



## Recuperação da Frequência Cardíaca após Teste de Esforço em Esteira Ergométrica e Variabilidade da Frequência Cardíaca em 24 Horas em Indivíduos Sadios

*Heart Rate Recovery after Treadmill Electrocardiographic Exercise Stress Test and 24-Hour Heart Rate Variability in Healthy Individuals*

Ivana Antelmi, Eliseu Yung Chuang, Cesar José Grupi, Maria do Rosário Dias de Oliveira Latorre, Alfredo José Mansur

Instituto do Coração - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP - Brasil

### Resumo

**Fundamento:** A recuperação da frequência cardíaca após o eletrocardiograma de esforço em esteira ergométrica é modulada pelo sistema nervoso autônomo. A análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) pode fornecer informações valiosas sobre o controle do sistema nervoso autônomo sobre o sistema cardiovascular.

**Objetivo:** O objetivo deste estudo foi testar a hipótese de associação entre a recuperação da frequência cardíaca após teste de esforço em esteira ergométrica e a variabilidade da frequência cardíaca.

**Métodos:** Foram estudados 485 indivíduos sem evidência de cardiopatia com média de idade de  $42 \pm 12,1$  (faixa etária de 15 a 82) anos, 281 (57,9%) dos quais do sexo feminino, submetidos a um teste de esforço em esteira ergométrica e avaliação da VFC nos domínios do tempo (SDNN, SDANN, SDNNi, rMSSD e pNN50) e da frequência (LF, HF, VLF e razão LF/HF) durante monitoramento eletrocardiográfico ambulatorial de 24 horas.

**Resultados:** A recuperação da frequência cardíaca foi de  $30 \pm 12$  batimentos no 1º minuto e  $52 \pm 13$  batimentos no 2º minuto após o exercício. Os indivíduos mais jovens de recuperaram mais rápido do 2º ao 5º minuto após o exercício ( $r = 0,19-0,35$ ,  $P < 0,05$ ). As mulheres se recuperaram mais rápido que os homens ( $4 \pm 1,1$  batimentos a menos no 1º minuto,  $p < 0,001$ ;  $5,7 \pm 1,2$  batimentos a menos no 2º minuto,  $p < 0,01$ ; e  $4,1 \pm 1,1$  batimentos a menos no 3º minuto,  $p < 0,001$ ). Não houve correlação significativa entre a recuperação da frequência cardíaca e a VFC no 1º e 2º minutos após o exercício. Os índices SDNN, SDANN, SDNNi, rMSSD e pNN50 só apresentaram uma correlação significativa com a recuperação da frequência cardíaca no 3º e 4º minutos.

**Conclusão:** A hipótese de associação entre recuperação da frequência cardíaca e VFC em 24 horas nos primeiros dois minutos após o exercício não foi comprovada neste estudo. A recuperação da frequência cardíaca foi associada com idade e sexo. (Arq Bras Cardiol 2008; 90(6): 413-418)

**Palavras-chave:** Frequência cardíaca, recuperação da frequência cardíaca, exercício, teste de esforço.

### Summary

**Background:** Heart rate recovery after treadmill electrocardiographic exercise stress test is modulated by the autonomic nervous system. Analysis of heart rate variability can provide useful information about autonomic control of the cardiovascular system.

**Objective:** The aim of the study was to test the hypothesis of association between heart recovery after treadmill electrocardiographic exercise test and heart rate variability.

**Methods:** We studied 485 healthy individuals aged  $42 \pm 12.1$  (range 15-82) years, 281 (57.9%) women, submitted to treadmill electrocardiographic exercise stress tests and heart rate variability evaluations over time (SDNN, SDANN, SDNNi, rMSSD, pNN50) and frequency (LF, HF, VLF, LF/HF ratio) domains in 24-hour ambulatory electrocardiographic monitoring.

**Results:** Heart rate recovery was  $30 \pm 12$  beats in the 1<sup>st</sup> minute and  $52 \pm 13$  beats in the 2<sup>nd</sup> minute after exercise. Younger individuals recovered faster from the 2<sup>nd</sup> to the 5<sup>th</sup> minute after exercise ( $r = 0.19-0.35$ ,  $P < 0.05$ ). Recovery was faster in women than in men ( $4 \pm 1.1$  beats lower in the 1<sup>st</sup> minute,  $p < 0.001$ ;  $5.7 \pm 1.2$  beats lower in the 2<sup>nd</sup> minute,  $p < 0.01$ ;  $4.1 \pm 1.1$  beats lower in the 3<sup>rd</sup> minute,  $p < 0.001$ ). There was no significant correlation between heart rate recovery and heart rate variability in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> minutes after exercise. SDNN, SDANN, SDNNi, rMSSD, and pNN50 indices demonstrated a significant correlation with heart rate recovery only at the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> minutes.

