

Artigo  
Original

# Variabilidade da Frequência Cardíaca em um Teste de Exercício Verdadeiramente Máximo

# 7

Heart Rate Variability in a Truly Maximum Exercise Testing

Marcos Bezerra de Almeida, Djalma Rabelo Ricardo, Claudio Gil Soares de Araújo

Centro Universitário Uniabeu (RJ), Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora (MG),  
Universidade Gama Filho (RJ), CLINIMEX (RJ)

**Fundamentos:** O pico do exercício se caracteriza por uma grande redução da participação vagal e um concomitante aumento da atividade adrenérgica. Hipotetiza-se não haver variabilidade importante da frequência cardíaca (VFC) no domínio do tempo no pico do esforço.

**Objetivo:** Comparar a VFC no domínio do tempo em diferentes fases do teste de exercício máximo: repouso, limiar anaeróbico, pico do esforço e ao final do primeiro minuto da recuperação, identificando possíveis variações em função do gênero, condição aeróbica, condição clínica e da magnitude do índice vagal cardíaco nessas respostas da VFC.

**Métodos:** Foram revisados retrospectivamente 100 exames de indivíduos que atenderam aos seguintes critérios: a) indivíduos não-atletas com idade mínima de 18 anos; b) realização de teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE), em cicloergômetro de membros inferiores; c) ausência de doença arterial coronariana conhecida ou de síndrome metabólica; d) não uso de medicação de ação cronotrópica negativa; e) duração do teste entre 8 e 12 minutos. Foram considerados os cinco últimos intervalos RR (ms) dos minutos referentes a quatro momentos distintos do TCPE: a) repouso; b) limiar anaeróbico (LAN); c) pico do esforço; d) final do primeiro minuto da recuperação, sendo calculadas as somas em módulo das diferenças entre intervalos RR consecutivos. Em adendo, os dados foram analisados em função do gênero, condição clínica, condição aeróbica absoluta e relativa e índice vagal cardíaco (IVC), este medido pelo teste de exercício de 4 segundos.

**Resultados:** a ANOVA de dupla entrada não apresentou diferenças para a VFC entre o LAN e o pico do esforço ( $p=1,00$ ) e sem influência significativa de gênero ou das condições aeróbica e clínica. Quando os indivíduos foram classificados como vagotônicos ou hipotônicos

**Background:** Vagal activity and adrenergic stimulation are, respectively, considerably reduced and increased at peak exercise. We hypothesized that heart rate variability (HRV) in time domain is nearly absent at peak exercise.

**Aim:** to compare HRV in time domain in four different phases of maximal cardiopulmonary exercise test (CPET): rest, anaerobic threshold (AnT), peak exercise and 1-min recovery, identifying possible variations regarding gender, aerobic fitness, clinical status and the magnitude of cardiac vagal index (CVI).

**Methods:** We retrospectively reviewed 100 CPET results of subjects that matched the following inclusion criteria: a) non-athletes older than 18 years; b) maximum cycling CPET; c) absence of coronary artery disease or metabolic syndrome; d) no use of negative chronotropic medication; and e) test duration between 8 and 12 minutes. We considered the last 5 RR intervals (ms) of the minutes relative to those four phases of CPET and the sum of the differences between consecutive RR intervals: a) rest b) anaerobic threshold (AnT) c) effort peak d) first minute after recovery. In addition, data were analyzed according to gender, clinical status, absolute and relative aerobic fitness, and CVI, this being determined using the 4-second exercise test.

**Results:** Two-way ANOVA failed to show differences in HRV between AnT and peak exercise ( $p=1.00$ ), regardless of gender, aerobic fitness or clinical condition. When subjects were classified as low or high cardiac vagal tone by CVI, there were differences in HRV ( $p<0.001$ ).

**Conclusion:** HRV is not completely suppressed in a truly maximal exercise test, being kept in similar levels as those seen at AnT. In addition, subjects

pelo IVC, observou-se diferença na VFC ( $p < 0,001$ ).

