em pacientes portadores de doença arterial coronariana sobre a FCR pós-teste de esforço sintoma limitante MACMILLIAM *et al.* (2006) encontraram melhoras na FCR em 13,6% ( $p < 0,02$ ), na aptidão aeróbia em 28% ( $p < 0,0001$ ), na FC de repouso e na  $FC_{pico}$ . Além disso, não houve diferença significativa na melhora da FCR baseada na idade, indicando que sujeitos idosos se beneficiam de programas de exercício similarmente a sujeitos jovens. Nesse estudo, não foi encontrada relação entre idade e FCR.

CARNETHON *et al.* (2005) em uma pesquisa longitudinal de sete anos – *The Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Study* – acompanharam 1627 jovens saudáveis (18 a 30 anos) com o intuito de verificar se o aumento ou manutenção do nível de atividade física está associado com mudanças favoráveis na função autonômica cardíaca parassimpática, vista por meio da FCR, durante o período de seguimento. A FCR foi calculada pela diferença entre a FC máxima atingida nos teste ergométrico máximo e a FC 2 min após a cessação do teste na posição sentada. O nível de atividade física foi classificado, a partir de um questionário validado para o *CARDIA*, em baixo, moderado e alto. As principais descobertas desse estudo são: i) a prática regular de exercício físico está associada com melhor função autonômica cardíaca estimada pela FCR pós-teste de esforço máximo; ii) participantes que diminuíram o nível de atividade física no decorrer de sete anos apresentaram um declínio da função vagal significativamente maior do que aqueles que mantiveram ou aumentaram sua atividade física durante esse período; iii) existe uma associação positiva dose-resposta entre o nível de atividade física e função autonômica.

Estudos recentes apontam o uso da FCR como uma ferramenta simples e potente para prever e monitorar mudanças no estado de treinamento em resposta a uma determinada carga de esforço. Considerando o fato de que para se alcançar altos níveis de desempenho atlético é necessário descobrir o equilíbrio entre a mais adequada carga (influenciada pela intensidade, volume, frequência e duração) de treinamento e o mínimo, porém apropriado, período de recuperação. Um caminho promissor para quantificar este equilíbrio pode ser a análise da resposta do sistema nervoso autonômico ao treinamento, sabendo-se que este sistema, e conseqüentemente seus componentes vagal e simpático,

estão interligados a qualquer outro sistema fisiológico. Assim, a responsividade do sistema nervoso autonômico pode prover informação útil sobre as adaptações funcionais do corpo humano (LAMBERT *et al.*, 2009 e BORRESEN E LAMBERT, 2007).

Como descrito anteriormente, nas seções 2.3 e 2.4, é reconhecido que o envelhecimento fisiológico tem como consequência um déficit na função autonômica cardíaca, analisado por meio da redução dos valores da variabilidade da frequência cardíaca ao longo das faixas de idade crescentes. Esse déficit está relacionado a um aumento de morbidade, mortalidade, má condição de saúde geral, além de maior incapacidade funcional e qualidade de vida na população idosa. Não obstante, o papel cardioprotetor do exercício físico é um consenso na literatura, sendo considerado importante na preservação da saúde em todas as faixas de idade. Entretanto, seu efeito sobre VFC após programas de treinamento aeróbio e a correlação positiva esperada entre maiores níveis de aptidão aeróbia e VFC ainda é controversa.

A FCR, assim como a VFC, é considerada uma ferramenta simples e potente, empregada na avaliação do sistema nervoso autonômico. Porém, alguns autores não encontraram relação entre a FCR pós-esforço e medidas da VFC realizadas no mesmo período de tempo (RICARDO *et al.*, 2005). Esse fato sugere que, apesar de ambas as medidas serem usadas como ferramentas não-invasivas de avaliação do sistema nervoso autonômico cardíaco, parecem ser decorrentes de diferentes mecanismos fisiológicos e que talvez exista um papel clínico complementar entre elas (RICARDO *et al.*, 2005).

Nesse contexto, é fundamental conhecer o papel do envelhecimento e da aptidão aeróbia na FCR para se estabelecer estratégias, como mudanças no estilo de vida, com o objetivo de prevenção e tratamento.

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Seleção dos Voluntários

Foram recrutados 80 voluntários de 20 a 60 anos de idade, do sexo masculino, saudáveis e não fumantes. Destes, 12 foram excluídos da amostra devido à presença de hipertensão arterial (sete voluntários), apresentação de alterações eletrocardiográficas durante teste ergométrico (um voluntário), diagnóstico de doença cardiovascular (um voluntário), comportamento anormal da pressão arterial durante o teste ergométrico (dois voluntários) e presença de dislipidemia (um voluntário). Sendo assim, a amostra final foi constituída de 68 voluntários.

Devido ao tamanho amostral reduzido foi inviável a apresentação dos dados em faixas etárias com pequena variação de idade. Optou-se por avaliar, primordialmente, dois grupos etários: indivíduos jovens (20-30 anos) e de meia-idade (40-60 anos). Em relação à análise dos dados considerando o nível de aptidão aeróbia submáxima, a amostra foi classificada em: voluntários com aptidão aeróbia boa (AB) e com aptidão aeróbia ruim (AR), conforme detalhes na seção 3.4.3. Portanto, a amostra constou de quatro grupos experimentais: jovens de aptidão aeróbia boa, jovens de aptidão aeróbia ruim, meia-idade de aptidão aeróbia boa e meia-idade de aptidão aeróbia ruim.

Todos os voluntários foram recrutados considerando-se os critérios de exclusão, como seguem:

- Realização de tratamento farmacológico com drogas que possam influenciar o funcionamento do sistema nervoso autonômico;
- Apresentação de sinais de patologias cardiovasculares detectados pela avaliação descrita adiante.

### **3.2 Aspectos Éticos**

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Instituto Nacional de Cardiologia (ANEXO 1). Todos os voluntários foram esclarecidos e orientados a respeito de suas participações no estudo, quanto aos procedimentos a serem utilizados para investigação e o caráter não-invasivo dos mesmos. Eles foram familiarizados com o ambiente no qual ocorreram as monitorizações eletrocardiográficas e os testes, bem como as pessoas envolvidas nos experimentos.

Além disso, foram esclarecidos de que poderiam desistir de participar do estudo a qualquer momento. Após concordarem em participar da pesquisa, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com a resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (ANEXO 2).

### **3.3 Avaliação dos Voluntários**

Todos os voluntários foram submetidos à avaliação, composta por anamnese (dados pessoais, investigação dos hábitos de vida, história de doenças progressas, presença de fatores de risco para doenças do sistema cardiovascular e indagações quanto a prática de exercício físico) e exame físico (inspeção geral, verificação da estatura e massa corporal total, avaliação osteo-mio-articular global, aferição da frequência cardíaca e respiratória e da pressão arterial sistólica e diastólica de repouso) (ANEXO 3).

### **3.4 Protocolo Experimental**

#### **3.4.1 Instrumentação**

Para aquisição dos sinais foi utilizado um amplificador de sinais para eletrocardiografia de três canais diferenciais (AECG) modelo AEMG03 (Lynx Tecnologia Eletrônica, São Paulo), com impedância de entrada típica de 1 G $\Omega$ , rejeição de modo comum de 120 a 160/dB, alimentado por 12 V (corrente contínua) e acondicionado em uma caixa de metal aterrada.

Os cabos de coleta foram blindados e tiveram saídas individuais para cada derivação, unindo as polaridades em uma junção a cerca de 1 m do eletrodo que foi colocado no voluntário.

O amplificador foi conectado ao conversor A/D por meio de um adaptador do tipo DB25, com terra próprio. A placa conversora A/D utilizada é de modelo CAD 12-32 de três canais (Lynx Tecnologia Eletrônica, São Paulo) com 14 bits de resolução, com tempo de conversão para as amostras de 32  $\mu$ s. A placa A/D foi adaptada a um slot de 8 bits de um microcomputador PC K6-2 de 500 MHz com 256 MB de memória RAM.

Os sinais adquiridos por meio do AECG foram digitalizados e imediatamente armazenados em disco rígido. Os sinais foram lidos na placa A/D (canal 1, canal 2 e canal 3) e armazenados em arquivos sequenciais ASCII, na mesma ordem de leitura, sendo amostrados a 1 kHz por canal.

### **3.4.2 Aquisição e Processamento do Sinal Eletrocardiográfico**

Os sinais de ECG foram captados em ambiente próprio, com temperatura controlada ( $\sim 24^\circ$  C) e baixo nível de ruído, sempre no período da tarde (14 às 18 h). Os voluntários foram orientados previamente a não ingerirem bebidas cafeïnadas e alcoólicas no dia anterior ao teste, terem uma boa noite de sono, não se exercitarem e evitar a ingestão de alimentos por no mínimo duas horas antes dos testes.

A limpeza e a escarificação da pele (com gaze embebida em éter) foram efetuadas nos locais de colocação dos eletrodos com o objetivo de reduzir a impedância total.

Para aquisição do sinal de ECG foram colocados três pares de eletrodos cutâneos para obtenção das derivações X, Y e Z de Frank modificadas, posicionados da seguinte forma (Figura 4):

- Derivação X - 4º espaço intercostal e linha axilar média direita e esquerda, sendo positivo o eletrodo da esquerda;
- Derivação Y – linha médio-clavicular esquerda e segundo espaço intercostal e rebordo costal esquerdos, sendo positivo o eletrodo inferior;
- Derivação Z - 4º espaço intercostal e regiões para-esternal e para vertebral esquerdas, sendo positivo o eletrodo anterior.

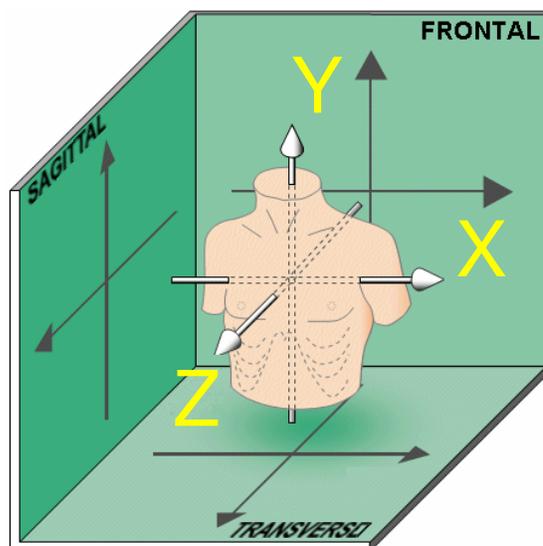


Figura 4. Coordenadas ortogonais formadas pelos três pares de eletrodos em seus respectivos planos.

Após colocação dos eletrodos, os voluntários permaneceram em repouso, na posição supina, durante um período mínimo de 10 minutos para estabilização da FC antes do início da coleta do sinal de ECG. A coleta do sinal, durante os primeiros 15 minutos, foi realizada com respiração espontânea. Após um intervalo de tempo necessário para a gravação do sinal, os voluntários foram orientados a inspirar e expirar, durante cinco minutos, de acordo com o ritmo sonoro emitido pelo avaliador, sendo que a inspiração durou dois segundos, e a expiração três segundos, para que o ritmo respiratório fosse controlado a uma frequência de 12 incursões respiratórias por minuto (irpm), correspondentes a 0,2 Hz e que se tivesse uma relação 2:3 entre a inspiração e a expiração.

O processamento do sinal eletrocardiográfico para análise da modulação autonômica da frequência cardíaca foi realizado utilizando um aplicativo desenvolvido no Programa de Engenharia Biomédica-COPPE-UFRJ, empregando as linguagens Turbo Basic 1.0 (Borland Inc., USA) e Pascal 5.0 (Borland Inc., USA), com método automático de detecção do complexo QRS e edição manual de batimentos. Detalhes do sistema de captação e edição de batimentos podem ser encontrados na referência (Barbosa, 2003).

Resumidamente, a partir do sinal eletrocardiográfico digitalizado, efetuou-se a detecção automática das ondas R. O programa detecta o ponto correspondente a 50% do valor da amplitude da derivada máxima absoluta do sinal de ECG na derivação X, após

uma filtragem passa-baixas em 35Hz, com um filtro Butterworth de 2 pólos. A seguir foram calculados os valores dos intervalos entre as ondas R do ECG (IRR) para construção do tacograma de IRR. A presença de batimentos prematuros e/ou artefatos foi detectada tanto pelo método da precocidade do batimento (>15%) quanto pela correlação linear de Pearson (<0,7) com um batimento de referência, definido pelo operador no início da análise. O sinal de ECG foi, então, processado para exclusão dos intervalos correspondentes a estes e aos respectivos batimentos anteriores e posteriores, para obtenção dos valores de IRR normais (INN) utilizados na construção do tacograma. Em seguida, foi realizada inspeção visual do tacograma para identificação de irregularidades e eventuais correções adicionais dos batimentos prematuros. Seguindo as recomendações das Sociedades Americana e Européia de Cardiologia em relação à duração dos sinais eletrocardiográficos de curta duração, utilizou-se os cinco primeiros minutos do tacograma INN.

Para o estudo da VFC, no domínio do tempo, foram calculadas as variáveis recomendadas pelas Sociedades Européia e Americana de Cardiologia (TASK FORCE, 1996), as quais foram extraídas dos tacogramas de INN e baseadas em relações estatísticas, sendo:

- a. SDNN – desvio-padrão dos intervalos NN;
- b. RMSSD – raiz média quadrática das diferenças de batimentos sucessivos, dada por

$$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (NN_i - NN_{i+1})^2}{n-1}} \quad (1)$$

na qual,  $n$  é o número total de intervalos NN no sinal analisado e  $NN_i$  a duração do  $i$ -ésimo intervalo;

A variável SDNN reflete a participação de todos os componentes rítmicos responsáveis pela variabilidade, sendo relacionada às contribuições de ambos os ramos do sistema nervoso autônomo, enquanto que a variável RMSSD reflete as contribuições de variações em altas frequências, as quais estão relacionadas à atuação vagal (TASK FORCE, 1996).