**Conclusion:** The hypothesis of association between heart rate recovery and 24-hour heart rate variability in the first two minutes after exercise was not substantiated in this study. Heart rate recovery after exercise was associated with age and gender. (Arq Bras Cardiol 2008; 90(6): 380-385)

**Key words:** Heart rate, variability; exercise; exercise test.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Ivana Antelmi •

Rua Belgrado, 199 - Vila Moinho Velho - 04285-040, São Paulo, SP - Brasil

E-mail: [iantelmi@cardiol.br](mailto:iantelmi@cardiol.br)

Artigo recebido em 28/07/07; revisado recebido em 21/09/07; aceito em 21/11/07.

## Introdução

Estudos recentes demonstraram que a diminuição da recuperação da frequência cardíaca (FC) após o exercício está associada com prognóstico menos favorável no acompanhamento dos pacientes. Em um estudo realizado entre setembro de 1990 e dezembro de 1993 com 2.428 indivíduos adultos encaminhados após um primeiro teste ergométrico limitado pelos sintomas e a tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT) associada à cintilografia com tâlio, uma redução de 12 batimentos ou menos no 1º minuto de recuperação em relação à FC no pico de exercício foi associada com maior mortalidade dos pacientes no acompanhamento (risco relativo ajustado igual a 2; intervalo de confiança de 95% 1,5 a 2,7;  $p < 0,001$ )<sup>1</sup>. Em outro estudo, que avaliou 9.454 pacientes consecutivos encaminhados para teste de esforço em esteira ergométrica, a recuperação da frequência cardíaca  $< 12$  batimentos por minuto no 1º minuto após o exercício foi associada com maior mortalidade dos pacientes no acompanhamento (5% vs. 1%; coeficiente de risco 4,26; intervalo de confiança de 95% 2,65-6,68;  $P < 0,001$ )<sup>2</sup>. Em outro estudo, ainda, realizado com 2.193 pacientes encaminhados para teste esforço em esteira ergométrica para avaliação de dor torácica, uma recuperação da frequência cardíaca inferior a 22 batimentos por minuto no 2º minuto após o exercício foi significativamente associada com maior mortalidade (coeficiente de risco 2,6; intervalo de confiança de 95% 2,4-2,8;  $P < 0,05$ )<sup>3</sup>.

As amostras desses estudos eram compostas por pacientes encaminhados para teste de esforço em esteira ergométrica por indicações clínicas<sup>1-3</sup>, inclusive pacientes encaminhados para coronariografia<sup>1-3</sup>. Existem alguns relatos recentes de padrões de recuperação da frequência cardíaca após o exercício em pacientes sem qualquer evidência de cardiopatia após exame clínico minucioso.

A recuperação da frequência cardíaca imediatamente após o exercício é considerada uma função da reativação na modulação da atividade parassimpática e uma redução na modulação da atividade simpática que costuma ocorrer durante os primeiros 30 segundos após o exercício<sup>4</sup>. Anormalidades na modulação da atividade parassimpática foram apontadas como uma possível ligação fisiopatológica com a associação entre diminuição da frequência cardíaca na recuperação após o teste de esforço em esteira ergométrica e maior mortalidade dos pacientes no período de acompanhamento<sup>2</sup>. Por esse motivo, nesses casos é preciso estudar a fisiologia do sistema nervoso autônomo.

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) no domínio do tempo e da frequência é um valioso instrumento não-invasivo para a avaliação da fisiologia do sistema nervoso autônomo<sup>5</sup>. A análise da VFC no domínio do tempo é feita por meio de índices desenvolvidos por métodos estatísticos para a variação das diferenças entre intervalos RR sucessivos. A análise da VFC no domínio da frequência é feita por meio de análise espectral, estando o componente de alta frequência (HF) relacionado com respiração. O componente de alta frequência (HF) é mediado, sobretudo, pela atividade vagal, enquanto o componente de baixa frequência (LF) representa predominantemente a modulação simpática<sup>6,7</sup>.