**Conclusões:** A VFC não é completamente suprimida em um teste de exercício verdadeiramente máximo, sendo mantida em níveis semelhantes ao do momento do limiar anaeróbico. Em adendo, indivíduos com acentuada vagotonia pelo IVC mostraram maior VFC no pico do esforço.

**Palavras-chave:** Atividade vagal cardíaca, Variabilidade da frequência cardíaca, Exercício máximo, Limiar anaeróbico

O comportamento da frequência cardíaca (FC) tem sido amplamente utilizado para a análise tanto diagnóstica<sup>1,2</sup>, quanto prognóstica<sup>3-5</sup> de indivíduos com doença cardiovascular conhecida ou mesmo assintomáticos, assim como para a prescrição e o controle do treinamento físico. No entanto, as medidas mais frequentes de modulação da FC são realizadas na condição de repouso<sup>6,7</sup> ou nas transições entre repouso-exercício<sup>8,9</sup> e exercício-repouso<sup>3,10</sup>.

Os mecanismos autonômicos que controlam a resposta da FC no transiente inicial do exercício estão aparentemente bem descritos, sendo a inibição vagal a responsável exclusiva pelo aumento observado nos primeiros quatro segundos<sup>9</sup>. Por outro lado, muito embora ainda haja dúvidas quanto à participação de cada ramo do sistema nervoso autônomo no transiente final da FC após um exercício máximo, admite-se haver uma ação concomitante de ambos na queda da FC ao longo do primeiro minuto pós-esforço<sup>11,12</sup>.

Um outro aspecto importante diz respeito à modulação autonômica no pico do exercício. Nesse sentido, na tentativa de elucidar o mecanismo fisiológico desse controle, Ekblom et al.<sup>13</sup> demonstraram, a partir de bloqueio farmacológico seletivo, que parece não existir participação vagal no controle da FC no pico do esforço. Assim, sabendo-se que há uma progressiva diminuição da atividade vagal e uma maior descarga adrenérgica associada ao aumento da intensidade do exercício<sup>14</sup>, seria esperado que a variabilidade da FC (VFC) também fosse progressivamente reduzida ao longo do exercício, tendendo a ficar ausente no esforço máximo. Isso abre a interessante possibilidade teórica de caracterizar-se fisiologicamente um esforço como efetivamente máximo pela supressão da VFC vago-dependente.

O objetivo desse estudo foi comparar a VFC no domínio do tempo em diferentes fases do teste de exercício máximo: repouso, limiar anaeróbico, pico do esforço e ao final do primeiro minuto da recuperação, identificando possíveis efeitos de

with high cardiac vagal tone showed higher HRV indexes at a truly maximal exercise test.

**Key words:** Cardiac vagal activity, Heart rate variability, Maximum exercise, Anaerobic threshold

gênero, condição aeróbica, condição clínica e do índice vagal cardíaco (IVC) nessas respostas da VFC.

## Metodologia

### Amostra

Foram revisados retrospectivamente 100 exames consecutivos de indivíduos, realizados por um único avaliador em um mesmo laboratório (CLINIMEX, Rio de Janeiro, Brasil), que preencheram aos seguintes critérios de inclusão: a) indivíduos não-atletas, com idade mínima de 18 anos; b) realização de teste cardiopulmonar de exercício máximo, em cicloergômetro de membros inferiores; c) ausência de doença arterial coronariana conhecida ou síndrome metabólica; d) não uso de medicação de ação cronotrópica negativa; e) duração máxima do teste entre 8 e 12 minutos. Foram excluídos os testes em que houve interrupção precoce por quaisquer razões e ainda aqueles que apresentaram arritmias nos momentos selecionados para as análises da VFC.

### Procedimentos

Todos os indivíduos se submeteram, após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, a uma avaliação clínico-funcional incluindo exame clínico, medidas cineantropométricas e autonômicas e um teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE). O TCPE foi realizado em cicloergômetro (Cateye EC-1600, *Cat Eye*, Japão) segundo protocolo individualizado de rampa e com coleta e análise de gases expirados (VO2000, *MedGraphics*, EUA). Durante todo o procedimento foi registrado um eletrocardiograma digital (ErgoPC Elite versão 1.2.5, *Micromed*, Brasil), salvo para a análise posterior da VFC. Houve um critério, ainda que subjetivo, para a caracterização do esforço como máximo. O TCPE somente era interrompido quando o indivíduo atingia a exaustão, apesar de intenso encorajamento verbal por parte do avaliador, não sendo consideradas, portanto, a FC máxima prevista ou valores específicos das medidas ventilatórias.