Para investigação da VFC no domínio da frequência, cada tacograma de INN foi interpolado, por meio de *spline* linear, para obtenção de uma série temporal de amostras espaçadas com intervalos constantes e re-amostrado com frequência de 2 Hz. A FFT foi

calculada sobre o sinal interpolado e re-amostrado, após subtração do valor médio do intervalo INN e aplicação de uma janela de Hanning. A PSD foi então calculada pelo quadrado do módulo da FFT (parte real ao quadrado mais parte imaginária ao quadrado), multiplicada por 8/3 (que é o valor de compensação pela janela de Hanning) e dividido pelo número de pontos da FFT.

A partir da PSD foram consideradas duas bandas de frequência: baixa frequência (LF; 0,04-0,15 Hz), relacionada a atividade simpática e vagal; e alta frequência (HF; 0,15-0,4 Hz), relacionada à respiração e, portanto, à atividade vagal (CENSI, 2002, PAGANI, 1986). Em seguida, foi estimada a relação LF/HF que caracteriza o balanço simpato-vagal (PAGANI, 1986).

### **3.4.3 Teste Ergométrico Submáximo**

Para classificação dos voluntários em relação ao nível de aptidão aeróbia submáxima, em aptidão aeróbia boa (AB) e aptidão aeróbia ruim (AR), realizou-se um teste ergométrico submáximo (critério de interrupção do teste: atingir 85% da frequência cardíaca máxima predita pela idade (220 menos a idade)), com a utilização do Protocolo de Bruce (Tabela 5). A partir do tempo total gasto na realização do teste ergométrico submáximo (Tempo TE) efetuou-se a análise descritiva dessa variável. A mediana do tempo TE entre todos os testes realizados, para cada faixa de idade, foi usada para classificar a amostra em relação ao nível de aptidão aeróbia submáxima como descrito adiante. A Escala de Percepção Subjetiva de Borg foi utilizada para monitorização do esforço a cada etapa do teste ergométrico (Tabela 6). Além disso, no início do teste ergométrico submáximo, ao final de cada etapa e no encerramento do teste aferia-se a FC, PAS, PAD. Quanto ao nível de aptidão aeróbia submáxima, a amostra foi qualitativamente classificada em:

- Aptidão aeróbia boa (AB): indivíduos que apresentem Tempo TE maior do que a mediana, estratificados por faixa etária.
- Aptidão aeróbia ruim (AR): indivíduos que apresentem Tempo TE menor do que a mediana, estratificados por faixa etária.

Os critérios de parada do TE utilizados foram (Consenso Nacional de ergometria, 1995):

- Como o TE foi submáximo, o principal critério de parada foi quando o voluntário atingisse esse percentual;
- Queda sustentada da pressão arterial sistólica (PAS);
- Elevação acentuada da PAS (ex. 260 mmHg);
- Manifestações clínicas de desconforto torácico exacerbadas com o aumento da carga ou associadas a alterações eletrocardiográficas de isquemia;
- Tontura, palidez, pré-síncope e dispnéia desproporcional à intensidade do esforço;
- Infradesnivelamento e/ou supradesnivelamento do segmento ST;
- Arritmia ventricular complexa;
- Claudicação progressiva e/ou exaustão de membros inferiores;
- Falência dos sistemas de monitorização e/ou de registro, entre outros.

**Tabela 5. Protocolo de Bruce (Consenso Nacional de Ergometria, 1995)**

<b>Estágio</b>	<b>Velocidade (km/h)</b>	<b>Inclinação %</b>	<b>Tempo (min)</b>
1	2,4	10	3
2	4,0	12	3
3	5,5	14	3
4	6,7	16	3
5	8,0	18	3
6	8,8	20	3
7	9,6	22	3
Recuperação	↓ gradual	↓ gradual	5

**Inclinação % a elevação da rampa em relação a horizontal; ↓ redução.**

**Tabela 6. Escala de Classificação do Esforço Subjetivo de Borg**

Escala de Classificação (original)	
6	
7	Extremamente leve
8	
9	Muito leve
10	
11	Leve
12	
13	Um pouco intenso
14	
15	Intenso
16	
17	Muito intenso
18	
19	Extremamente intenso
20	

O protocolo de recuperação pós-teste de esforço submáximo foi realizado de tal forma que a recuperação se desse de forma lenta, gradual, minimizando efeitos adversos, como desmaio, síncope, queda pressórica anormal entre outros. Com esse intuito o protocolo foi dividido em três etapas sequenciais (Tabela 7):

Etapa 1 – após a retirada de toda a inclinação da esteira, durante 1 min e 30 s, a velocidade foi gradualmente diminuída até que atingisse 1,6 Km/h;

Etapa 2 – o voluntário caminhava a uma velocidade de 1,6 Km/h durante 1 min e 30 s;

Etapa 3 – o voluntário permanecia em pé, parado em cima de esteira rolante durante 2 min e assim cessava o protocolo de recuperação pós-esforço submáximo.

A análise da recuperação da frequência cardíaca foi realizada com o intuito de avaliar indiretamente a reentrada ou reativação vagal pós-esforço podendo estar associada com a aptidão aeróbia e com bom estado de saúde geral (SHETLER *et al.*, 2001). Para tanto, a frequência cardíaca de recuperação (FCR), definida como a diferença entre a  $FC_{pico}$  e a FC atingida em cada fase da recuperação, foi estudada em cada uma das etapas definidas abaixo:

- 1) Desaquecimento 1 (D1):  $FC_{pico}$  atingida no TE – FC ao final da etapa 1;
- 2) Desaquecimento 2 (D2):  $FC_{pico}$  atingida no TE – FC ao final da etapa 2;
- 3) Recuperação (R):  $FC_{pico}$  atingida no TE – FC ao final da etapa 3;

**Tabela 7. Protocolo de Recuperação do Teste Ergométrico Submáximo**

Estágio	Velocidade (km/h)	Inclinação %	Tempo (min)
1	↓ gradual até atingir 1,6	0	1,5
2	1,6	0	1,5
3	0	0	2

**Inclinação % a elevação da rampa em relação a horizontal; ↓ redução.**

Durante a realização do teste ergométrico submáximo e na fase de recuperação pós-esforço o sinal de eletrocardiograma foi captado somente com o intuito de monitorização (arritmia e isquemia) dos voluntários, não sendo armazenado, e conseqüentemente, não foi utilizado para análise da VFC durante exercício e recuperação.

Com o intuito de realizar medidas fidedignas da FC durante a realização do teste ergométrico submáximo e no decorrer da recuperação pós-esforço, utilizou-se a monitorização da FC por meio de um cardiofrequencímetro da marca Polar® para evitar que ruídos advindos principalmente da movimentação corporal dos voluntários durante a realização do teste ergométrico em esteira rolante interferisse nas medidas da FC geradas pelo monitor de eletrocardiograma.

### 3.5 Análise Estatística

Em todos os testes estatísticos, o nível de significância foi estabelecido com  $\alpha = 0,05$ . Os dados numéricos são apresentados no formato de média $\pm$ desvio-padrão (DP). A apresentação visual dos resultados foi feita no formato de gráficos boxplot.

Para comparação dos valores da frequência cardíaca de repouso (FC), frequência respiratória (FR), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), índice de massa corporal (IMC), tempo total gasto na realização do teste ergométrico submáximo (Tempo TE) e FC de recuperação pós-esforço (FCR) – D1, D2 e R, entre os voluntários de aptidão aeróbia boa e os de aptidão aeróbia ruim, foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney.

Para análise das variáveis fisiológicas, foi considerado um grupo com faixa etária intermediária (31-39 anos) na medida em que esse grupo fará parte da análise de regressão múltipla. Sendo assim, utilizou-se o teste não-paramétrico de comparação múltipla, Kruskal-Wallis com post hoc de Tukey, para verificação de possíveis diferenças nas variáveis fisiológicas entre os grupos de mesma aptidão aeróbia, porém de diferentes faixas etárias.

Com o intuito de verificação e confirmação da normalidade da distribuição dos dados referentes à VFC utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. Descartada a normalidade da distribuição dos dados referentes à VFC, utilizou-se a transformação logarítmica dos mesmos (Ln[variável]).

Para análise dos índices da VFC, após transformação logarítmica (LnT), tanto em respiração espontânea como em respiração controlada nos grupos experimentais utilizou-se o teste t de Student não-pareado.

Com o intuito de verificar a correlação entre os parâmetros da VFC e a variável idade realizou-se análise de correlação linear de Pearson.

A análise de regressão múltipla foi realizada a fim de se obter quais são as variáveis fisiológicas (idade, FC, FR, PAS, PAD, FC de recuperação – D1, D2 e R, IMC, tempo de TE) responsáveis pelas possíveis mudanças nos parâmetros de análise da VFC em homens saudáveis de 20 a 60 anos.

Os programas utilizados na análise estatística dos dados foram: GraphPad Prism 4 (Graphpad Software Inc., USA) e Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics, USA).

### **3.5.1 Análise de Regressão Linear Múltipla *Stepwise***

Para a construção do modelo de regressão linear multi-variável, foram seguidas as seguintes etapas, na sequência que segue:

- 1) Análise de colineariedade entre as variáveis independentes do modelo pela matriz de correlação;
- 2) Em se encontrando correlação entre duas variáveis, o avaliador escolheu arbitrariamente para continuar no modelo a variável com maior interesse fisiológico e que apresentasse maior valor do Qui-quadrado no teste de Wald;
- 3) Repetia-se a construção da matriz de correlação para evidenciar que não havia correlação entre as variáveis independentes que permaneceram no modelo;
- 4) Entrada no modelo: variável dependente e variáveis independentes;
- 5) O programa (Statgraphics Plus 5.1) identifica as variáveis que não são significativas no modelo;
- 6) Exclusão dessas variáveis não significativas;
- 7) Modelo final.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS

#### 4.1 Características da Amostra

As variáveis fisiológicas, índice de massa corporal (IMC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência respiratória (FR) e frequência cardíaca de repouso (FC) não foram significativamente diferentes entre os grupos estudados (Tabela 8). A percepção subjetiva do esforço avaliada pela escala de Borg original (Tabela 6), no pico do esforço submáximo, não apresentou diferenças significativas entre os grupos estudados (Figura 6).

No que diz respeito ao tempo total de duração do teste ergométrico submáximo (Tempo TE) houve diferença significativa, na mesma faixa etária, entre os indivíduos com aptidão aeróbia boa e com aptidão aeróbia ruim ( $p < 0,0001$ ) (Tabela 8). Além disso, o teste de comparação múltipla evidenciou que o grupo de 40-60 anos apresenta menores valores de tempo TE tanto em relação ao grupo de 31-39 anos ( $p < 0,01$ ) quanto em relação ao grupo de 20-30 anos ( $p < 0,001$ ). Por outro lado, não houve diferenças entre os grupos de 20-30 anos e 31-39 anos, tanto nos voluntários com aptidão aeróbia boa quanto nos de aptidão aeróbia ruim (Tabela 8).

Avaliando somente as faixas etárias de 20-30 anos (jovens) e 40-60 anos (meia-idade), que é o foco do presente estudo, observou-se que o tempo TE foi significativamente menor ( $p < 0,001$ ) nos indivíduos com aptidão aeróbia ruim se comparado com os indivíduos de aptidão aeróbia boa, tanto em voluntários jovens quanto em meia-idade. Adicionalmente, o tempo TE foi significativamente menor ( $p < 0,001$ ) nos voluntários de meia-idade em comparação aos jovens, para ambos os níveis de aptidão aeróbia submáxima (Figura 5).

**Tabela 8. Caracterização dos grupos experimentais**

Grupo experimental		N	Idade (anos)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	FC (bpm)	FR (irpm)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)	Tempo TE (min)
Idade	Aptidão								
20-30	AB	11	24,7±2,8	25,2±0,03	65,5±4,2	17,4±3,8	122,9±9,01	79,7±11,1	10,5±0,7 <sup>\$</sup>
	AR	12	24,9±2,3	27,0±0,08	69,0±7,1	16,6±3,8	121,8±13,1	77,08±8,7	8,1±1,1
31-39	AB	9	33,4±2,9	27,3±3,2	64,6±10,5	18,0±2,8	115,1±12,0	73,7±9,8	10,5±1,4 <sup>\$</sup>
	AR	9	34,8±2,6	27,2±3,9	73,0±12,1	17,1±3,9	127,0±15,3	82,8±11,8	7,8±1,1
40-60	AB	13	47,3±6,6	26,3±3,0	62,2±8,8	15,5±4,2	124,7±16,2	81,7±9,8	8,5±0,9 <sup>\$ # *</sup>
	AR	14	48,0±5,4	27,0±3,7	68,7±9,1	15,0±3,8	127,4±9,7	82,0±9,1	6,1±1,03 <sup># *</sup>

\* p < 0,001 em relação a 31-39, # p < 0,001 em relação a 20-30 entre grupo de mesma aptidão aeróbia, porém de diferentes faixas etárias.

<sup>\$</sup> p < 0,0001 entre grupos de mesma faixa etária, porém de diferente aptidão aeróbia.

AB - aptidão aeróbia boa , AR - aptidão aeróbia ruim, N - tamanho da amostra, IMC - índice de massa corporal , FC - frequência cardíaca de repouso, FR - frequência respiratória de repouso, PAS - pressão arterial sistólica, PAD – pressão arterial diastólica, e Tempo TE - tempo total gasto na realização do teste ergométrico submáximo. Valores descritos como média ± desvio padrão.

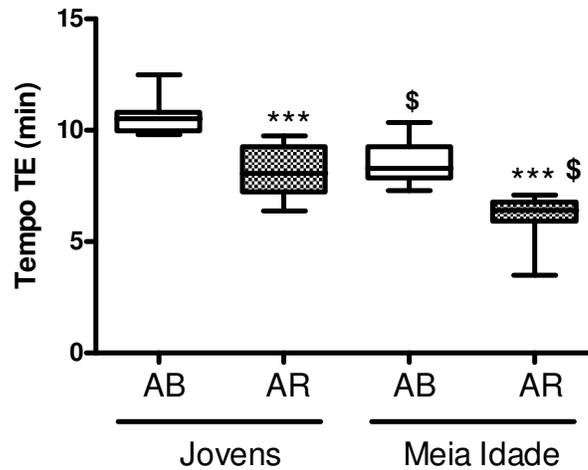


Figura 5 – Boxplots do tempo total gasto na realização do teste ergométrico submáximo (Tempo TE) nos grupos experimentais. AB – aptidão aeróbia boa (caixa branca) e AR – aptidão aeróbia ruim (caixa hachurada).