Tivemos a oportunidade de avaliar uma amostra de indivíduos saudáveis assintomáticos sem qualquer evidência de cardiopatia após exames clínicos e laboratoriais minuciosos.

Levantamos a hipótese de que diferentes taxas de recuperação da frequência cardíaca após teste de esforço em esteira ergométrica estariam associadas com índices distintos de variabilidade cardíaca em homens e mulheres saudáveis de diversas idades como uma expressão do equilíbrio entre a modulação simpática e parassimpática. Especificamente, testamos a hipótese de que indivíduos com índices mais elevados de atividade parassimpática teriam uma taxa mais alta de recuperação da frequência cardíaca após teste de esforço em esteira ergométrica.

O objetivo deste estudo foi avaliar a associação entre os índices de VFC, obtidos por meio de monitorização eletrocardiográfica ambulatorial de 24 horas, e a recuperação da frequência cardíaca após teste ergométrico em esteira em uma grande amostra de indivíduos sem nenhuma evidência de cardiopatia após exames clínicos e laboratoriais minuciosos.

## Métodos

### Protocolo do estudo

Uma coorte de indivíduos assintomáticos e sem evidência de cardiopatia após exames clínicos e laboratoriais minuciosos foi estabelecida no Ambulatório Geral de um hospital universitário terciário que também presta atendimento primário e secundário (exame cardiovascular, segundo parecer e avaliação cardíaca pré-operatória)

A avaliação incluiu exame clínico detalhado, eletrocardiograma de 12 derivações e radiografia do tórax. Os indivíduos assintomáticos, com exame clínico, eletrocardiograma e radiografia de tórax normais, foram considerados elegíveis e convidados a participar do estudo. Depois de assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido, os participantes foram submetidos a exames laboratoriais, teste de esforço em esteira, ecocardiograma transtorácico bidimensional com Doppler e Holter de 24 horas. Os exames laboratoriais incluíram glicemia de jejum, colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL-colesterol), lipoproteína de baixa densidade (LDL-colesterol), triglicérides, ácido úrico, hormônio estimulador da tireóide (TSH) e creatinina.

### Critérios de inclusão

Foram incluídos no estudo homens e mulheres assintomáticos com mais de 15 anos de idade que apresentaram exame clínico, eletrocardiograma, radiografia do tórax, ecocardiograma e teste ergométrico normais.

### Critérios de exclusão

Foram excluídos indivíduos com antecedente de doença cardiovascular prévia, hipertensão sistêmica, diabetes melito, TSH  $< 0,05$  ou  $> 8$  mg/dl, doença pulmonar obstrutiva crônica, insuficiência renal, doenças inflamatórias crônicas, doenças osteoarticulares, anemia crônica ou neoplasia e resultados anormais no eletrocardiograma de 12 derivações em repouso, ecocardiograma ou teste ergométrico.

### Amostra do estudo

Quatrocentos e oitenta e cinco indivíduos entre 15 e 82 anos (média de 42 anos, desvio-padrão de 12) foram considerados aptos a participar do estudo, sendo 204 (42,1%) homens e 281 (57,9%) mulheres. As características clínicas, demográficas e laboratoriais da amostra do estudo são apresentadas na Tabela 1.

### Teste ergométrico em esteira

Os testes ergométricos foram realizados no aparelho Fukuda Denshi MI 8000 Star de acordo com o protocolo de Bruce/Ellestad. A frequência cardíaca máxima prevista foi calculada por meio da fórmula 220 - idade. Os indivíduos foram estimulados a se exercitar até sentirem sintomas limitantes, mesmo que fosse atingida 85% da frequência cardíaca máxima prevista. O critério de interrupção do exercício era exaustão física ou frequência cardíaca máxima acima da esperada para a idade. Em cada estágio do exercício e da fase de recuperação eram registrados a pressão arterial, a frequência cardíaca e o gasto energético em equivalentes metabólicos (METS). Após o pico do exercício, os indivíduos caminhavam durante um período de desaquecimento de dois minutos a uma velocidade de 2,4 km/hora e grau de inclinação de 2,5%. A frequência cardíaca era medida a cada minuto de exercício, no pico do exercício e nos 1, 2, 3, 4 e 5 minutos da recuperação com o paciente em pé. A recuperação da frequência cardíaca foi definida como a frequência cardíaca máxima atingida menos a frequência cardíaca em um período especificado na recuperação, e representava a queda da frequência cardíaca durante esse intervalo de tempo. Os testes ergométricos foram realizados, analisados e relatados com base em um protocolo convencional

com utilização de um banco de dados computadorizado.