## Procedimentos para análise dos dados

Duas estratégias de análise foram selecionadas. Numa etapa inicial, os intervalos RR foram observados em sua totalidade ao longo do TCPE, de modo a permitir uma análise geral do comportamento, tanto da FC como da VFC. Posteriormente, para avaliar especificamente a VFC, foram considerados os cinco últimos intervalos RR dos minutos referentes a quatro momentos distintos do TCPE: a) repouso; b) limiar anaeróbico (LAN); c) pico do esforço; d) final do primeiro minuto da recuperação. O limiar anaeróbico ou o primeiro limiar ventilatório foi identificado primariamente através da análise da quebra da linearidade da resposta da ventilação pulmonar expirada em função da intensidade do esforço<sup>15</sup>. Todos esses fatores de controle foram categorizados conforme demonstrado na Tabela 1.

## Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

A VFC foi identificada em ambos os procedimentos de análise pela diferença entre dois intervalos RR consecutivos, sendo o posterior menos o anterior (ex: RRB – RRA), medido em ms. Durante a primeira etapa da análise, foram considerados todos os intervalos ao longo do teste. Posteriormente, nas fases do TCPE selecionadas para a análise, foram identificados os cinco últimos intervalos e calculou-se o somatório das diferenças (em módulo) de cada par de intervalos consecutivos (Figura 1).

## Teste de 4 Segundos (T4s)

O teste de 4 segundos (T4s), de Araújo et al.<sup>9</sup>, consiste em pedalar o mais rapidamente possível um cicloergômetro sem carga, do 4º ao 8º minuto



**Figura 1**

RRV = Somatório das diferenças dos cinco últimos intervalos RR (ms), ou seja,  $RRV = (RRB - RRA) + (RRC - RRB) + (RRD - RRC) + (RRE - RRD)$

**Tabela 1**

### Categorização dos fatores utilizados nas análises da VFC

Fator	Categorização
Condição Clínica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparentemente saudáveis</li> <li>• Doença cardiovascular ou respiratória</li> <li>• Outras doenças</li> </ul>
Condição Aeróbica Absoluta <sup>16</sup> (METs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 5</li> <li>• 5 a 8</li> <li>• 8,1 a 11</li> <li>• &gt; 11</li> </ul>
Condição Aeróbica Relativa <sup>16</sup> (%VO <sub>2</sub> máximo previsto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 50%</li> <li>• 50% a 74%</li> <li>• 75% a 100%</li> <li>• &gt; 100%</li> </ul>
Índice Vagal Cardíaco - IVC <sup>17</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 1,20</li> <li>• 1,20 a 1,70</li> <li>• &gt; 1,70</li> </ul>

de um apnéia inspiratória máxima de 12 segundos, durante a qual é registrado um eletrocardiograma em derivação única, usualmente, CC5 ou CM5. O índice vagal cardíaco (IVC) é calculado por meio da razão entre o mais longo intervalo RR antes e o mais curto durante o exercício. Uma descrição detalhada da forma padronizada de execução e quantificação do IVC é apresentada no Quadro 1.

### Análise Estatística

O tratamento estatístico contemplou a ANOVA de dupla entrada com medidas repetidas no segundo fator, seguidos de *post-hoc* de Tukey, quando apropriado. Foi utilizado o software estatístico *SPSS for Windows*, versão 11.0, *SPSS Inc.*, EUA) para todos os cálculos, sendo adotado um nível de significância estatística de 5%.

### Resultados

As características da amostra estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3, ao passo que os padrões de comportamento da FC e da VFC observados ao longo do TCPE estão representados na Figura 2.