\$  $p < 0,001$  entre subgrupo de mesma aptidão aeróbia, porém de diferente faixa etária;

\*\*\*  $p < 0,0001$  entre grupo de mesma faixa etária, porém de aptidão aeróbia diferente.

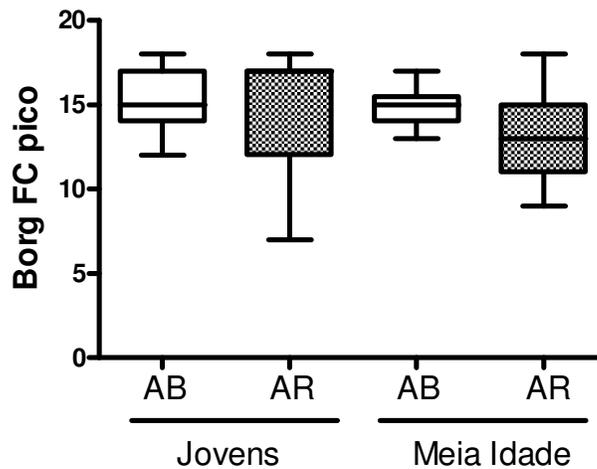


Figura 6 – Boxplots da percepção subjetiva do esforço no pico do teste ergométrico submáximo nos grupos experimentais. AB – aptidão aeróbia boa (caixa branca) e AR – aptidão aeróbia ruim (caixa hachurada).

## 4.2 Efeito do Envelhecimento e da Aptidão Aeróbia Submáxima na VFC

Os parâmetros da VFC, tanto em respiração espontânea quanto em respiração controlada, foram significativamente menores nos voluntários de meia-idade quando comparado aos voluntários jovens, exceto para a variável  $\text{Ln}(\text{LF}/\text{HF})$  que reflete o balanço simpato-vagal (Figura 7). Esse resultado evidencia o declínio da VFC em decorrência do processo de envelhecimento fisiológico.

Avaliando o efeito de diferentes níveis de aptidão aeróbia submáxima (aptidão aeróbia boa (AB) e aptidão aeróbia ruim (AR)) na VFC da amostra estudada, constatou-se que, de maneira geral, o nível de aptidão aeróbia submáxima não foi capaz de afetar a modulação autonômica cardíaca na medida em que não houve diferença estatisticamente significativa, na mesma faixa etária, entre os voluntários AB e AR nos parâmetros da VFC, tanto em respiração espontânea como em respiração controlada, no domínio do tempo e no da frequência.

Detalhando a análise do comportamento dos parâmetros VFC, constatou-se que: 1)  $\text{Ln}(\text{SDNN})$ ,  $\text{Ln}(\text{RMSSD})$  e  $\text{Ln}(\text{HF})$ , em respiração espontânea e em respiração controlada, foram significativamente menores nos voluntários de meia-idade com relação aos jovens, tanto para os voluntários AB como para o AR; 2) O parâmetro da VFC  $\text{Ln}(\text{LF})$  em respiração espontânea e controlada foi significativamente menor nos sujeitos de meia-idade com aptidão aeróbia ruim em comparação com sujeitos jovens de mesma aptidão aeróbia - AR; 3) O parâmetro  $\text{Log}(\text{LF}/\text{HF})$  em respiração espontânea apresentou maiores valores nos voluntários de meia-idade em relação aos jovens, tanto para voluntários com AB como para AR. Em respiração controlada, observou-se um aumento significativo desse parâmetro nos voluntários de meia-idade em comparação ao de jovens somente nos indivíduos AB (Figura 7).

Os dados numéricos relativos à análise da VFC na amostra estudada podem ser consultados no ANEXO 4.

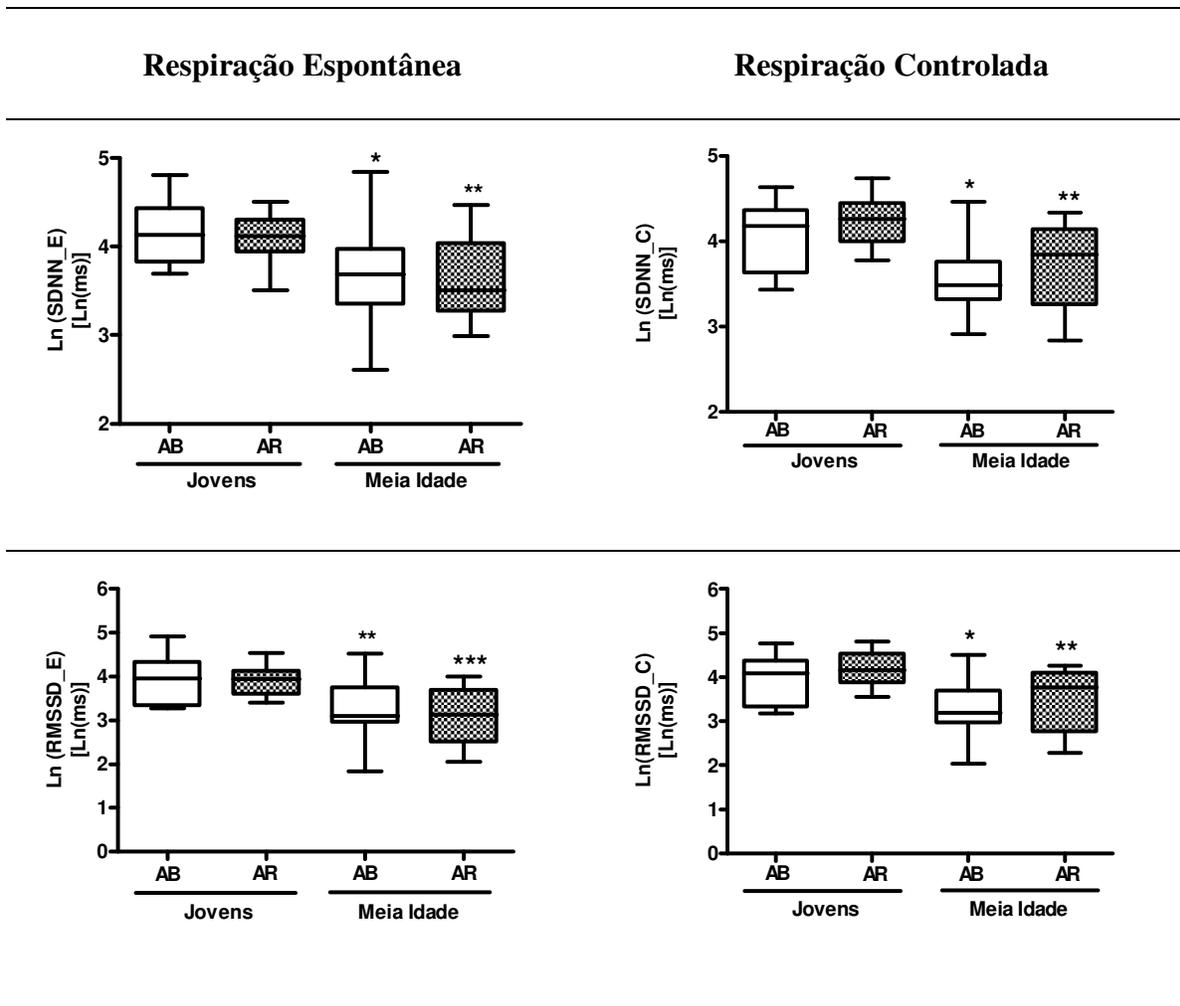


Figura 7 – Boxplot dos parâmetros da VFC no domínio do tempo e da frequência em respiração espontânea (E) coluna esquerda e em respiração controlada (C) coluna direita nos grupos estudados (jovens AB, jovens AR, meia-idade AB, meia-idade AR). AB – aptidão aeróbia boa (caixa branca) e AR – aptidão aeróbia ruim (caixa hachurada).

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$  entre voluntários com mesmo nível de aptidão aeróbia, porém de faixa etária diferentes.

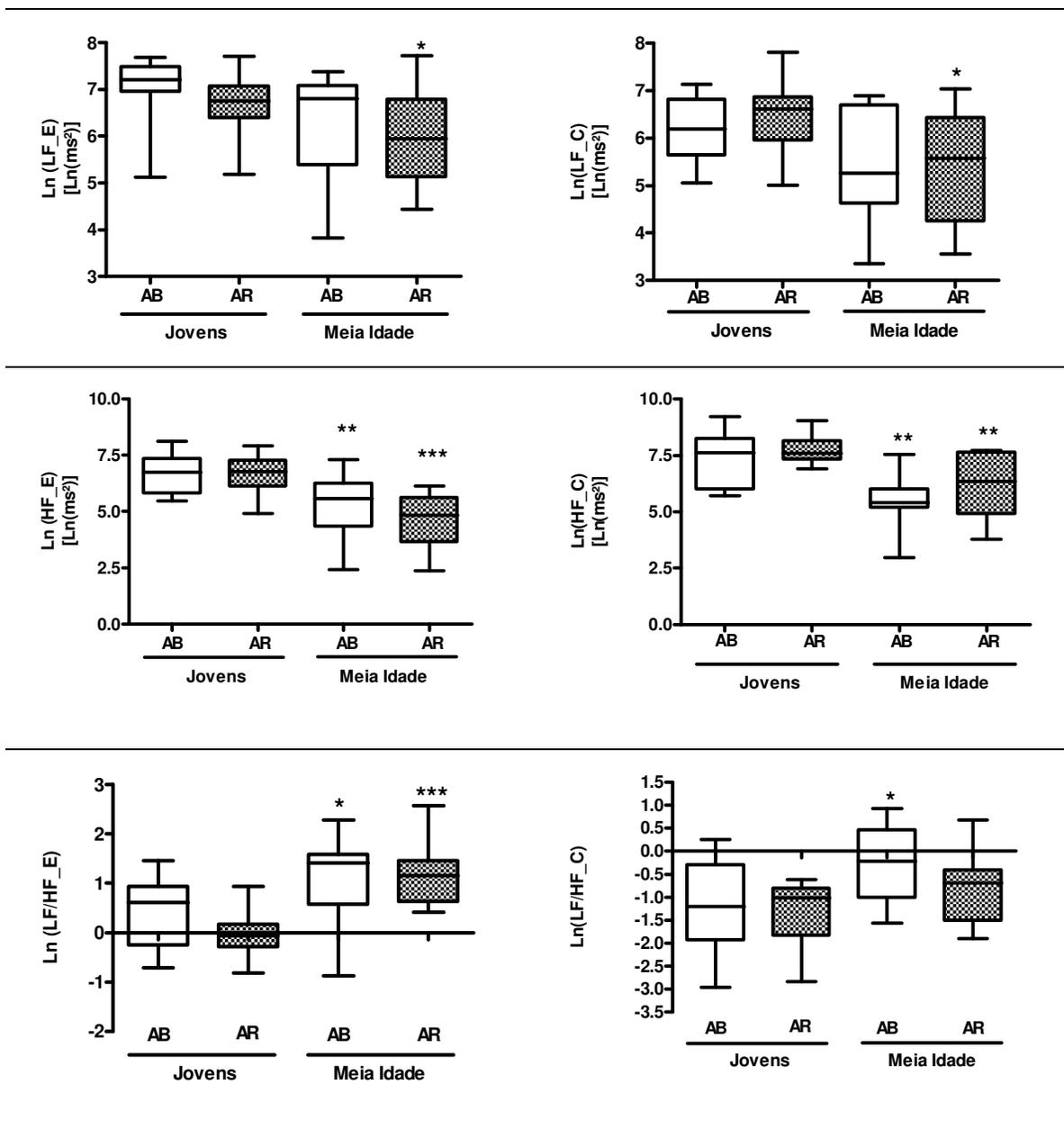


Figura 7 – Continuação

### 4.3 Análise da Frequência Cardíaca de Recuperação Pós-teste de Esforço Submáximo

Considerando a FCR na fase de desaquecimento 1 - D1, realizada com baixa carga de trabalho (diminuição gradual da velocidade da esteira até atingir 1,6 Km/h sem inclinação da mesma) observou-se somente diminuição significativa da FCR nos voluntários de meia-idade com aptidão aeróbia ruim em comparação aos de aptidão aeróbia boa ( $p < 0,01$ ; Figura 8).

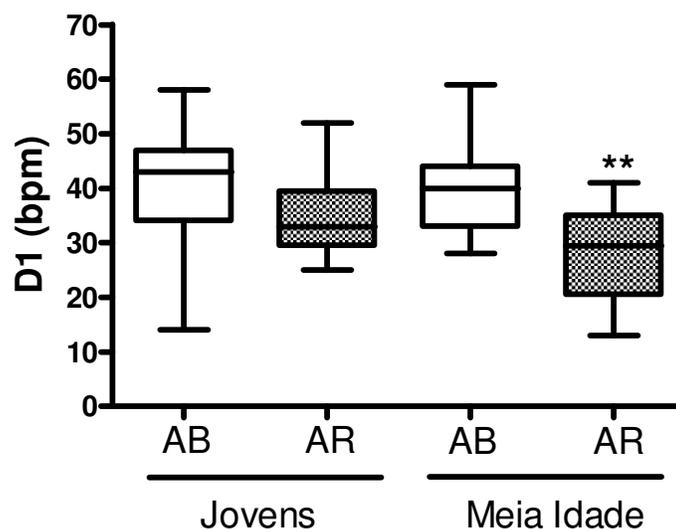


Figura 8 – Boxplots da frequência cardíaca de recuperação (FCR) pós- teste ergométrico submáximo da fase de desaquecimento 1 (D1). AB – aptidão aeróbia boa (caixa branca) e AR – aptidão aeróbia ruim (caixa hachurada).

\*\*  $p < 0,01$  entre meia-idade AB e meia-idade AR.

Na fase de desaquecimento 2 – D2, observou-se valores da FCR nos voluntários de meia-idade significativamente mais baixos em relação aos jovens, somente para voluntários com aptidão aeróbia ruim. Além disso, houve diferença significativa entre os voluntários com aptidão aeróbia boa e aptidão aeróbia ruim nos sujeitos de meia-idade, sendo menor nos voluntários com aptidão aeróbia ruim (Figura 9).