### Variabilidade da frequência cardíaca

Todos os indivíduos foram submetidos ao registro eletrocardiográfico de 24 horas. O tempo médio de gravação das fitas de Holter foi de  $22,6 \pm 1$  hora. Todos os registros foram obtidos com gravadores portáteis Marquette 8000 e processados pelo equipamento Marquette MARS 8000, com amostragem de 125 Hz, com emprego do programa MARS, versão 4.0 (Milwaukee, Wisconsin). Cada batimento era classificado e rotulado com relação ao local de origem por meio de técnicas de comparação de padrões ("template-matching"). O programa elimina um intervalo RR antes e dois intervalos RR depois de cada batimento não-sinusal. Um observador experiente revisava e corrigia manualmente todos os traçados. Os registros cujos batimentos não-sinusais representavam mais de 2% do número total de batimentos eram excluídos. Algoritmos correspondentes fornecidos pelo fabricante foram usados na análise da VFC. Os seguintes índices de domínio no tempo foram estudados: desvio-padrão de todos os intervalos RR normais durante 24 horas (SDNN); desvio-padrão das médias dos intervalos RR normais em todos os segmentos de cinco minutos (SDANN); médias dos desvios-padrão dos intervalos RR normais em todos os segmentos de cinco minutos (SDNNi); raiz quadrada média da diferença entre os intervalos RR normais sucessivos (rMSSD); e porcentagem de intervalos RR normais sucessivos  $> 50$  ms (pNN50). No domínio de frequência (Transformada rápida de Fourier), os seguintes índices foram comparados: muito baixa frequência (VLF) de 0,0003 a 0,04 Hz, baixa frequência (LF) de 0,04 a 0,15 Hz, alta frequência (HF) de 0,15 a 0,40 Hz e razão LF/HF.

Tabela 1 - Características clínicas iniciais dos 485 participantes\*

	Média	Desvio-padrão
Idade	42	12,1
Peso (kg)	70,1	13,6
Altura (cm)	163,9	8,8
Índice de massa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	26	4,4
Frequência cardíaca (bpm)	69,1	7,6
Pressão arterial sistólica (mmHg)	122,6	10,8
Pressão arterial diastólica (mmHg)	77,8	6,6
Hemoglobina (g/dl)	14,1	1,4
Hematócrito (%)	42,1	4
TSH (IU/ml)	1,9	1,0
Glicemia (mg/dl)	90,8	9,9
Colesterol sérico (total) (mg/dl)	190,0	36,0
Colesterol HDL (mg/dl)	51,9	30,0
Colesterol LDL (mg/dl)	119,1	33,0
Colesterol VLDL (mg/dl)	23,6	18,7
Triglicérides (mg/dl)	112,9	71,1
Creatinina (mg/dl)	0,8	0,1

\* 204 (42,1 %) homens e 281 (57,9 %) mulheres.

### Análise estatística

Após análise estatística descritiva, a associação entre recuperação da frequência cardíaca, idade, sexo e índices de variabilidade da frequência cardíaca foi avaliada por meio da correlação de Pearson e de regressão linear múltipla. Valores de  $p < 0,05$  foram considerados estatisticamente significantes.

### Aspectos de natureza ética

O protocolo do estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisas com Seres Humanos do Hospital, e todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

## Resultados

### Recuperação da frequência cardíaca

A recuperação da frequência cardíaca após o exercício foi mais pronunciada nos dois primeiros minutos após o término do esforço. A média de redução da frequência cardíaca foi de 30,8 (desvio-padrão de 12,1) batimentos no primeiro minuto e de 52 (desvio-padrão de 13,4) batimentos no segundo minuto. A tabela 2 apresenta a queda da frequência cardíaca nos primeiros 5 minutos da recuperação. A frequência cardíaca geralmente não retornava aos níveis iniciais anteriores ao exercício após os 5 minutos da recuperação.