A ANOVA denotou diferença na VFC ( $p < 0,001$ ) (Figura 3), sendo confirmada pelo *post-hoc* entre o repouso e as demais fases do TCPE ( $p < 0,001$ ), e ainda entre o LAn e a recuperação ( $p = 0,031$ ). No entanto, não foram observadas diferenças entre o pico do esforço e o LAn ou a recuperação ( $p = 1,00$  e  $p = 0,358$ , respectivamente). O gênero ( $p = 0,490$ ), a condição aeróbica relativa ( $p = 0,504$ ) e a condição clínica ( $p = 0,276$ ) não influenciaram o padrão de comportamento da VFC.

Por outro lado, a condição aeróbica absoluta (METs) pareceu influenciar o modelo ( $p < 0,037$ ), muito embora o *post-hoc* não tenha sido capaz de localizar

#### Quadro 1

Descrição detalhada dos procedimentos de padronização para a execução do teste de exercício de 4 segundos e para a medida do índice vagal cardíaco

#### O teste de exercício de 4 segundos consiste em:

- realizar, de forma mais rápida possível, uma inspiração máxima, pela boca;
- manter a apnéia por 12 segundos;
- pedalar, o mais rápido possível, em um cicloergômetro sem carga, do quarto ao oitavo segundo da apnéia;
- permanecer imóvel, sem falar e respirando normalmente, por cerca de 15 a 20 segundos após a expiração.

#### Para efeito de medida e avaliação da função vagal cardíaca é necessário:

- registrar o traçado de ECG, a 25 mm/s, em uma derivação, preferencialmente CM5 ou CC5;
- iniciar o registro cinco segundos antes da inspiração máxima e ter a duração total de 35 segundos;
- realizar a manobra duas vezes, observando para que a FC retorne a um valor igual ou próximo ao que se encontrava antes da primeira manobra (normalmente um minuto, às vezes menos, é suficiente para isso);
- identificar os intervalos RR adequados: aquele imediatamente pré-pedalada ou o primeiro pós-pedalada (escolhe-se o mais longo) - (B) - e o mais curto durante a pedalada - (C);
- medir a duração dos intervalos RR B e C;
- identificar se há algum intervalo RR após a pedalada com uma duração superior a do intervalo RR B. Em caso positivo, esse intervalo RR passa a ser denominado F e representa a existência de rebote vagal;
- calcular uma razão adimensional entre os intervalos RR B e C, doravante denominada de índice vagal cardíaco (IVC);
- comparar os valores encontrados com a faixa de normalidade disponível por idade (não há diferenças por gênero).

#### Os comandos verbais devem ser simples e objetivos e feitos, exatamente, a cada quatro segundos.

#### Sugere-se a seguinte explicação padronizada:

“Estaremos, agora, realizando um curto procedimento de exercício no qual vamos poder analisar o freio e o acelerador do seu coração ou, em outras palavras, como é que o seu coração se comporta quando você se submete a um exercício curto e intenso, tal como subir um lance de escada ou correr para pegar um elevador ou ônibus. Para tal vamos precisar de sua colaboração, seguindo nossas quatro instruções: inspira, pedala (movimenta) o mais rápido possível, pára abruptamente e solta o ar”.