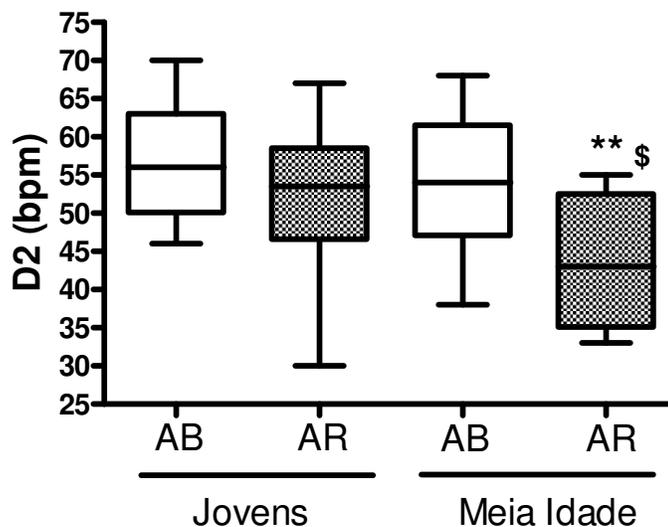


Figura 9 – Boxplots da frequência cardíaca de recuperação (FCR) pós- teste ergométrico submáximo da fase de desaquecimento 2 - (D2) dos grupos estudados. AB - aptidão aeróbia boa (caixa branca) e AR – aptidão aeróbia ruim (caixa hachurada) .

\*\*  $p < 0,01$  entre meia-idade AB e meia-idade AR, \$  $p < 0,05$  entre jovens AR e meia-idade AR.

Para análise da FCR na fase de recuperação – R, não foram encontradas diferenças significativas em relação à aptidão aeróbia dos voluntários de uma mesma faixa etária. Porém essa diferença ficou evidente quando se comparou indivíduos de faixas etárias diferentes com mesmos níveis de aptidão aeróbia. Assim, indivíduos de meia-idade possuem menores valores de FCR na fase recuperação (R) em comparação com os indivíduos jovens, para ambos os níveis de aptidão aeróbia – AB ou AR (Figura 10).

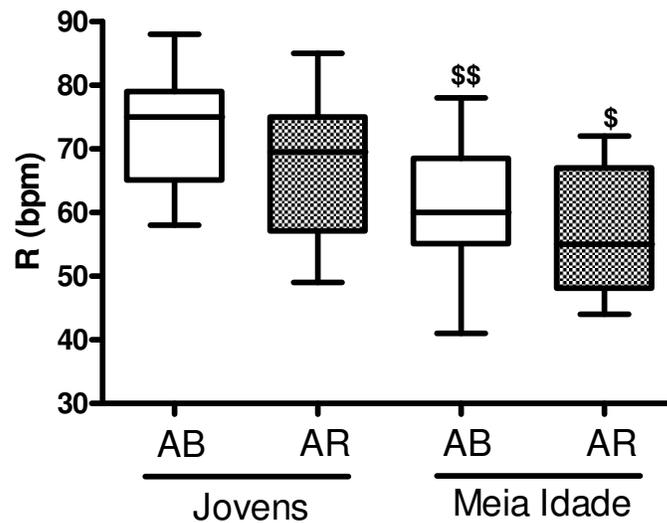


Figura 10 – Boxplots da frequência cardíaca de recuperação (FCR) pós- teste ergométrico submáximo da fase de recuperação - R dos grupos estudados. AB - aptidão aeróbia boa (caixa branca) e AR – aptidão aeróbia ruim (caixa hachurada).

\$ p < 0,05 entre jovens AR e meia-idade AR, \$\$ p < 0,01 entre jovens AB e meia-idade AB.

Para todos os grupos (jovens AB, jovens AR, meia-idade AB e meia-idade AR) houve aumento estatisticamente significativo entre a FCR da fase de desaquecimento 2 (D2) ( $p < 0,05$ ) e a FCR da fase de recuperação (R) ( $p < 0,001$ ) quando comparados com a FCR da fase de desaquecimento 1 (D1), identificando a gradual reentrada vagal no decorrer do protocolo de recuperação pós-esforço submáximo proposto (Figura 12). Além disso, nos voluntários jovens com aptidão aeróbia boa a FCR da fase de recuperação - R foi significativamente maior que a FCR da fase de desaquecimento 2 - D2 (Figura 11).

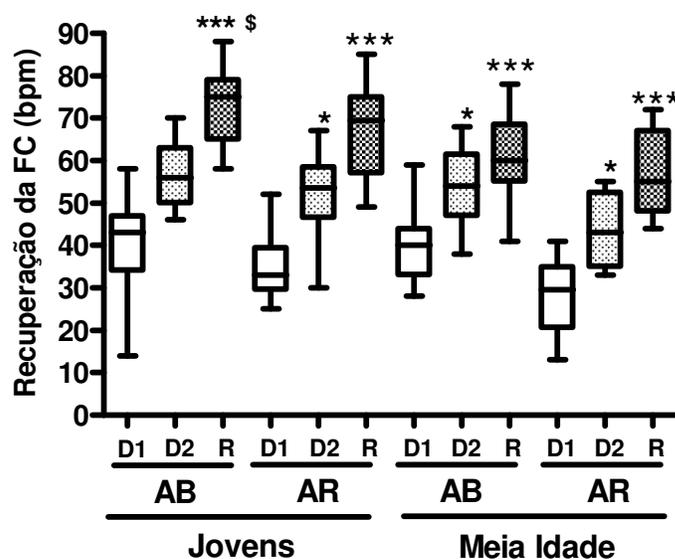


Figura 11 – Boxplots da frequência cardíaca de recuperação (FCR) pós- teste ergométrico submáximo da fase de desaquecimento 1 (D1), desaquecimento 2 (D2) e recuperação (R) dos grupos estudados ( jovens AB, jovens AR, meia-idade AB, meia-idade AR).

\*  $p < 0,05$  e \*\*\*  $p < 0,001$  em relação a D1 e \$  $p < 0,05$  em relação a D2, para cada grupo experimental.

AB – aptidão aeróbia boa e AR – aptidão aeróbia ruim.

#### 4.4 Análise da Correlação entre Parâmetros da VFC e a Variável Idade

A análise da correlação linear de Pearson entre os parâmetros da VFC, em respiração espontânea e em respiração controlada, e a variável idade dos voluntários estudados foi significativa para todos os parâmetros estudados. Houve correlação negativa entre a variável idade com Ln(SDNN), Ln(RMSSD), Ln(LF), Ln(HF) e correlação positiva com Ln(LF/HF). Destes parâmetros, o que apresentou maior correlação com a idade, tanto em respiração espontânea como em respiração controlada, foi Ln(HF) no domínio da frequência e Ln(RMSSD) no domínio do tempo, parâmetros estes representantes da modulação vagal cardíaca (Tabela 9).

**Tabela 9. Correlação linear de Pearson entre parâmetros da VFC, em respiração espontânea e controlada, e a variável idade**

Ln(SDNN) x Idade	Ln(RMSSD) x Idade	Ln(LF) x Idade	Ln(HF) x Idade	Ln(LF/HF) x Idade
<b>Respiração Espontânea</b>				
r = - 0,50 p = 0,0002	r = - 0,52 p = 0,0001	r = - 0,38 p = 0,0059	<b>r = - 0,60</b> <b>p &lt; 0,0001</b>	r = 0,49 p = 0,0003
<b>Respiração Controlada</b>				
r = - 0,44 p = 0,0014	r = - 0,46 p = 0,0008	r = - 0,37 p = 0,0078	<b>r = - 0,56</b> <b>p &lt; 0,0001</b>	r = 0,39 p = 0,0055

Em destaque (negrito) as variáveis da VFC que apresentaram maior correlação com a variável idade.

#### 4.5 Análise da Regressão Linear Múltipla

Para análise da regressão linear múltipla foi testada como variável dependente o parâmetro da VFC, após LnT, Ln (RMSSD\_E), por ser a variável que reflete da atuação vagal no nóculo sinusal de mais fácil cálculo. Inicialmente entraram no modelo de regressão múltipla como variáveis independentes: tempo de TE, PAS, PAD, IMC, FR, FCR (D1, D2 e R), FC de repouso e idade (20 a 60 anos).

Após análise das colineariedades e ajuste do modelo de regressão múltipla *stepwise* permaneceram as seguintes variáveis independentes no modelo final: idade e FC de repouso (Tabela 10). O coeficiente de determinação foi  $R^2 = 64,9\%$ .

A equação do modelo final ajustado é dada por:

$$\text{Ln(RMSSD\_E)} = 8,52 - (0,06 \times \text{FC de repouso}) - (0,03 \times \text{Idade})$$

Nesse contexto, a análise da regressão múltipla mostra que a modulação autonômica cardíaca, melhor representada pelo parâmetro RMSSD em respiração espontânea (LnRMSSD\_E), foi significativamente explicada (aproximadamente 65%) pela FC de repouso e pela idade.

As variáveis independentes do modelo final de regressão múltipla, idade e FC de repouso, apresentaram associação negativa com a variável dependente Ln(RMSSD\_E) (Figuras 12 e 13).

**Tabela 10. Análise de regressão múltipla para variável dependente com maior coeficiente de correlação em função da idade e FC de repouso**

Variável dependente: Ln(RMSSD_E)				
Parâmetro	Estimativa	Erro-padrão	Estatística T	valor p
Constante	8,52	0,47	18,03	$< 10^{-4}$
Idade	-0,03	0,01	-6,35	$< 10^{-4}$
FC de Repouso	-0,06	0,01	-9,40	$< 10^{-4}$

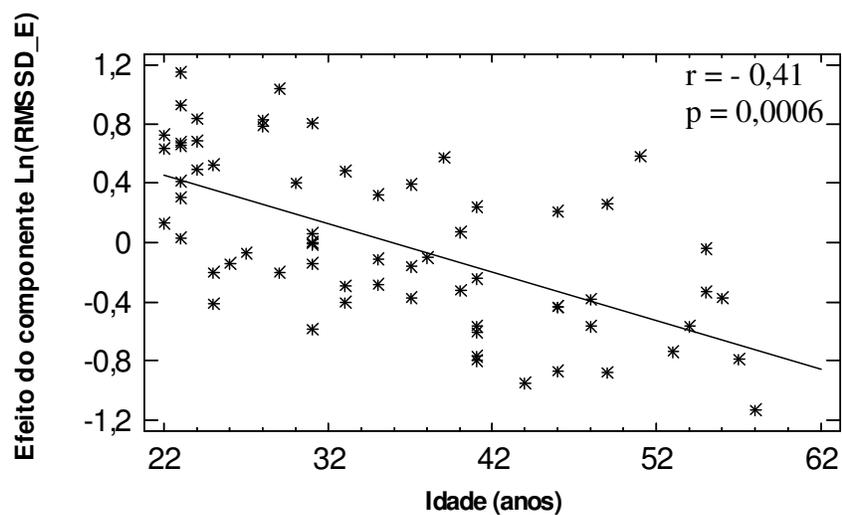


Figura 12 – Gráfico da regressão entre a variável independente idade e variável dependente Ln(RMSSD\_E) da regressão múltipla. Notar o valor significativo do coeficiente de regressão parcial ( $p < 0,001$ ). E – respiração espontânea.

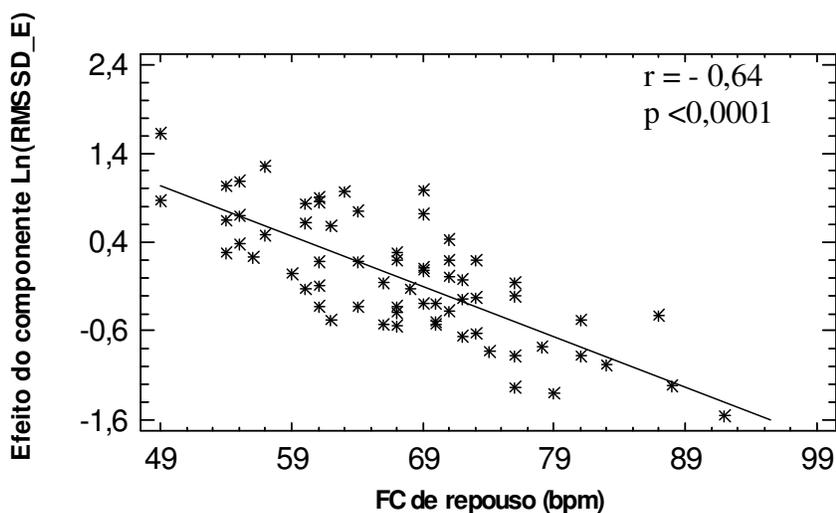


Figura 13 - Gráfico da regressão entre a variável independente FC repouso e variável dependente Ln(RMSSD\_E) na regressão múltipla. Notar o valor significativo do coeficiente de regressão parcial ( $p < 0,001$ ). E – respiração espontânea.

## CAPÍTULO 5

### DISCUSSÃO

#### 5.1 Efeito do Envelhecimento na Aptidão Aeróbia Submáxima

A análise do tempo do TE submáximo mostrou, de forma indireta, que a aptidão aeróbia submáxima diminuiu com a idade e que essa redução foi menor nos voluntários com aptidão aeróbia boa. Comparando os indivíduos jovens com os de meia-idade, houve uma redução de aproximadamente 19% no tempo do TE nos voluntários com aptidão aeróbia boa e de 24,7% nos voluntários de aptidão aeróbia ruim.

Existe escassez de trabalhos na literatura que avaliam a aptidão aeróbia e seu comportamento durante o processo natural de envelhecimento por meio de TE submáximo, o que dificulta a comparação dos resultados apresentados com os trabalhos publicados.

Estudos longitudinais e de meta-análise verificaram que em indivíduos saudáveis a redução da aptidão aeróbia, avaliada por meio do  $\dot{V}O_2$  atingindo no teste ergoespirométrico máximo, está em torno de 10% por década de vida (FLEG *et al.*, 2005, STATHOKOSTAS *at al.*, 2004, FITZGERALD *et al.*, 1997). Essa redução está associada a um maior risco de morte, tanto geral como por doença cardíaca coronariana (KODAMA *et al.*, 2009), aumento de incapacidade, menor qualidade de vida e menor longevidade (WILSON E TANAKA, 2000). A etiologia do declínio da aptidão aeróbia com o envelhecimento é multifatorial, sendo atribuída aos efeitos do envelhecimento natural (envelhecimento primário) e do estilo de vida (envelhecimento secundário), bem como ao desenvolvimento de doenças clínicas e subclínicas (envelhecimento terciário) (KATZEL *et al.*, 2001).