**Tabela 2 - Recuperação da frequência cardíaca após o exercício em relação à frequência cardíaca máxima durante o exercício na posição ortostática**

Recuperação da frequência cardíaca	n*	Batimentos por minuto (média)	Desvio-padrão
1º minuto	437	30,8	12,1
2º minuto	481	52	13,4
3º minuto	473	63	12,7
4º minuto	392	67,8	12,2
5º minuto	153	68	12,7

\* Número de indivíduos com registro da taxa de recuperação.

Os indivíduos que apresentaram maior aumento da frequência cardíaca durante o exercício mostraram uma taxa de recuperação mais rápida do segundo ao quinto minuto após o exercício ( $r = 0,16, 0,36, 0,48$   $P < 0,05$ , no 2º, 3º e 4º minutos, respectivamente). Essa relação não foi observada no primeiro minuto após o exercício, mesmo depois do ajuste por idade. A frequência cardíaca em repouso foi significativamente correlacionada com a recuperação da frequência cardíaca no 4º e 5º minutos após o exercício ( $r = 0,2, P < 0,05$ ).

#### Recuperação da frequência cardíaca em relação à idade e ao sexo

A recuperação da frequência cardíaca apresentou uma correlação estatisticamente significativa com a idade. Os indivíduos mais novos apresentaram uma recuperação da frequência cardíaca mais rápida, quando comparados com os indivíduos mais velhos, observada do 2º ao 5º minutos após o exercício ( $r = 0,19-0,35$   $P < 0,05$ ). A recuperação da frequência cardíaca foi mais rápida nas mulheres do que nos homens:

$4 \pm 1,1$  ( $< 0,05$ ) batimentos no 1º minuto,  $5,7 \pm 1,2$  ( $p < 0,05$ ) batimentos no 2º minuto e  $4,1 \pm 1,1$  ( $p < 0,05$ ) batimentos no 3º minuto. A diferença na recuperação da frequência cardíaca entre homens e mulheres no 4º minuto após o exercício não foi estatisticamente significativa (Figura 1).

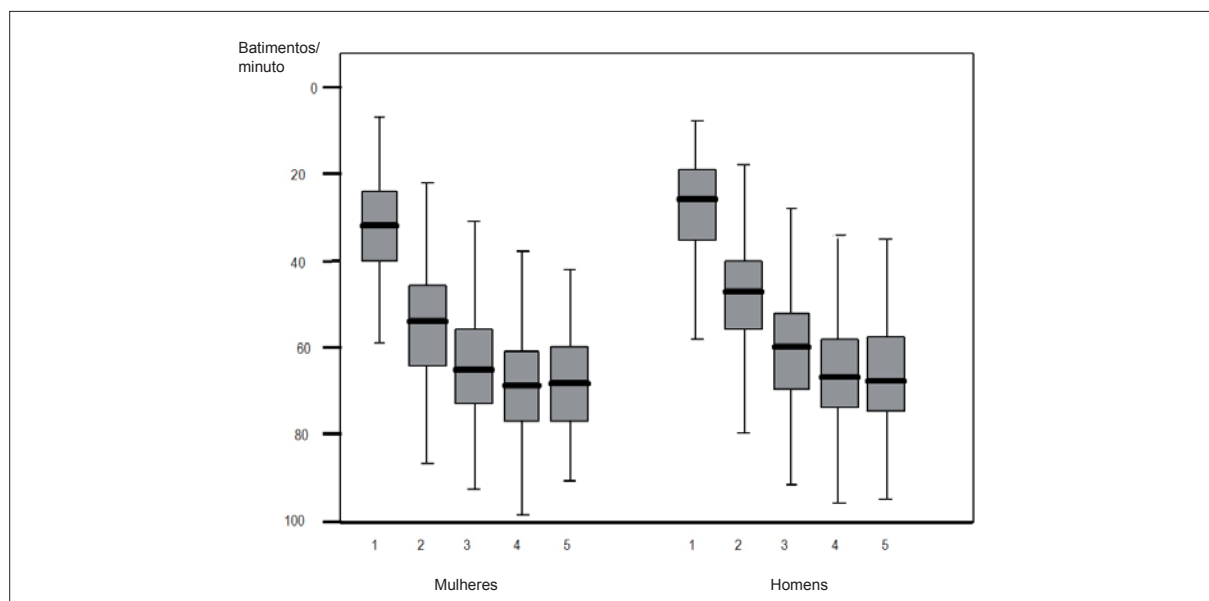
#### Recuperação da frequência cardíaca em relação à variabilidade da frequência cardíaca

Não houve associação entre a recuperação da frequência cardíaca após o exercício e a variabilidade da frequência cardíaca observada no 1º e 2º minutos após o exercício, na análise no domínio do tempo e da frequência.