**Tabela 2**  
Características da amostra\*

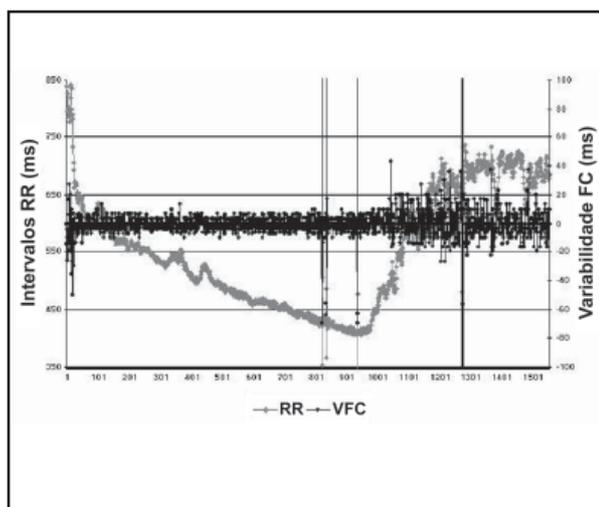
	Total	Masculino	Feminino
n	100	77	23
Idade (anos)	49±12 (20 a 84)	49±12 (20 a 84)	50±12 (20 a 71)
Altura (cm)	172±9 (151 a 193)	175±7 (155 a 193)	163±6 (151 a 176)
Peso (kg)	78±13 (52 a 132)	82±11 (54 a 132)	66±10 (52 a 93)
Assintomáticos – n (%)	40 (40%)	30 (39%)	10 (43%)
Doença cardiopulmonar – n (%)	45 (45%)	37 (48%)	8 (35%)
Outras doenças – n (%)	15 (15%)	10 (13%)	5 (22%)
METs (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	9,4±2,6 (4,3 a 14,9)	10±2,5 (4,9 a 14,9)	7,4±2,2 (4,3 a 14,5)
% VO2 máximo	103,4±27,4 (56,2 a 186,1)	108,1±26,7 (59,3 a 186,1)	87,6±23,9 (56,2 a 67,4)
IVC	1,48±0,26 (1,04 a 2,34)	1,47±0,27 (1,04 a 2,34)	1,48±0,23 (1,12 a 1,92)

\*Os dados são apresentados em média ± desvio-padrão (mínimo a máximo) ou como n (%).

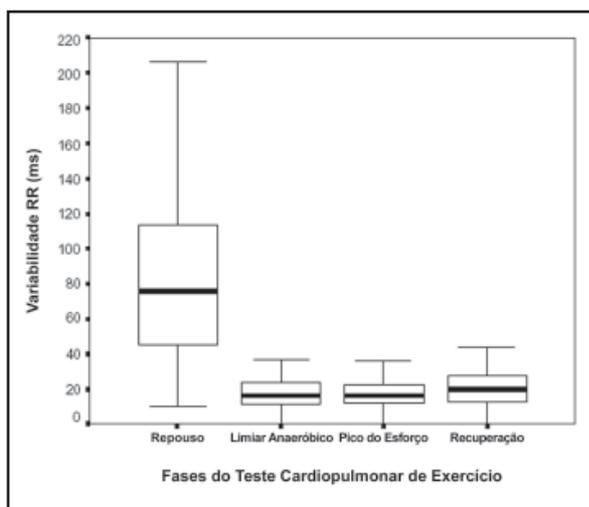
**Tabela 3**  
Variabilidade da frequência cardíaca medida pela soma das diferenças em módulo dos cinco últimos intervalos RR (ms)\*

	Total	Masculino	Feminino
Repouso	86±57 (8 a 315)	84±58 (8 a 315)	92±54 (17 a 231)
Limiar Anaeróbico	18±9 (0 a 62)	17±8 (0 a 34)	19±13 (3 a 62)
Pico	19±20 (0 a 180)	20±21 (0 a 180)	17±16 (0 a 79)
Recuperação	24±22 (0 a 144)	22±21 (4 a 144)	32±23 (0 a 96)

\*Os dados são apresentados em média ± desvio-padrão (mínimo a máximo).



**Figura 2**  
Exemplo de comportamento da FC e da VFC ao longo do TCPE



**Figura 3**  
Variabilidade da frequência cardíaca em momentos distintos do teste cardiopulmonar de exercício máximo

esta diferença ( $p > 0,391$ ). Em última análise, o IVC foi o fator com maior poder discriminatório ( $p < 0,001$ ), especificamente entre os indivíduos considerados hipotônicos e vagotônicos ( $p = 0,020$ ).

## Discussão

O propósito desse estudo foi caracterizar o comportamento da VFC ao longo de um TCPE máximo, identificando possíveis critérios para caracterizar a obtenção de um esforço verdadeiramente máximo. No entanto, essa hipótese foi rejeitada, tendo em vista a não completa abolição da VFC no pico do esforço.

A análise preliminar dos dados completos dos exames apresentou uma surpreendente informação quanto ao padrão geral de comportamento da FC ao longo do teste. A fundamentação fisiológica sustentava a premissa de haver uma gradual redução da VFC linearmente ao incremento da intensidade do esforço<sup>14</sup>. Todavia, estes não foram os resultados encontrados no presente estudo.