Existem vários relatos na literatura do efeito do treinamento físico aeróbio no comportamento da aptidão aeróbia com o avançar da idade. Porém, os resultados são conflitantes. Estudos mostram que o declínio do  $\dot{V}O_2$  max com o avançar da idade é significativamente menor em indivíduos que realizam atividade aeróbia por longos anos do que em sedentários (KASCHA *et al.*, 1999). Por outro lado, em uma meta-análise cujo objetivo principal foi determinar a relação entre a prática de exercício aeróbio e o declínio

do  $\dot{V}O_2$  max com o avançar da idade em homens saudáveis WILSON E TANAKA (2000), mostraram que esse declínio é similar entre voluntários sedentários, ativos e atletas. FLEG *et al.* (2005), em um estudo longitudinal, destacaram que a prática de exercício físico é capaz de aumentar o valor absoluto do pico de  $\dot{V}O_2$  em qualquer idade, porém esse aumento parece não prevenir o declínio acelerado e exponencial com o avançar da idade. PIMENTEL *et al.* (2003) avaliaram dois grupos distintos de voluntários do sexo masculino e saudáveis no que se refere a aptidão aeróbia máxima - 89 sujeitos treinados aerobicamente (21-74 anos) e 64 sedentários (20-75 anos) - e mostraram que o declínio absoluto do  $\dot{V}O_2$  (ml/Kg/min) por década de vida foi maior nos voluntários treinados (3,9 ml/Kg/min nos sedentários e 5,4 ml/Kg/min nos treinados), porém o declínio relativo (% por década de vida) foi similar nos dois grupos (10,8% nos sedentários e 11,2% nos treinados). Sendo assim, esse estudo revela que o estado de treinamento físico não foi capaz de atenuar a queda da aptidão aeróbia durante o processo de envelhecimento fisiológico.

A discrepância entre os estudos pode ser atribuída a vários fatores: variação na idade dos voluntários, pequeno tamanho amostral, inclusão de população portadora de doenças, diferenças nos procedimentos de mensuração da aptidão aeróbia, critérios limitados de definição do estado de treinamento físico, e ausência de grupos apropriados de controle sedentário.

O presente trabalho não teve como foco principal a avaliação do efeito do treinamento aeróbio, propriamente dito, na aptidão aeróbia, mas sim a classificação da amostra em dois níveis distintos de aptidão aeróbia submáxima: aptidão aeróbia boa e aptidão aeróbia ruim. Em suma, na amostra estudada houve redução da aptidão aeróbia submáxima com o avançar da idade similar à encontrada na literatura. Porém, a diferença encontrada nesse declínio em função de diferentes níveis de aptidão aeróbia não pode ser visto como um efeito benéfico de um programa de treinamento aeróbio, sendo mais prudente considerarmos que essa diferença apenas evidencia que o método de classificação da aptidão aeróbia submáxima adotado no presente trabalho foi adequado aos propósitos do estudo.

## 5.2 Efeito de Envelhecimento e da Aptidão Aeróbia Submáxima na Modulação Autonômica Cardíaca

A modulação autonômica da frequência cardíaca, medida por meio da VFC, foi significativamente menor nos voluntários de meia-idade em comparação com os jovens, caracterizando o efeito deletério do envelhecimento na função autonômica cardíaca. Esse resultado foi similar a vários estudos que avaliaram o efeito do envelhecimento na modulação autonômica cardíaca, considerando faixas etárias parecidas à do presente trabalho (SILVA, 2009, LOPES *et al.*, 2007, CARTER *et al.*, 2003, CATAI *et al.*, 2002, MIGLIARO *et al.*, 2001).

No presente estudo, a redução da VFC com o avançar da idade ocorreu devido a diminuição da variabilidade total – simpático e vagal, ou seja, redução significativa dos parâmetros Ln(SDNN) e Ln(LF), mas principalmente devido a redução da ação vagal no nóculo sinusal, vista a partir na análise de correlação linear de Pearson, avaliada pelos parâmetros da VFC: Ln(RMSSD) e Ln(HF).

Ainda não existe consenso na literatura a respeito da importância de cada banda do sistema nervoso autonômico – simpático, vagal, ou ambos, na redução da VFC com o avançar da idade. MILGLIARO *et al.* (2001), de maneira similar ao do presente estudo, também encontram redução com o envelhecimento nos parâmetros RMSSD, LF e HF sendo maior a influência do componente vagal (HF). De forma similar, CHOI *et al.* (2006), avaliando voluntários de ambos os sexos com idades entre 23 e 54 anos, encontraram significativa redução dos componentes espectrais da VFC com a idade - HF ( $r = - 0,416$ ,  $p < 0,01$ ) e LF ( $r = - 0,313$ ,  $p < 0,01$ ) - após análise da correlação linear de Pearson, evidenciando que o componente espectral de alta frequência (HF), referente a atuação vagal no nóculo sinusal, possui maior correlação (negativa) com a idade. LEICHT *et al.* (2003) encontraram correlação negativa significativa apenas entre a idade e o parâmetro HF, na comparação entre voluntários jovens e com meia-idade. Por outro lado, MELO *et al.* (2005) relataram que sujeitos idosos, quando comparados a jovens, mostraram diminuição da atividade parassimpática e aumento da atividade simpática em repouso.

Outro resultado conflitante com o da presente pesquisa foi o de KUO *et al.* (1999); esses autores encontraram um maior correlação negativa entre idade (faixa etária de 40-79 anos) com o parâmetro Ln(LF), variável representante da atuação de ambos ramos do

sistema nervoso autonômico e tido por muitos autores como representante de predomínio simpático. Similar a esses resultados são os encontrados por BRITTON *et al.* (2007) que também evidenciaram redução da VFC com envelhecimento e maior contribuição do parâmetro LF em indivíduos com  $55,4 \pm 4$  anos acompanhados durante cinco anos. Aparentemente, há uma associação entre a faixa etária estudada e o principal componente de redução da VFC. Em faixas etárias mais avançadas, como as dos estudos de KUO *et al.* (1999) e BRITTON *et al.* (2007) a diminuição da banda de baixa frequência da análise espectral da VFC é o maior fator para redução da modulação autonômica cardíaca no processo de envelhecimento.

A fim de elucidar as divergências a respeito do tema é importante destacar que: 1) existe uma redução da modulação autonômica cardíaca e, portanto, do automatismo cardiovascular com o envelhecimento fisiológico, sendo este fato evidenciado por estudos longitudinais e transversais, com diferentes faixas etárias, duração de registros eletrocardiográficos, análise da VFC no domínio do tempo, da frequência ou de ambos, 2) com relação ao componente da modulação autonômica responsável por essa redução – simpático, vagal ou ambos, os resultados de diferentes estudos sugerem que o protocolo experimental (registros de ECG curtos ou longos, análise da VFC no domínio do tempo ou da frequência), assim como a amostra estudada (faixa etária, aptidão aeróbia, presença de doenças entre outros fatores), exercem enorme influência nos resultados publicados.

Após análise do efeito de diferentes níveis de aptidão aeróbia na modulação autonômica cardíaca, o presente trabalho permitiu observar que melhores valores de aptidão aeróbia submáxima não foram eficazes em atenuar a redução da VFC com o avançar da idade. Além disso, em relação à modulação autonômica cardíaca, não existe distinção entre voluntários com aptidão aeróbia boa e aptidão aeróbia ruim tanto entre voluntários de meia-idade como entre jovens (Figura 7).

MIGLIARO *et al.* (2001) encontraram resultados parecidos ao do presente trabalho, na medida em que não encontraram diferenças significativas na VFC entre jovens sedentários e jovens não-sedentários.

CATAI *et al.* (2002) usando longos registros de ECG para avaliar o efeito do treinamento aeróbio na VFC em sujeitos jovens e de meia-idade evidenciaram que o aumento da aptidão aeróbia e da redução da frequência cardíaca de repouso após três meses

de treinamento não foi acompanhado por aumento na VFC. Esse resultado mostrou que o aumento na aptidão aeróbia, não necessariamente, acarreta um aumento na modulação autonômica cardíaca. De forma semelhante, SILVA (2009), avaliando o efeito de um programa de treinamento aeróbio de intensidade leve a moderada de curta duração (3 meses) na VFC de voluntários de meia-idade (40-60 anos), por meio da análise periódicas de curtos registros de ECG, não encontrou mudanças em nenhum dos índices da VFC tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência, apesar de encontrar aumento na aptidão aeróbia.

WOOD *et al.* (2003) investigaram as relações entre idade, aptidão física funcional geral, e modulação autonômica cardíaca em 39 idosos (60-93 anos) por meio da utilização de teste de aptidão funcional que inclui indicadores como a composição corporal, flexibilidade, agilidade e equilíbrio dinâmico, coordenação, força e resistência muscular, e resistência cardiovascular, e encontraram relação fraca e não significativa entre o desempenho no teste de resistência cardiovascular e o parâmetro de análise da VFC (SDNN,  $r = -0,27$ ), e não associação entre o teste cardiovascular e os parâmetros espectrais da VFC. Portanto, o grau de condicionamento aeróbio, avaliado por meio de teste de caminhada em sujeitos idosos, não se correlacionou aos parâmetros de análise da modulação autonômica cardíaca.

Por outro lado, DE MEERSMAN (1993) mostrou que indivíduos ativos fisicamente apresentam maior modulação vagal cardíaca do que sedentários, tanto em voluntários jovens (26-35 anos) como em indivíduos de meia-idade (46-65 anos). A amostra de voluntários ativos fisicamente foi composta por indivíduos corredores (aproximadamente 32 Km por semana) o que o diferencia da amostra de indivíduos de aptidão aeróbia boa do presente estudo. Outra diferença que deve ser considerada é o fato do estudo de DE MEERSMAN (1993) ter utilizado teste cicloergométrico máximo para avaliar a aptidão aeróbia, enquanto o presente estudo a classificação da aptidão aeróbia foi avaliada por meio de teste ergométrico submáximo em esteira rolante.

O presente estudo não avaliou o efeito do treinamento aeróbio na modulação autonômica cardíaca. O objetivo primário foi verificar o efeito de dois níveis distintos de aptidão aeróbia submáxima (boa e ruim) avaliado de forma simples e reproduzível. Esse fato dificulta a comparação com os resultados da literatura sobre o tema, pois a maioria dos

estudos transversais pesquisados comparou atletas e/ou indivíduos submetidos a um programa de treinamento físico com controles sedentários, como mostrado na revisão da literatura - seção 2.4.

A análise de regressão múltipla corrobora com os resultados obtidos no estudo da modulação autonômica cardíaca. O modelo final de regressão múltipla *stepwise* evidenciou que, aproximadamente, 65% da variação dos dados em torno do hiperplano de regressão são explicadas pela FC de repouso e pela idade quando se avalia uma amostra de homens saudáveis com idade variando de 20 a 60 anos. Esse achado foi similar aos encontrados por MIGLIARO *et al.* (2001) e TSUJI *et al.* (1996). No primeiro trabalho os autores concluem que na amostra estudada (jovens ativos, jovens sedentários e idosos sedentários) a idade e a FC de repouso são as variáveis mais potentes em determinar a VFC. Em indivíduos com FC de repouso similar, a VFC depende primariamente da idade, e ao contrário, em indivíduos com idade similar, a FC de repouso é a variável a ser considerada na análise da VFC.

Em um estudo amplo, utilizando dados do *Framingham Heart Study* com o objetivo de avaliar os principais fatores determinantes da VFC, TSUJI *et al.* (1996) avaliaram as seguintes variáveis: idade, sexo, FC de repouso, horário do dia em que foi realizado o ECG para análise da VFC (manhã ou tarde), tempo de aquisição do sinal eletrocardiográfico ( $\leq 90$  ou  $> 90$  min), pressão arterial sistólica e diastólica entre outros e concluíram que FC de repouso e idade foram as principais determinantes da VFC, representando de 37 a 51% da variância do  $\text{Ln}(\text{SDNN})$ ,  $\text{Ln}(\text{LF})$  e  $\text{Ln}(\text{HF})$ .

### **5.3 Efeito do Envelhecimento e da Aptidão Aeróbia na Frequência Cardíaca de Recuperação (FCR) Pós-teste de Esforço Submáximo**

Vários autores estudaram a medida de FCR como um preditor de mortalidade. Apesar da falta de padronização de vários fatores tais como tempo de recuperação pós-esforço, presença ou não de um período de desaquecimento prévio, protocolos de teste ergométrico, utilização de teste ergométrico máximo e/ou submáximo, os estudos de SHETLER *et al.* (2001), COLE *et al.* (2000) e COLE *et al.* (1999) entre outros, mostraram que a FCR é uma medida simples para predizer mortalidade.

A FCR avaliada pela diferença entre a  $FC_{pico}$  atingida no teste ergométrico submáximo e  $FC_{pico}$  atingida em cada uma das etapas do protocolo de recuperação pós-esforço, no presente trabalho, foi menor nos voluntários com aptidão aeróbia ruim, em comparação aos voluntários de aptidão aeróbia boa, e nos voluntários de meia-idade, em relação aos jovens, conforme evidenciado na fase de desaquecimento 1 e 2 – D1 e D2 e desaquecimento 1 – D1 e recuperação – R, respectivamente. Esses resultados corroboram com o trabalho de COLE *et al.* (2000) e DU *et al.* (2005), na medida em que, no primeiro, os autores encontraram associação entre baixos valores de FCR, após realização de teste ergométrico submáximo utilizando protocolo de Bruce em sujeitos saudáveis, nos voluntários com menor aptidão aeróbia e com idade mais avançada e, no segundo, estudando mulheres maratonistas, evidenciaram que a FCR é mais rápida em mulheres maratonistas do que no grupo controle sedentário.

Por outro lado, DIMKPA E IBHAZEHIEBO (2009), avaliando um amostra com média de idade muito parecida com a do presente trabalho, não encontraram associação entre a FCR e idade após ajuste dos dados em relação a variáveis confundidoras como  $\dot{V}O_2$ , FC de repouso, índice de massa corporal e percepção subjetiva do esforço. É importante destacar que esse estudo avaliou a FCR após a realização de teste cicloergométrico máximo e não avaliou diferentes níveis de aptidão aeróbia, somente destacando que os voluntários não eram atletas.