Em relação à variabilidade da frequência cardíaca na análise no domínio do tempo, observou-se associação entre recuperação da frequência cardíaca após o exercício e os índices SDNN, SDANN, SDNNi, rMSSD, e pNN50 no 3º e 4º minutos após o exercício (Tabela 3). As correlações não foram estatisticamente significantes para o 5º minuto de recuperação após o exercício.

Em relação à variabilidade da frequência cardíaca na análise no domínio da frequência, observou-se associação entre recuperação da frequência cardíaca após o exercício e o índice de muito baixa frequência (VLF) no 3º e 4º minutos após o exercício. Não houve correlação significativa entre os índices de alta frequência (HF) e razão baixa frequência/alta frequência (LF/HF) em nenhum minuto da recuperação (Tabela 3). A correlação mais forte entre recuperação da frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca foi observada no 4º minuto de recuperação para os índices de LF.

Após o ajuste para a idade e sexo na análise de regressão múltipla, a correlação entre SDNN e recuperação da frequência cardíaca no 3º e 4º minutos após o exercício permaneceu estatisticamente significativa.



**Fig. 1 - Representação gráfica da distribuição (intervalo interquartil entre o primeiro e o terceiro quartil, média) da recuperação da frequência cardíaca do 1º ao 5º minuto de recuperação em mulheres ( $n = 281, 57,9\%$ ) e homens ( $n = 204, 42,1\%$ ).**

**Tabela 3 - Associações entre recuperação da frequência cardíaca e os índices de VFC na monitorização eletrocardiográfica ambulatorial de 24 horas**

	1º minuto r(p)	2º minuto r(p)	3º minuto r(p)	4º minuto r(p)	5º minuto r(p)
SDNN (ms)	0,04 (0,39)	0,06 (0,14)	0,12 (<0,05)	0,15 (<0,05)	0,13 (0,09)
SDANN (ms)	0,01 (0,72)	0,07 (0,08)	0,12 (<0,05)	0,16 (<0,05)	0,12 (0,12)
SDNNi (ms)	0,00 (0,99)	0,08 (0,05)	0,15 (<0,05)	0,22 (<0,05)	0,13 (0,09)
rMSSD	0,04 (0,92)	0,06 (0,15)	0,11 (<0,05)	0,18 (<0,05)	0,08 (0,27)
pNN50 (%)	0,06 (0,90)	0,07 (0,12)	0,11 (<0,05)	0,18 (<0,05)	0,18 (<0,05)
HF (Hz)	0,01 (0,80)	0,02 (0,62)	0,04 (0,32)	0,08 (0,11)	0,06 (0,11)
LF (Hz)	0,04 (0,36)	0,00 (0,90)	0,07 (0,10)	0,10 (<0,05)	0,07 (0,36)
VLF (Hz)	0,05 (0,26)	0,02 (0,72)	0,16 (<0,05)	0,20 (<0,05)	0,16 (<0,05)

## Discussão

Estudamos a recuperação da frequência cardíaca após o exercício em uma amostra composta por homens e mulheres sem evidência de cardiopatia após avaliação clínica e laboratorial minuciosa. Essa é uma característica interessante da população deste estudo, uma vez que estudos anteriores incluíram cardiopatas e não-cardiopatas<sup>8,9</sup>, desde indivíduos normais até portadores de quadros patológicos com vários graus de gravidade. Outros estudos importantes incluíram apenas homens<sup>10-12</sup>. Nossa amostra era constituída por indivíduos sedentários, não-atletas, com consumo máximo de oxigênio no teste de esforço em esteira ergométrica inferior a 44,9 mL/kg/min<sup>13</sup>.