Certamente, os dois aspectos que merecem destaque nos resultados encontrados, são: a manutenção da VFC mesmo no pico do esforço e o fato de não terem sido encontradas diferenças significativas na VFC entre o LAN e o pico do esforço. Nesse sentido, Lima e Kiss<sup>18</sup> sugeriram a determinação de um limiar de VFC que representaria, por sua vez, o limiar de transição metabólica. Se por um lado, a VFC mantida no pico do esforço, encontrada no presente estudo, contraria as expectativas, a similaridade entre LAN e pico concorda com os resultados de Alonso et al.<sup>19</sup>, que relataram a ocorrência de uma diminuição progressiva da VFC até o LAN. Contudo, observa-se também neste estudo uma tendência à estabilização da VFC dessa fase até o pico do esforço.

## Considerações metodológicas

Neste estudo, o TCPE foi realizado em cicloergômetro, o que permite especular que a VFC poderia ter sido influenciada ou ser ergômetro-dependente, pois no cicloergômetro pode haver alguma dificuldade em se manter exatamente a mesma cadência de pedalada ao longo do exercício, especialmente com os aumentos progressivos da resistência oposta ao movimento dos pedais. Esta situação pode ser exacerbada nos instantes finais do teste pela possível fadiga periférica instalada nos membros inferiores. Sendo assim, estas variações

na cadência poderiam representar uma variabilidade de intensidade que, por conseqüência, talvez explicasse parte da manutenção da VFC nesta fase do exercício.

É possível que tanto o protocolo de teste como a coleta e análise dos dados possam responder pelas discrepâncias entre os resultados esperados e os reais. No presente estudo, foi utilizado o protocolo progressivo e individualizado e rampa, gerando uma duração do procedimento, em geral, entre 8 e 12 minutos<sup>20</sup>. Ainda assim, pela característica do protocolo, os incrementos de carga são mais sutis e, assim, seria aparentemente mais fácil a observação de uma mudança gradativa no padrão de VFC.

Como citado anteriormente, a FC é modulada autonomicamente, sendo que ocorre provavelmente uma total inibição vagal quando do esforço máximo. Admitindo-se um máximo de estimulação adrenérgica nesse estágio do exercício, a VFC deveria tender a zero. No entanto, cabe ressaltar que o estudo proposto por Ekblom et al.<sup>13</sup> não verificou a VFC, mas apenas a magnitude da resposta cronotrópica no exercício máximo, mesmo em situação de bloqueio farmacológico seletivo.

Considerando ainda as limitações tecnológicas da época, não seria equivocado sugerir que os testes realizados naquele estudo talvez não tenham atingido o seu nível máximo de solicitação cardiovascular, pois os critérios de interrupção do teste foram, à luz da ciência atual, um tanto imprecisos<sup>21</sup>. Sendo assim, especula-se que aqueles testes tenham sido interrompidos precocemente, não sendo possível identificar precisamente o mecanismo de controle da FC num exercício verdadeiramente máximo.

Um outro aspecto metodológico em destaque foi a medida da VFC adotada no presente estudo. A opção de trabalhar com os cinco últimos intervalos RR está de acordo com as medidas de alta frequência da análise espectral, que têm duração prevista entre 2s e 7s. No entanto, deve-se ressaltar que as medidas de VFC no domínio da frequência possuem reprodutibilidade baixa quando em situação de exercício<sup>22</sup>; sendo assim, a opção de se proceder à análise pelo domínio do tempo pareceu acertada. Em adendo, o software do ECG digital, plenamente disponível na grande maioria dos serviços de ergometria brasileiros, registra automaticamente os últimos 7,33s de cada minuto do teste, favorecendo essa estratégia e permitindo uma fácil padronização da medida.