MACMILLAN *et al.* (2006), avaliando o efeito de programa de reabilitação cardíaca durante 12 semanas na FCR, encontram melhora desse índice após o programa de exercício, porém não encontraram diferença significativa na melhora da FCR em função da idade, indicando que indivíduos idosos melhoram de maneira similar a indivíduos jovens. Além disso, os autores não encontraram relação entre idade e FCR. É importante destacar que nesse estudo foram avaliados pacientes cardiopatas e o grupo de jovens eram indivíduos com menos do que 65 anos ( $53,7 \pm 6,8$  anos) e idosos indivíduos com mais do que 65 anos ( $74,3 \pm 5,8$  anos), faixa etária bastante distinta do presente trabalho.

Com o intuito de avaliar a aplicação da FCR como um marcador de melhora da saúde cardiovascular em pacientes portadores de insuficiência cardíaca crônica submetidos a um programa de reabilitação cardíaca, MYERS *et al.* (2007) encontraram que no grupo que realizou um programa de exercício, a aptidão aeróbia foi significativamente maior e a

FCR foi mais rápida, em relação ao grupo controle. A melhora na aptidão aeróbia foi associada com a FCR mais rápida após treinamento, resultado que sugere uma ligação entre aptidão aeróbia e FCR.

São escassas na literatura publicações que avaliaram o efeito do treinamento físico e/ou da aptidão aeróbia na FCR em sujeitos idosos saudáveis. GIALLAURIA *et al.* (2005) recrutaram 24 idosos saudáveis que participaram de um programa de treinamento aeróbio durante oito semanas, cuja modalidade foi o ciclismo, duração da sessão de 30 min, três sessões semanais, com intensidade de 65 a 75% da FC<sub>máx</sub>, e 25 jovens saudáveis que serviram de controle. Para análise do efeito do exercício na FCR os voluntários realizaram dois testes cardiopulmonares máximos, um antes e outro após o programa de exercício. Os principais achados foram: i) aumento da aptidão aeróbia dos voluntários idosos após o programa de exercício ( $12,3 \pm 3,0$  para  $13,9 \pm 2,7$  mL/Kg/min,  $p < 0,001$ ); ii) melhora na FCR ( $18,7 \pm 1,9$  para  $23,6 \pm 3,4$  btm,  $p < 0,01$ ); e iii) o valor médio da FCR ao final do programa de exercício nos voluntários idosos foi maior que os valores observados nos jovens controles ( $p < 0,002$ ).

De forma similar ao estudo descrito acima, DARR *et al.* (1988) estudaram o efeito da idade e nível de aptidão aeróbia na FCR em 20 voluntários divididos em quatro grupos experimentais: jovens treinados ( $24 \pm 2$  anos/  $63 \pm 3$  mL/Kg/min), idosos treinados ( $51 \pm 2$  anos/  $57 \pm 3$  mL/Kg/min), jovens sedentários ( $25 \pm 3$  anos/  $44 \pm 2$  mL/Kg/min) e idosos sedentários ( $57 \pm 4$  anos/  $36 \pm 4$  mL/Kg/min). Encontraram que, nos sujeitos treinados, independentemente da faixa etária, a FCR foi significativamente mais rápida do que nos sedentários e que os sujeitos idosos apresentam uma lentificação da FCR em relação aos jovens.

A habilidade de recuperação da FC após exercício está relacionada à capacidade do sistema cardiovascular em reverter a atividade do sistema nervoso autonômico, por meio da reativação vagal. A associação entre a FCR e a saúde cardiovascular é enfatizada por observações de que a recuperação da FC é mais rápida em atletas (DU *et al.*, 2005) e no fato de que o desequilíbrio autonômico, principalmente a deficiência na atividade vagal, está associado com mortalidade (COLE *et al.*, 2000, COLE *et al.*, 1999). Pelo fato de retratar o prejuízo na reativação vagal, a FCR é amplamente reconhecida nos anos recentes como um potente marcador prognóstico em pacientes com doenças cardiovasculares

(SHETLER *et al.*, 2001, NISHIME *et al.*, 2000). Devido à forte associação entre FCR e mortalidade e a ligação entre FCR e capacidade de exercício ou aptidão aeróbia, a FCR tem potencial para ser um marcador adicional da eficácia de programas de treinamento físico e estratificação de risco para doenças cardiovasculares (MYERS *et al.*, 2007).

Apesar de existir um número considerável de trabalhos que relatam a importância da avaliação da FCR como uma ferramenta potente de prognóstico de mortalidade (SHETLER *et al.* 2001, COLE *at al.*, 2000, COLE *at al.*, 1999) pouco se sabe a respeito da influência da idade na FCR. Considerando que a intensidade do exercício, a sensibilidade barorreflexa, a aptidão aeróbia, a concentração de noradrenalina pós-exercício e a FC de repouso são fatores que influenciam diretamente a FCR, assim como sofrem influência da idade, é de suma importância estabelecer o papel do envelhecimento na FCR. Nesse sentido, o presente trabalho, apesar de inicial e com uso de um protocolo ajustado de recuperação pós-esforço, vem contribuir com mais conhecimento a respeito do tema, na medida em que mostra o efeito deletério do envelhecimento na capacidade de recuperação da frequência cardíaca após exercício e em contrapartida, evidencia o efeito benéfico de melhores níveis de aptidão aeróbia submáxima na FCR.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSÃO**

A variabilidade da frequência cardíaca demonstra-se mais baixa em voluntários de meia-idade do que em jovens, indistinta ao nível de aptidão aeróbia. Essa redução da VFC com o avançar da idade se deve principalmente a redução da atividade vagal no nódulo sinusal.

O maior nível de aptidão aeróbia submáxima não ameniza a redução da VFC decorrente do processo natural de envelhecimento. Portanto, em relação à modulação autonômica cardíaca, não existe distinção entre voluntários com aptidão aeróbia boa e aptidão aeróbia ruim tanto entre sujeitos de meia-idade como entre jovens.

A frequência cardíaca de recuperação pós-teste ergométrico submáximo é mais baixa em voluntários de meia-idade do que em jovens nas fases de desaquecimento 2 e recuperação. Em particular, a FCR na fase de desaquecimento 1 e 2 é menor nos voluntários de meia-idade com aptidão aeróbia ruim, quando comparados aos de aptidão aeróbia boa, indicando que um menor nível de aptidão aeróbia está relacionado a uma reentrada vagal mais lenta após o esforço.

O componente vagal da modulação autonômica cardíaca em repouso, analisado por meio de regressão linear múltipla, é explicado primordialmente pela idade atual e a FC de repouso.

## REFERÊNCIAS

- ACHARYA, U. R., JOSEPH, K. P., KANNATHAL, N. *et al.*, 2006, “Heart Rate Variability: a Review”, *Med Bio Eng Comput*, v. 44, n. 12 (nov), pp. 1031-1051.
- ALTEMI, I., DE PAULA, R. S., SHINZATO, A. R. *et al.*, 2004, “Influence of Age, Gender, Body Mass Index, and Functional Capacity on Heart Rate Variability in a Cohort of Subjects Without Heart Disease”, *Am J Cardiol*, v. 93, n. 3 (fev), pp. 381-385.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2003, *Diretrizes do ACMS para os Testes de Esforço e sua Prescrição*. 6 ed. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogan.
- BARBOSA, P. R., BARBOSA-FILHO, J., SÁ, C. A. M., 1995, “Efeito da Idade Sobre a Modulação Autonômica do Coração”, *Rev Socerj*, v. VIII, n. 4 (out/nov/dez), pp. 79-84.
- BARBOSA, P. R., BARBOSA-FILHO, O. J. B., SÁ, C. A. M., 1996, “Influência da Idade, Sexo e Doença Coronária Sobre a Modulação Autonômica do Coração”, *Arq Bras Cardiol*, v. 67, n. 5 (nov), pp.325-329.
- BARBOSA, P. R. B., 2003, *Efeito da Ponderação da Média Coerente e da Filtragem na Detecção de Potenciais Tardios Ventriculares no Eletrocardiograma de Alta Resolução*. Tese de D.Sc., Programa de Engenharia Biomédica, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- BERNE, R. M., LEVY, M. N., 1990, *Principles of Physiology*, London: Wolfe [International Student Edition].

- BIGGER, J. T., FLEISS, J. L., STEINMAN, R. C. *et al.*, 1992, “Frequency Domain Measures of Heart Period Variability and Mortality After Myocardial Infarction”, *Circulation*, v. 85, n. 1 (jan), pp. 164-171.
- BIGGER, J. T., FLEISS, J. L., STEINMAN, R. C., *et al.*, 1995, “RR Variability in Healthy, Middle-Aged Persons Compared With Chronic Coronary Heart Disease or Recent Acute Myocardial Infarction”, *Circulation*, v.91, n. 7 (abr), pp. 1936-1943.
- BONNEMEIER, H., WIEGAND, U. K. W., BRANDES, A. *et al.*, 2003, “Circadian Profile of Cardiac Autonomic Nervous Modulation in Healthy Subjects: Differing Effects of Aging and Gender on Heart Rate Variability”, *J Cardiovasc Electrophysiol*, v. 14, n. 8 (ago), pp. 791-799.
- BORRESEN, J., LAMBERT, M. I., 2007, “Changes in Heart Rate Recovery in Response to Acute Changes in Training Load”, *Eur J Appl Physiol*, v. 101, n. 4 (nov), pp. 503-511.
- BRITTON, A., SHIPLEY, M., MALIK, M. *et al.*, 2007, “Changes in Heart Rate and Heart Rate Variability Over Time in Middle-Aged Men and Woman in the General Population (from the Whitehall II Cohort Study)”, *Am J Cardiol*, v. 100, n. 3 (aug), pp. 524-527.
- BUCHHEIT, M., SIMON, C., CHARLOUX, A. *et al.*, 2005, “Heart Rate Variability and Intensity of Habitual Physical Activity in Middle-Aged Persons”, *Med Sci Sports Exerc*, v. 37, n. 9 (set), pp. 1530-1534.
- CARNETHON, M. R., JACOBS JR, D. R., SIDNEY, S. *et al.*, 2005, “A Longitudinal Study of Physical Activity and Heart Rate Recovery: CARDIA, 1987-1993”, *Med Sci Sports Exerc*, v. 37, n. 4 (abr), pp. 606-612.

- CARTER, J. B., BANISTER, E. W., BLABER, A. P., 2003, "The Effect of Age and Gender on Heart Rate Variability After Endurance Training", *Med Sci Sports Exerc*, v. 35, n. 8 (ago), pp. 1333-1340.
- CATAI A. M., CHACON-MIKAHIL, M. P. T., MARTINELLI, F. S. *et al.*, 2002, "Effect 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 (jun), pp.741-752.
- CENSI, F., CALCAGNINI, G., CERUTTI, S., 2002, "Coupling Patterns Between Spontaneous Rhythms and Respiration in Cardiovascular Variability Signals", *Comput Met Progr Biomed*, v. 68, n. 1 (abr), pp. 37-47.
- CHACKO, K. M., BAUER, T. A., DALE, R. A. *et al.*, 2008, "Heart Rate Recovery Predicts Mortality and Cardiovascular events in Patient With Type 2 Diabetes", *Med Sci Sports Exerc*, v. 4, n. 2 (fev), pp. 288-295.
- CHOI, J., HONG, S., NELESEN, R. *et al.*, 2006, "Age and Ethnicity Differences in Short-Term Heart-Rate Variability", *Psychosomatic medicine*, v. 68, n. 3 (mai/jun), pp. 421-426.
- COLE, C. R., BLACKSTONE, E. H., PASHKOW, F. J. *et al.*, 1999, "Heart-rate Recovery Immediately After Exercise as a Predictor of Mortality", *N Engl J Med*, v. 341, n. 18 (out), pp.1351-1357.
- COLE, C. R., FOODY, J. M., BLACKSTONE, E. H. *et al.*, 2000, "Heart Rate Recovery After Submaximal Exercise Testing as a Predictor of Mortality in a Cardiovascularly Healthy Cohort", *Ann Intern Med*, v. 132, n. 7 (abr), pp. 552-555.
- CONSENSO NACIONAL DE ERGOMETRIA, 1995, *Arq Bras Cardiol*, v.35, n.2, pp.1-21.

- CORNELISSEN, V. A., FAGARD, R. H., 2005, “Effects of Endurance Training on Blood Pressure, Blood Pressure–Regulation Mechanisms, and Cardiovascular Risk Factors”, *Hypertension*, v. 46, n. 4 (out),pp. 667-675.
- DARR, K. C., BASSETT, D. R., MORGAN, B. J. *et al.*, 1988, “Effects of Age and Training Status on Heart Rate Recovery After Peak Exercise”, *Am J Physiol*, v. 254, n. 2 (fev), pp. H340-H343.
- DE MEERSMAN, R. E., 1993, “Heart Rate Variability and Aerobic Fitness”, *Am Heart J*, v. 125, n. 3 (mar), p. 726-731.
- DE MEERSMAN, R. E., STEIN, P. K., 2007, “Vagal Modulation and Aging”, *Biological Psychology*, v.74, n. 2 (fev), pp. 165-173.
- DEKKER, J. M., SCHOUTEN, E. G., KLOOTWIJK, P. *et al.*, 1997, “Heart Rate Variability From Short Electrocardiographic Recordings Predicts Mortality From All Causes in Middle-Aged and Elderly Men”, *Am J Epidemiol*, v. 145, n. 10 (mai), pp. 899-908.
- DIMKPA, U., IBHAZEHIENO, K., 2009, “Assessment of the Influence of Age on the Rate of Heart Rate Decline After Maximal Exercise in Non-athletic Adults Males”, *Clin Physiol Funct Imaging*, v. 29, n. 1 (jan), pp. 68-73.
- DOCHERTY, J. R., 1990, “Cardiovascular Responses in Ageing: a Review”, *Pharmacol Rev*, v.42, n. 2 (jun), pp.103-125.
- DU, N., BAI, S., OGURI, K. *et al.*, 2005, “Heart Rate Recovery After Exercise and Neural Regulation of Heart Rate Variability in 30-40 Year Old Female Marathon Runners”, *J Sports Sci Med*, v. 4, (mar), pp.9-17.