Os valores médios da recuperação da frequência cardíaca após o exercício foram mais elevados na nossa amostra, quando comparados a estudos prévios publicados<sup>1-3</sup> que correlacionaram a recuperação da frequência cardíaca após esforço a um prognóstico cardiovascular. É importante observar também que, neste estudo, a taxa de redução da frequência cardíaca após o exercício diferiu entre o sexo masculino e o sexo feminino, apresentando o sexo feminino uma redução mais acentuada da frequência cardíaca nos primeiros 3 minutos da recuperação. Essa diferença na redução da frequência cardíaca em relação ao sexo não foi abordada em estudos anteriores realizados com homens e mulheres<sup>1,2</sup>. Esse achado pode estar relacionado com a sugestão anterior de maior modulação da atividade parassimpática em mulheres do que em homens, de acordo com estudos sobre variabilidade da frequência cardíaca<sup>13-16</sup>. Além disso, sabe-se que, durante o exercício, as mulheres têm menos condicionamento cardiorrespiratório, maior débito cardíaco com cargas comparáveis e menor volume sistólico, o que faz com que o equilíbrio entre a demanda e a oferta de O<sub>2</sub> seja obtido por meio de um aumento na frequência cardíaca<sup>17-19</sup>. Demonstrou-se que a capacidade aeróbica de mulheres sedentárias na fase da menopausa era inferior à de homens na mesma faixa etária<sup>20</sup>. Pode ser que essas bases fisiológicas estivessem em ação nos nossos achados.

A taxa de recuperação da frequência cardíaca após o exercício também foi modulada pela idade, como constataram outros autores. A frequência cardíaca máxima e o débito cardíaco foram mais baixos em indivíduos mais velhos, em parte por causa da menor resposta beta-adrenérgica<sup>21</sup> e em parte por causa da menor carga de exercício atingida. Cinquenta por

cento do aumento na frequência cardíaca pode ser atribuído à estimulação simpática, principalmente estimulação beta-adrenérgica, e às catecolaminas circulantes.

Não observamos uma relação entre os índices de variabilidade da frequência cardíaca em monitorização ambulatorial de 24 horas e a recuperação da frequência cardíaca nos dois primeiros minutos após o teste ergométrico em esteira, período no qual a atividade parassimpática constitui o principal determinante da redução dos batimentos cardíacos. Nossos dados mostraram que a recuperação da frequência cardíaca após o exercício não estava relacionada com o componente de alta frequência (HF), que é considerado um índice predominantemente parassimpático. Além disso, índices do domínio do tempo modulados também predominantemente por estímulos parassimpáticos, como rMSSD e pNN50, não revelaram uma associação com a recuperação da frequência cardíaca nos dois primeiros minutos, apenas a partir do 3º e 4º minutos após o exercício. Surpreendentemente, os índices SDNN, SDANN e SDNNi, que sofrem influências simpáticas e parassimpáticas, também foram associados com a recuperação da frequência cardíaca no 3º e 4º minutos. Esse foi um achado inesperado, pois os índices HF, rMSSD e o pNN50 são mais influenciados pelo tônus vagal, como foi demonstrado em estudos controlados com atropina em registros de cinco minutos<sup>16</sup>. As condições do registro de 24 horas da análise da variabilidade da frequência cardíaca podem ter influenciado esse achado. Em um estudo recente realizado com 70 homens com mais de 70 anos de idade<sup>12</sup>, não foi observada relação significativa entre a recuperação da frequência cardíaca e os índices rMSSD, pNN50, HF e a razão LF/HF, mas apenas com o índice LH no primeiro minuto de recuperação após o exercício.

Nosso estudo tem algumas limitações a serem consideradas. A recuperação da frequência cardíaca após o exercício foi avaliada durante um procedimento de desaquecimento "cool down" (primeiros dois minutos com velocidade de 2,4 km e grau de inclinação de 2,5%). Não se sabe ao certo o impacto exercido pelo tipo de protocolo e o período de desaquecimento sobre a recuperação da frequência cardíaca após o exercício, e ainda não foram padronizados protocolos de recuperação na prática clínica. Sem um protocolo de desaquecimento, as diferenças podem variar com a cessação imediata do exercício e retomada da posição ortostática<sup>20</sup>.