## Modulação da FC no exercício verdadeiramente máximo

Algumas hipóteses podem ser levantadas para explicar a manutenção da VFC no pico do esforço. Uma possível interpretação seriam as modificações hemodinâmicas intrínsecas em resposta à variabilidade da eficiência da retirada do cálcio do sarcoplasma da célula do miócito, ou seja, em resposta ao lusitropismo cardíaco<sup>23</sup>. Este fenômeno determinaria algumas alterações instantâneas da relação entre a pré-carga e o volume sistólico<sup>24, 25</sup>. Por conseguinte, para a manutenção de um mesmo débito cardíaco durante uma determinada intensidade do exercício, a resposta imediata seria uma proporcional e estabilizada VFC. Ao que parece, esta foi uma condição encontrada ao longo de praticamente todo o teste, após os minutos iniciais.

Cabe ainda ressaltar as teorias do comando central versus reflexo neural no controle da FC durante o exercício<sup>26</sup> e subseqüentes aos movimentos articulares e/ou às contrações musculares<sup>27</sup>, gerando um erro de sinal a partir da estimulação dos metaborreceptores e quimiorreceptores periféricos e, assim, induzindo a novas alterações no controle da FC.

Uma outra plausível explicação para a manutenção da VFC mesmo no exercício máximo seria o fato de aparentemente haver um aumento da contratilidade e da função ventricular inerente ao aumento da intensidade do esforço. A modulação da FC seria mediada também por mecanismos periféricos autorreguladores da pós-carga<sup>28</sup>. Sendo assim, com base nas premissas fisiológicas e nos resultados aqui encontrados, não seria equivocado questionar os mecanismos de controle da FC no pico do esforço, ressaltando que os mesmos são ainda obscuros e, provavelmente, não exclusivamente autonômicos<sup>29</sup>.

## Influências do gênero e das condições aeróbica, clínica e autonômica

Apesar de a análise dos resultados ter sido controlada por uma série de fatores, em sua maioria, pode-se considerar que não houve influência significativa de aspectos como gênero, condição clínica ou condição aeróbica máxima medida diretamente, ou ainda o percentual do VO<sub>2</sub> máximo previsto atingido no comportamento da VFC. Não obstante, entre os fatores analisados, aparentemente o IVC foi o que demonstrou o maior poder de estratificação entre os grupos, possivelmente pela representação da atividade vagal cardíaca que se relaciona diretamente com a VFC.

Ainda que os dados relativos à VFC em repouso ou no início do exercício não apresentem correlações expressivas com a recuperação da FC no transiente final do exercício<sup>12</sup>, não há até o momento qualquer evidência científica estabelecendo relação de causalidade entre a resposta da FC no transiente inicial e a VFC no pico do esforço. A despeito da suposta ausência de atividade vagal cardíaca em esforços desta magnitude, os dados do presente estudo revelaram que os indivíduos mais vagotônicos apresentam maiores índices de VFC no pico do exercício. Se esta é uma indicação de um resquício de atividade vagal mesmo num esforço máximo ou não, somente um novo estudo com bloqueio farmacológico do sistema nervoso parassimpático poderá ratificar.

## Conclusões

Muito embora fosse esperado que na fase final do TCPE houvesse uma tendência à supressão de VFC pela ausência da participação vagal no controle da FC, este não foi um fenômeno observado nos resultados deste estudo. É provável que a modulação da FC no pico do esforço não seja proveniente de um mecanismo exclusivamente autonômico, ainda que indivíduos mais vagotônicos tenham apresentado índices de VFC mais elevados no pico do esforço. Em adendo, não houve diferenças entre a VFC no limiar anaeróbico e no pico do esforço, e nem influências significativas de gênero ou das condições aeróbica e clínica. Não é possível caracterizar um esforço como verdadeiramente máximo com base na medida da VFC, tal como feita pelo presente estudo.

## Referências

1. Liao D, Carnethon M, Evans GW, Cascio WE, Heiss G. Lower heart rate variability is associated with the development of coronary heart disease in individuals with diabetes. *Diabetes*. 2002;51:3524-531.
2. Prakash M, Myers J, Froelicher VF, et al. Clinical and exercise test predictors of all-cause mortality: results from >6,000 consecutive referred male patients. *Chest*. 2001;120:1003-1013.
3. 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;341:1351-357.
4. Kleiger RE, Miller JP, Bigger JTJ, Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1987;89:256-62.