- DUSCHA, B. D., SLENTZ, C. A., JOHNSON, J. L. *et al.*, 2005, "Effects of Exercise Training Amount and Intensity on Peak Oxygen Consumption in Middle-Age Men and Women at Risk For Cardiovascular Disease", *Chest*, v. 128, n. 4 (out), pp. 2788-2793.
- FERRARI, A. U., RADAELLI, A., CENTOLA, M., 2003, "Aging and the Cardiovascular System", *J Appl Physiol*, v. 95, n. 6 (dez), pp.2591-2597.
- FITZGERALD, M. D., TANAKA, H., TRAN, Z. G. *et al.*, 1997, "Age-related Declines in Maximal Aerobic Capacity in Regularly Exercise vs. Sedentary Woman: a Meta-analysis", *J Appl Physiol*, v. 83, n. 1 (jul), pp. 160-165.
- FLEG, J. L., MORREL, C. H., BOS, A. G. *et al.*, 2005, "Accelerated Longitudinal Decline of Aerobic Capacity in Healthy Older Adults", *Circulation*, v. 112, n. 5 (ago), pp. 674-682.
- GIALLAURIA, F., FORNO, D. D., PILERCI, F. *et al.*, 2005, "Improvement of Heart Rate Recovery After Exercise Training in Older People", *JAGS*, v. 53, n. 11 (nov), pp. 2037-2038.
- GREISER, H. K., KLUTLIG, A., SCHUMANN, B. *et al.*, 2005, "Cardiovascular Disease, Risk Factors and Heart Rate Variability in the Elderly General Population: Design and Objectives of the Cardiovascular Disease, Living and Ageing in Halle (CARLA) Study", *BMC Cardiovascular Disorders*, v.5, n.33 (nov), pp. 1-14.
- HECKMAN, G. A., MACKELVIE, R. S., 2008, " Cardiovascular Aging and Exercise in Healthy Older Adults", *Clin J Sports Med*, v. 18, n. 6 (nov), pp. 479-485.

- IWASAKI, K., ZHANG, R., ZUCKERMAN, J. H. *et al.*, 2003, “Dose-response Relationship of the Cardiovascular Adaptation to Endurance Training in Healthy Adults: How Much Training For What Benefit?”, *J Appl Physiol*, v.95, n. 4 (out), pp.1575-1583.
- KASCH, F. W., BOYER, J. L., SCHMIDT, P. K. *et al.*, 1999, “Ageing of the Cardiovascular System During 33 Years of Aerobic Exercise”, *Age and Ageing*, v. 28, n. 6 (out), pp.531-536.
- KATZEL, L. I., SORKIN, J. D., FLEG, J. L., 2001, “A Comparison of Longitudinal Changes in Aerobic Fitness in Older Endurance Athletes and Sedentary Men”, *J Am Geriatr Soc*, v. 49, n. 12 (dez), pp.1657-1664.
- KODAMA S., SAITO K., TANAKA S. *et al.*, 2009, “Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women”, *JAMA*, v. 301, n. 20 (mai), pp. 2024-2035.
- KUO, T. B. J., LIN, T., YANG, C. C. H. *et al.*, 1999, “Effect of Aging on Gender Differences in Neural Control of Heart Rate”, *Am J Physiol*, v. 277, n. 6 (dez), pp. H2233–H2239.
- LAKATTA, E. G., 2002, “Age-associated Cardiovascular Changes in Health: Impact on Cardiovascular Disease in Older Persons”, *Heart Fail Rev*, v. 7, n. 1 (jan), pp. 29-49.
- LAMBERT, C. P., EVANS, W. J., 2005, “Adaptations to Aerobic and Resistance Exercise in the Elderly”, *Rev End Metab Disorders*, v. 6, n. 2 (mai), pp.137-143.
- LAMBERT, P. R., SWART, J., NOAKES, T. D. *et al.*, 2009, “Changes in Heart Rate Recovery After High-Intensity Training in Well-Training Cyclists”, *Eur J Appl Physiol*, v. 105, n. 5 (mar), pp. 705-713.

- LEICHT, A. S., ALLEN, G. D., HOEY, A., 2003, "Influence of Age and Moderate-Intensity Exercise Training on Heart Rate Variability in Young and Mature Adults", *Can J Appl Physiol*, v. 28, n. 3 (jun), pp. 446-461.
- LEVY, W. C., CERQUEIRA, M. D., HARP, G. D. *et al.*, 1998, "Effect of Endurance Exercise Training on Heart Rate Variability at Rest in Healthy Young and Older Men", *Am J Cardiol*, v. 82, n. 10 (nov), pp.1236-1241.
- LOIMAALA, A., HUIKURI, H., OJA, P. *et al.*, 2000, "Controlled 5-mo Aerobic Training Improves Heart Rate But Not Heart Rate Variability or Baroreflex Sensitivity", *J Appl Physiol*, v. 89, n. 5 (nov), pp.1825-1829.
- LONGO, A., FERREIRA, D., CORREIA, M. J., 1995, "Variabilidade da Frequência Cardíaca", *Rev Port Cardiol*, v. 14, n. 3 (jan), pp. 241-262.
- LOPES, F. L., PEREIRA, F. M., REBOREDO, M. M. *et al.*, 2007, "Redução da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Indivíduos de Meia-Idade e o Efeito do Treinamento de Força", *Rev Bras Fisiot*, v. 11, n. 2 (mar/abr), pp.113-119.
- MACMILLAN, J. S., DAVIS, L. L., DURHAM, C. F. *et al.*, 2006, "Exercise and Heart Rate Recovery", *Heart Lung*, v. 35, n.6 (nov-dez), pp. 383-390.
- MARÃES, V. R. F. S., SANTOS, M. D. B., CATAI, A. M. *et al.* , 2004, "Modulação do Sistema Nervoso Autônomo na Resposta da Frequência Cardíaca em Repouso e à Manobra de Valsalva com o Incremento da Idade", *Rev Bras Fisiot*, v.8, n. 2 (mai/ago), pp. 97-103.
- MAROCOLO, M., NADAL, J., BENCHIMOL BARBOSA, P. R., 2007, "The Effect of an Aerobic Training Program on the Electrical Remodeling of the Heart: High-Frequency Components of the Signal-Averaged Electrocardiogram are Predictors of the Maximal Aerobic Power", *Braz J Med Biol Res*, v. 40, n. 2 (fev), pp. 199-208.

- MELANSON, E. L., FREEDSON, P. S., 2001, "The Effect of Endurance Training on Resting Heart Rate Variability in Sedentary Adult Males", *Eur J Appl Physiol*, v. 85, n. 5 (set), pp.442-449.
- MELO, R. C., SANTOS, M. D. B., SILVA, E. *et al.*, 2005. "Effects of Age and Physical Activity on the Autonomic Control of Heart Rate in Healthy Men", *Braz J Med Biol Res*, v.38, n.9 (set), pp.1331-1338.
- MESSINGER-RAPPORT, B., POTHIER, S. C. E., BLACLESTONE, E. H. *et al.*, 2003, "Value of Exercise Capacity and Heart Rate Recovery in Older People", *J Am Geriatr Soc*, v. 51, n. 1 (jan), pp. 63-68.
- MIGLIARO, E. R., CONTRERAS, P., BECH, S. *et al.*, 2001, "Relative Influence of Age, Resting Heart Rate and Sedentary Life Style in Short-Term Analysis of Heart Rate Variability", *Braz J Med Biol Res*, v. 34, n. 4 (abr), pp. 493-500.
- MIYACHI, M., DONATO, A. J., YAMAMOTO, K. *et al.*, 2003, "Greater Age-Related Reductions in Central Arterial Compliance in Resistance-Trained Men", *Hypertension*, v. 41, n. 1 (jan), pp.130-135.
- MYERS, J., HADLEY, D., OSWALD, U. *et al.*, 2007, "Effects of Exercise Training on Heart Rate Recovery in Patients With Chronic Heart Failure", *Am Heart J*, v. 153, n. 6 (jun), pp. 1056-1063.
- NAJJAR, S. S., SCUTERI, A., LAKATTA, E. G., 2005, "Arterial Aging: is it an Immutable Cardiovascular Risk Factor?", *Hypertension*, v. 46, n. 3 (set), pp.454-462.
- NANAS, S., ANASTASIOU-NANA, M., DIMOPOULOS, S. *et al.*, 2006, "Early Heart Rate Recovery After Exercise Predicts Mortality in Patients With Chronic Heart Failure", *Internat J Cardiol*, v. 110, n. 3 (jun), pp. 393-400.

- NISHIME, E. O., COLE, C. R., BLACKSTONE, E. H., 2000, “Heart Rate Recovery and Treadmill Exercise Score as Predictors of Mortality in Patients Referred for Exercise ECG”, *JAMA*, v. 284, n.11 (set), pp. 1392-1398.
- NOLAN, J., BATIN, P. D., ANDREWS, R. *et al.*, 1998, “ Prospective Study of Heart Rate Variability and Mortality in Chronic Heart Failure: Results of the United Kingdom Heart Failure Evaluation and Assessment of Risk Trial (UK-Heart)”, *Circulation*, v. 98, n. 15 (out), pp. 1510-1516.
- OKAZAKI, K., IWASAKI, K., PRASAD, A. *et al.*, 2005, “Dose-response Relationship of Endurance Training for Autonomic Circulatory Control in Healthy Senior”, *J Appl Physiol*, v. 99, n.3 (set), pp. 1041-1049.
- PAGANI, M., LOMBARDI, F., GUZZETTI, S. *et al.*, 1986, “Power Spectral Analysis of Heart Rate and Arterial Pressure Variabilities as a Marker of Sympatho-Vagal Interaction in Man and Conscious Dog”, *Circ Res*, v.59, n.2 (ago), pp. 178-193.
- PASCHOAL, M. A., VOLANTI, V. M., PIRES, C. S. *et al.*, 2006, “Variabilidade da Frequência Cardíaca em Diferentes Faixas Etárias”, *Rev Bras Fisiot*, v.10, n. 4 (out/dez), pp. 413-419.
- PERINI, R., ORIZIO, C., COMANDÈ, A. *et al.*, 1989, “Plasma Norepinephrine and Heart Rate Dynamics During Recovery From Submaximal Exercise in Man”, *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v. 58, n. 8 (jul), pp. 879-883.
- PERINI, R., FISHER, N., VEICSTEINAS, A. *et al.*, 2002, “Aerobic Training and Cardiovascular Response at Rest and During Exercise in Older Men and Women”, *Med Sci Sports Exerc*, v.34, n.4 (abr), pp.700-708.

- PICHOT, V., ROCHE, F., DENIS, C. *et al.*, 2005, "Interval Training in Elderly Men Increases Both Heart Rate Variability and Baroreflex Activity", *Clin Auton Res*, v. 15, n. 2 (abr), pp. 107-115.
- PIMENTEL, A. E., GENTILE, C. L., TANAKA, H. *et al.*, 2003, "Greater Rate of Decline in Maximal Aerobic Capacity With Age in Endurance-Trained Than in Sedentary Men", *J Appl Physiol*, v. 94, n. 6 (jun), pp. 2406-2413.
- PUGH, K. G., WEI, J. Y., 2001, "Clinical Implications of Physiological Changes in the Aging Heart", *Drugs & Aging*, v.18, n.4, pp.263-276.
- PUMPRLA, J., HOWORKA, K., GROVES, D. *et al.*, 2002, "Functional Assessment of Heart Rate Variability: Physiological Basis and Practical Applications", *Internat J Cardiol*, v. 84, pp. 1-14.
- RICARDO, D. R., ALMEIDA, M. B., FRANKLIN, B. A. *et al.*, 2005, "Initial and Final Exercise Heart Rate Transients: Influence of Gender, Aerobic Fitness, and Clinical Status", *Chest*, v. 127, n. 1 (jan), pp. 318-327.
- SANDERCOCK, G. R. H., BROMLEY, P. D., BRODIE, D. A., 2005, "Effects of Exercise on Heart Rate Variability: Inferences From Meta-Analysis", *Med Sci Sports Exerc*, v. 37, n. 3 (mar), pp. 433-439.
- SAUL, J. P., 1990, "Beat-to-beat Variations of Heart Rate Reflect Modulation of Cardiac Autonomic Outflow", *NIPS*, v. 5, (fev), pp. 32-37.
- SCHUIT, J. A., AMELSVOORT, L. G. P. M. V., VERHEIJ, T. C. *et al.*, 1999, "Exercise Training and Heart Rate Variability in Older People", *Med Sci Sports Exerc*, v. 31, n. 6 (jun), pp. 816-821.

- SHETLER, K., MARCUS, R., FROELICHER, V. F. *et al.*, 2001, “Heart Rate Recovery: Validation and Methodological Issues”, *J Am Coll Cardiol*, v. 38, n. 7 (dez), pp. 1980-1987.
- SILVA, L. P., 2009, *Efeitos do Treinamento Resistivo, Isolado e Após Treinamento Aeróbio, Sobre a Variabilidade da Frequência Cardíaca e a Pressão Arterial de Homens com Idades Entre 40 e 60 anos*. Tese de D.Sc., Programa de Engenharia Biomédica, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- STATHOKOSTOS L., JACOB-JOHNSON S., PETRELLA R. J. *et al.*, 2004, “Longitudinal Changes in Aerobic Power in Older Men and Women”, *J Appl Physiol*, v. 97, n. 2 (aug), pp.781-789.
- STEIN, P. K., BOSNER, M. S., KLEIGER, R. E. *et al.*, 1994, “Heart Rate Variability: a Measure of Cardiac Autonomic Tone”, *Am Heart J*, v. 127, n. 5 (mai), pp. 1376-1381.
- STEIN, P. K., EHSANI, A. A., DOMITROVICH, P. P. *et al.*, 1999, “Effect of Exercise Training on Heart Rate Variability in Healthy Older Adults”, *Am Heart J*, v. 138, n.3 pt 1 (set), pp. 567-576.
- SUNG, J., CHOI, Y., PARK, J. B., 2006, “Metabolic Syndrome is Associated With Delayed Heart Rate Recovery After Exercise”, *J Korean Med Sci*, v. 21, n. 4 (aug), pp. 621-626.
- SZTAJZEL, J., 2004, “Heart Rate Variability: a Noninvasive Electrocardiographic Method to Measure the Autonomic Nervous System”, *Swiss Med Wkly*, v. 134, n. 35-36 (set), pp. 514-522.