## Conclusão

Concluindo, a recuperação da frequência cardíaca após o exercício foi associada com a idade e o sexo. Indivíduos mais novos apresentaram uma recuperação da frequência cardíaca após o esforço mais rápida observada entre o segundo e quinto minutos após o exercício, e a recuperação da frequência cardíaca também foi mais rápida no sexo feminino. A hipótese de associação entre recuperação da frequência cardíaca e os índices de variabilidade da frequência cardíaca analisados em monitorização de 24 horas nos primeiros dois minutos após o exercício não foi comprovada neste estudo. Só houve associação entre recuperação da frequência cardíaca e os índices desvio-padrão de todos os intervalos RR normais durante 24 horas (SDNN); desvio-padrão das médias dos intervalos RR em ritmo sinusal normal durante todos os segmentos de cinco minutos (SDANN); médias dos desvio-padrão de todos os intervalos RR normais em todos os segmentos de cinco minutos (SDNNi); raiz quadrada média da diferença entre os intervalos RR normais sucessivos (rMSSD); e porcentagem

de intervalos RR normais sucessivos  $> 50$  ms (pNN50) no 3º e 4º minutos após o exercício.

Nossos dados contribuem para a análise da recuperação da frequência cardíaca nos primeiros cinco minutos após o exercício em indivíduos sem evidência de cardiopatia após avaliação clínica e laboratorial minuciosa. Esse achado pode ser valioso para futuros estudos nesta área.

## Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

## Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

## Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de doutorado de Ivana Antelmi pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

## Referências

1. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999; 341: 1351-7.
2. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow F, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA*. 2000; 284: 1392-8.
3. Shelter K, Marcus R, Frolicher VF, Vera S, Chalkiest D, Parakeet M, et al. Heart rate recovery: validation and methodology issues. *J Am Coll Cardiol*. 2001; 38: 1980-7.
4. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vaguely mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in-patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1994; 24: 1529-35.
5. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996; 93 (5):1043-65.
6. Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*. 1981; 213 (4504): 220-2.
7. Pomeranz B, Macaulay RJ, Caudill MA, Kutz I, Adam D, Gordon D, et al. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *Am J Physiol*. 1985; 248 (1 Pt 2): H151-3.
8. Cole CR, Food JM, Blackstone EH, Laver MS. Heart rate recovery after suboptimal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascular healthy cohort. *Ann Intern Med*. 2000; 132: 552-5.
9. Watanabe J, Thamilarasan M, Blackstone EH, Thomas JD, Laver MS. Heart rate recovery immediately after treadmill exercise and left ventricular systolic dysfunction as predictors of mortality: the case of stress echocardiography. *Circulation*. 2001; 104: 1911-6.
10. Lipinski MJ, Vetrovec GW, Froelicher VF. Importance of the first two minutes of heart rate recovery after exercise treadmill testing in predicting mortality and the presence of coronary artery disease in men. *Am J Cardiol*. 2004; 93: 445-9.
11. Linder L, Andren B. Heart rate recovery after exercise is related to the insulin resistance syndrome and heart rate variability in elderly men. *Am Heart J*. 2002; 144: 666-72.
12. Javorka M, Zila I, Balharek T, Javorka K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res*. 2002; 35: 991-1000.
13. Antelmi I, DePaula RS, Shinzato AR, Peres CA, Mansur AJ, Grupi CJ. 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*. 2004; 93: 445-50.
14. Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol*. 1989; 256: 132-41.
15. Bigger JT, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Kleiger RE, Rottman JN. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. *Circulation*. 1992; 85: 164-71.
16. Kuo TBJ, Lin T, Yang CCH, Li CL, Chen CC, Chou P. Effects of aging on gender differences in neural control of heart rate. *Am J Physiol*. 1999; 277: 2233-9.
17. Ryan SM, Goldberg AL, Pincus SM, Mietsus J, Lipsitz LA. Gender and age related differences in heart rate dynamics: are women more complex than men? *J Am Coll Cardiol*. 1998; 5: 141-9.
18. Yamasaki Y, Kodama M, Matsuhisa M. Diurnal heart rate variability in healthy subjects: effects of aging and sex differences. *Am J Physiol*. 1996; 271: 303-10.
19. Froelicher V, Myers JN. Exercise and heart. Philadelphia: WB Saunders Company; 2000.
20. Gallo L Jr, Maciel BC, Marin Neto JA, Martins LEB, Lima Filho EC, Golfetti R, et al. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz J Med Biol Res*. 1995; 28: 1790-184.
21. Takahashi T, Okada A, Hayano J, Tamura T. Influence of cool-down exercise on autonomic control of heart rate during recovery from dynamic exercise. *Front Med Biol Eng*. 2002; 11: 249-59.