5. Lauer MS, Francis GS, Okin PM, Pashkow FJ, Snader CE, Marwick TH. Impaired chronotropic response to exercise stress testing as a predictor of mortality. *JAMA*. 1999;281:524-29.
6. Castro CLB, Nóbrega ACL, Araújo CGS. Testes autonômicos cardiovasculares. Uma revisão crítica. Parte I. *Arq Bras Cardiol*. 1992;59:75-85.
7. Castro CLB, Nóbrega ACL, Araújo CGS. Testes autonômicos cardiovasculares. Uma revisão crítica. Parte II. *Arq Bras Cardiol*. 1992;59:151-58.
8. Almeida MB, Ricardo DR, Araújo CGS. Validação do teste de exercício de 4 segundos em posição ortostática. *Arq Bras Cardiol*. 2004;83:155-59.
9. Araújo CGS, Nóbrega ACL, Castro CLB. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. *Clin Auton Res*. 1992;2:35-40.
10. Desai M, De la Peña-Almaguer E, Mannting F. Abnormal heart rate recovery after exercise as a reflection of an abnormal chronotropic response. *Am J Cardiol*. 2001;87:1164-169.
11. Imai K, Sato H, Hori M, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1994;24:1529-535.
12. Ricardo DR, Almeida MB, Franklin BA, Araújo CGS. Initial and final exercise heart rate transients: influence of gender, aerobic fitness and clinical status. *Chest*. 2005;127:317-28.
13. Ekblom B, Goldbarg AN, Kilbom A, Astrand PO. Effects of atropine and propranolol on the oxygen transport system during exercise in man. *Scand J Clin Lab Invest*. 1972;30:35-42.
14. Arai Y, Saul JP, Albrecht P, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol*. 1989;256:H132-H41.
15. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Departamento de Ergometria e Reabilitação Cardíaca. I Consenso Nacional de Reabilitação Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol*. 1997;69:267-91.
16. Myers J, Prakash M, Froelicher VF, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002(346):793-801.
17. Araújo CGS, Ricardo DR, Almeida MB. Fidedignidade intra e interdias no teste de exercício de 4 segundos. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9:293-98.
18. Lima JRP, Kiss MAPD. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Bras Ativ Fís e Saúde*. 1999;4:29-38.
19. Alonso DO, Forjaz CL, Rezende LO, et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol*. 1998;71:787-92.
20. Buchfurher M, Hansen J, Robinson T, Sue D, Wasserman K, Whipp B. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol*. 1983;55:1558-564.
21. Astrand I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand*. 1960;49((Suppl 169)):1-92.
22. Amara CE, Wolfe LA. Reliability of noninvasive methods to measure cardiac autonomic function. *Can J Appl Physiol*. 1998;23:396-408.
23. Vittone L, Mundina-Weilenmann C, Mattiazzi A, Cingolani H. Physiologic and pharmacologic factors that affect myocardial relaxation. *J Pharmacol Toxicol Methods*. 1994;32:7-18.
24. Krip B, Gledhill N, Jamnik V, Warburton D. Effect of alterations in blood volume on cardiac function during maximal exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29:1469-476.
25. Takasago T, Goto Y, Futaki S, et al. Ejecting volume, filling volume and stroke volume gains: new indexes of inotropism and lusitropism. *Heart Vessels*. 1992;7:57-65.
26. Mitchell JH. Cardiovascular control during exercise: central and reflex neural mechanisms. *Am J Cardiol*. 1985;55:34D-41D.
27. Rowell LB, O'Leary DS. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol*. 1990;69:407-18.
28. Sagiv M, Ben-Sira D, Goldhammer E, Soudry M. Left ventricular contractility and function at peak aerobic and anaerobic exercises. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1197-201.
29. Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol*. 2003;90:317-25.

### Agradecimentos

Os autores fazem questão de expressar sua gratidão aos mestres Lauro C. Vianna e Ricardo B. Oliveira, pela sua contribuição nas prestimosas discussões e comentários sobre a análise estatística do estudo.