TANAKA, H., DINENNO, F. A., MONAHAN, K. D. *et al.*, 2000, “Aging, Habitual Exercise, and Dynamic Arterial Compliance”, *Circulation*, v. 102, n. 11 (set), pp.1270-1275.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996, “Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use”, *Eur Heart J*, v. 17, n. 3 (mar), pp. 354-381.

TSUJI, H., VENDETTI, F. J., MANDERS, E. S. *et al.*, 1994, “Reduced Heart Rate Variability and Mortality Risk in an Elderly Cohort. The Framingham Heart Study”, *Circulation*, v. 90, n. 2 (ago), pp. 878-883.

TSUJI, H., LARSON, M. G., VENDITTI, F. J. *et al.*, 1996, “Impact of Reduced Heart Rate Variability on Risk for Cardiac Events. The Framingham Heart Study”, *Circulation*, v. 94, n. 11 (dez), pp. 2850-2855.

TULPPO, M. P., HAUTALA, A. J., MÄKIKALLIO, T. H. *et al.*, 2003, “Effects of Aerobic Training on Heart Rate Dynamics in Sedentary Subjects”, *J Appl Physiol*, v. 95, n. 1 (jul), pp.364-372.

TUOMAINEN, P., PEUHKURINEN, K., KETTUNEN, R. *et al.*, 2005, “Regular Physical Exercise, Heart Rate Variability and Turbulence in a 6-Year Randomized Controlled Trial in Middle-Aged Men: the DNASCO Study”, *Life Sciences*, v.77, n. 21 (out), pp. 2723-2734.

UENO, L. M., MORITANI, T., 2003, “Effects of Long-Term Exercise Training on Cardiac Autonomic Nervous Activities and Baroreflex Sensitivity”, *Eur J Appl Physiol*, v. 89, n. 2 (abr), pp. 109-114.

- UMETANI, K., SINGER, D. H., FACC, R. M. *et al.*, 1998, “Twenty-Four Hour Time Domain Heart Rate Variability and Heart Rate: Relations to Age and Gender Over Nine Decades”, *JACC*, v. 31, n. 3 (mar), pp. 593-601.
- UUSITALO, A. L. T., LAITINEN, T., VÄISÄNEN, S. B. *et al.*, 2002, “Effects of Endurance Training on Heart Rate and Blood Pressure Variability”, *Clin Physiol & Func Im*, v. 22, n. 3 (mai), pp. 173-179.
- UUSITALO, A. L. T., LAITINEN, T., VÄISÄNEN, S. B. *et al.*, 2004, “Physical Training and Heart Rate and Blood Pressure Variability: a 5-Yr Randomized Trial”, *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, v. 286, n. 5 (mai), pp. H1821-1826.
- VAITKEVICIUS, P. V., FLEG, J. L., ENGEL, J. H. *et al.*, 1993, “Effects of Age and Aerobic Capacity on Arterial Stiffness in Healthy Adults”, *Circulation*, v. 88, n. 4 (out), pp. 1456-1462.
- VIVEKANANTHAM, D. P., BLACKSTONE, E. H., POTHIER, C. E. *et al.*, 2003, “Heart Rate Recovery After Exercise is a Predictor of Mortality, Independent of the Angiographic Severity of Coronary Disease”, *J Am Coll Cardiol*, v. 42, n. 5 (set), pp. 831-838.
- WEI, J. Y., 2004, “Understanding the Aging Cardiovascular System”, *Geriatrics Geront Internat*, v. 4, n. S1 (set) pp. S298-S303.
- WILMORE, J. H., COSTILL, D. L., 2001, *Fisiologia do Esporte e do Exercício*, 2 ed São Paulo: Manole.
- WILSON, T. M., TANAKA, H., 2000, “Meta-analysis of the Age-associated Decline in Maximal Aerobic in Men: Relation to Training Status”, v. 278, n. 3 (mar), pp. H829-H834.

- WONG, L. L. R., CARVALHO, J. A., 2006, “O Rápido Processo de Envelhecimento Populacional do Brasil”, *R Bras Est Pop*, v. 23, n. 1 (jan/jun), pp. 5-26.
- WOOD, R. H., HONDZINSKI, J. M., LEE, C. M., 2003, “Evidence of an Association Among Age-related Changes in Physical, Psychomotor and Autonomic Function”, *Age Ageing*, v. 32, n. 4 (jul), pp. 415-421.
- YAMAMOTO, K., MIYACHI, M., SAITOH, T. *et al.*, 2001, “Effects of Endurance Training on Resting and Post-Exercise Cardiac Autonomic Control”, *Med Sci Sports Exerc*, v. 33, n. 9 (set), pp. 1496-1502.
- ZHANG, J., 2007, “Effect of Age and Sex on Heart Rate Variability in Healthy Subjects”, *J Manipulative Physiol Ther*, v. 30, n. 5 (jun) pp. 374-379.

ANEXO 1: CARTA DE APROVAÇÃO DA PESQUISA PELO COMITÊ DE ÉTICA



**MINISTÉRIO DA SAÚDE**  
SECRETARIA DE ASSISTÊNCIA A SAÚDE  
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CARTA DE APROVAÇÃO

Prezados Senhores:

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto Nacional de Cardiologia reuniu-se em 08 de Abril de 2008 e aprovou por unanimidade o Projeto “Efeito do envelhecimento e do treinamento físico aeróbico na modulação autonômica da frequência cardíaca em homens de 20 a 60 anos”, assim como seu Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sob a responsabilidade da Investigadora Principal, Gabriela Alves Trevizani, sendo registrado neste CEP sob o n.º0189/12.02.08.

Rio de Janeiro, 11 de Abril de 2008.

  
Ivan Luiz Cordovil de Oliveira  
Coordenador do CEP

## ANEXO 2 : TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, de uma pesquisa aprovada pelo Instituto Nacional de Cardiologia Laranjeiras- RJ. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

Eu, \_\_\_\_\_, nascido em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_, natural de \_\_\_\_\_(cidade),\_\_\_\_(estado), portador da identidade \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, serei voluntário do projeto de pesquisa cujo título é “Efeitos da idade e da aptidão aeróbio no controle autonômico da frequência cardíaca em homens adultos”, que tem como objetivo verificar se há diferenças no funcionamento do sistema cardíaco em dois grupos de indivíduos, um que pratica exercício físico e outro que não pratica.

**Descrição de procedimentos:** irei me submeter à avaliação (anamnese e exame físico), eletrocardiografia de alta resolução durante 15 min respirando normalmente e após mais cinco min com respiração controlada a 12 incursões respiratórias por min com auxílio de um aparelho apropriado e realizarei o teste de esforço.

**Teste de esforço:** compreendo que o teste de esforço a que irei me submeter será realizado em esteira rolante e consiste de algumas etapas de três min de duração cada, sendo que a cada nova etapa haverá aumento gradual da velocidade e inclinação da esteira, ou seja, terá um aumento no meu esforço devido ao aumento gradativo da carga de trabalho e que o teste cessará quando for atingida 85% da frequência cardíaca máxima predita pela fórmula  $220 - \text{idade}$  ou critérios específicos de parada do teste que me serão informados pelos pesquisadores responsáveis.

**Desconfortos e riscos esperados:** tenho conhecimento que, eventualmente, durante o teste de esforço poderei me sentir tonto, apresentar leves dores musculares ou sintomas como dor no peito, palpitação, sudorese, falta de ar e cansaço. Além disso, fui informado de que o teste de esforço possui risco de ocorrência de infarto ou morte em um indivíduo a cada 100 mil testes realizados. Estou devidamente informado dos riscos acima descritos em decorrência do exame e sei que os pesquisadores responsáveis utilizarão os meios disponíveis para a solução de algum problema que venha a ocorrer.

**Informações:** terei a garantia de que receberei respostas a todas as perguntas e esclarecimentos que forem necessários e pertinentes ao assunto da pesquisa. Além disso, serei informado sobre os resultados encontrados na pesquisa.

**Retirada do consentimento:** terei a liberdade de retirar meu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, não acarretando em prejuízo ou perda de meus direitos.

**Confiabilidade:** terei direito à privacidade, minha identidade (nomes e sobrenomes) não serão divulgados. Porém, assinarei o termo de consentimento para que os resultados obtidos possam ser apresentados em congressos e publicações. Fui informado de que não receberei qualquer tipo de auxílio financeiro para participar da pesquisa.

**Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ **Assinatura do voluntário:** \_\_\_\_\_

**Nome do pesquisador:** \_\_\_\_\_

**Assinatura do pesquisador:** \_\_\_\_\_

### ANEXO 3: FICHA DE AVALIAÇÃO DO VOLUNTÁRIO

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

#### 1) Identificação:

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ anos

Endereço: \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

#### 2) Hábitos de vida:

Sono: ( ) Reparador ( ) Não reparador

( ) Não fumante ( ) Fumante \_\_\_\_\_ maços/dia

( ) Ex- fumante: a quanto tempo parou de fumar? \_\_\_\_\_

( ) Etilista ( ) Não Quais bebidas em uso? \_\_\_\_\_

Quantidade \_\_\_\_\_ Freqüência \_\_\_\_\_

Bebe café ou chá: \_\_\_\_\_ /dia

Já foi atleta? Sim ( ) Não ( )

Há quanto tempo: \_\_\_\_\_ Qual a modalidade: \_\_\_\_\_

Pratica exercício físico de forma regular? ( ) Sim ( ) Não

Qual modalidade? \_\_\_\_\_

Quantas vezes por semana? \_\_\_\_\_ Qual a duração por dia? \_\_\_\_\_

Qual a intensidade? (Borg) \_\_\_\_\_ A quanto tempo? \_\_\_\_\_

#### 3) Fator de risco para Doença Arterial Coronariana:

HAS: ( ) Sim ( ) Não Há quanto tempo diagnosticada? \_\_\_\_\_

Diabetes: ( ) Sim ( ) Não Insulino-dependente? ( ) Sim ( ) Não

Obesidade: Peso \_\_\_\_\_ Kg Altura \_\_\_\_\_ m IMC: \_\_\_\_\_ Kg/m<sup>2</sup>

Dislipidemia: ( ) Sim ( ) Não Possui exame: ( ) Sim ( ) Não Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Resultados: CT: \_\_\_\_\_ mg/dl HDL: \_\_\_\_\_ mg/dl LDL: \_\_\_\_\_ mg/dl TG: \_\_\_\_\_ mg/dl

Estresse: ( ) Sim ( ) Não

**4) Sintomas relacionados a alterações no sistema cardiovascular**

Lipotimia: ( ) Sim ( ) Não Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Síncope: ( ) Sim ( ) Não Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Palpitação: ( ) Sim ( ) Não Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Dor precordial: ( ) Sim ( ) Não Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Dispnéia : ( ) Sim ( ) Não Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

**5) Alguma doença no sistema cardiovascular?**

( ) Sim ( ) Não

Qual (is)? \_\_\_\_\_

**6)HPP:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**7) Medicação em uso:**

Nome: \_\_\_\_\_ Concentração: \_\_\_\_\_ Posologia: \_\_\_\_\_

**8) Exame físico:**

Dor: ( ) Sim ( ) Não

ADM diminuída articulação: \_\_\_\_\_

Encurtamento muscular: musculatura: \_\_\_\_\_

**9) Sinais vitais:**

FC: \_\_\_\_\_ bpm PA: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ mmHg FR: \_\_\_\_\_ irpm

**10) O voluntário está apto a participar do estudo?**

( ) Sim ( ) Não Justificativa: \_\_\_\_\_

ANEXO 4: DADOS QUANTITATIVOS DA ANÁLISE DA VFC DE REPOUSO NA AMOSTRA ESTUDADA

<b>Análise dos parâmetros da VFC (valores descritos como média ± desvio-padrão)</b>							
<b>Grupo experimental</b>	<b>N</b>	<b>Ln(SDNN) (ms)</b>	<b>Ln(RMSSD) (ms)</b>	<b>Ln(LF) (ms<sup>2</sup>)</b>	<b>Ln(HF) (ms<sup>2</sup>)</b>	<b>Ln(LF/HF)</b>	
<b>Respiração Espontânea</b>							
<b>20-30</b>	<b>AB</b>	11	4,17 ± 0,37	4,00 ± 0,57	7,01 ± 0,69	6,64 ± 0,83	0,37 ± 0,71
	<b>AR</b>	12	4,08 ± 0,29	3,92 ± 0,37	6,70 ± 0,72	6,70 ± 0,83	-0,01 ± 0,53
<b>40-60</b>	<b>AB</b>	13	3,64 ± 0,57 <sup>*</sup>	3,24 ± 0,7 <sup>**</sup>	6,24 ± 1,11	5,18 ± 1,37 <sup>**</sup>	1,06 ± 0,84 <sup>*</sup>
	<b>AR</b>	14	3,61 ± 0,44 <sup>*</sup>	3,07 ± 0,66 <sup>***</sup>	5,96 ± 0,99 <sup>*</sup>	4,59 ± 1,18 <sup>***</sup>	1,19 ± 0,66 <sup>***</sup>
<b>Respiração controlada</b>							
<b>20-30</b>	<b>AB</b>	11	4,04 ± 0,42	3,97 ± 0,56	6,19 ± 0,70	7,36 ± 1,23	-1,19 ± 1,03
	<b>AR</b>	12	4,24 ± 0,31	4,19 ± 0,41	6,44 ± 0,76	7,76 ± 0,65	-1,34 ± 0,72
<b>40-60</b>	<b>AB</b>	13	3,58 ± 0,42 <sup>*</sup>	3,30 ± 0,66 <sup>*</sup>	5,45 ± 1,11	5,53 ± 1,10 <sup>**</sup>	-0,27 ± 0,86 <sup>*</sup>
	<b>AR</b>	14	3,73 ± 0,49 <sup>**</sup>	3,52 ± 0,67 <sup>**</sup>	5,42 ± 1,15 <sup>*</sup>	6,23 ± 1,30 <sup>**</sup>	-0,83 ± 0,72

\* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\*p < 0,001 entre grupos de mesma aptidão aeróbia submáxima (boa (AB) – faixas escuras ou ruim (AR) – faixas claras), porém de diferentes faixas etárias.

N – tamanho amostral.