

Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo

Fábio Yuzo Nakamura ^{1,2}
Cesar Adornato de Aguiar ²
Lenise Fronchetti ^{1,2}
Andreo Fernando Aguiar ²
Jorge Roberto Perrout de Lima ³

¹ Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento - UEL

² Centro de Educação Física e Desportos - Universidade Estadual de Londrina

³ Laboratório de Avaliação Motora – Universidade Federal de Juiz de Fora

Resumo: Em testes incrementais, há redução consistente da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) até aproximadamente o valor de 3 ms, quando calculada pela Plotagem de Poincaré (STDB), sendo observada estabilização desse indicador nas cargas seguintes. Este ponto, denominado limiar de VFC (LiVFC) por Lima e Kiss (1999), pode ser considerado um indicador da capacidade aeróbia, por sua alta relação com os limiares de lactato e ventilatório. O objetivo do estudo foi verificar os efeitos do treinamento aeróbio de três semanas sobre o LiVFC. A amostra de 25 indivíduos, não-atletas, foi dividida em Grupo Treinamento (TR, n = 18) e Grupo Controle, (C, n = 7), submetidos a teste incremental pré e pós-treinamento, com potência inicial de 0 W, e incrementos de 14,5 W por minuto, até a exaustão. Os intervalos R-R foram registrados pelo cardiofrequencímetro Polar[®], modelo S810i, e a VFC foi calculada pelo programa *Polar Precision Performance*. O TR realizou nove sessões de treinamento (3 x semana) de 30 min, com intensidade aproximada de 50% do intervalo entre a potência associada ao LiVFC (PLiVFC) e a potência de pico (P_{pico}). As comparações foram feitas por ANOVA *two way* para medidas repetidas, seguida do teste de Scheffé (p < 0,05). No teste pré-treinamento, não houve diferença significativa no comportamento da VFC entre os grupos. No pós-treinamento, a VFC do TR foi maior até a potência de 145,75 W, o que provocou aumento da PLiVFC. O TR não experimentou melhora significativa na P_{pico} e na FC máxima. A FC submáxima de TR no pós-treinamento foi menor até a potência de 189,5 W. Conclui-se que o LiVFC é sensível aos efeitos do treinamento aeróbio de curto prazo, sugerindo sua validade como indicador de capacidade aeróbia.

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca, capacidade aeróbia e treinamento aeróbio.

Change in heart rate variability threshold after short term aerobic training

Abstract: During incremental tests, there is a consistent reduction in heart rate variability (VFC) until approximately 3 ms value, when calculated through the Poincaré Plotting (STDB). A stabilization of this index is observed in the subsequent intensities. This transition point, called VFC threshold (LiVFC) by Lima and Kiss (1999), can be considered as an indicator of aerobic capacity, because of its high correlation with the lactate and ventilatory thresholds. The aim of this study was to verify the effects of three weeks duration aerobic training program on LiVFC. A 25 non-athlete sample was divided in a Training Group (TR, n = 18) and a Control Group (C, n = 7), submitted to a pre- and post-training incremental test until exhaustion, with an initial power output of 0 W and increments of 14.5 W per minute. The R-R intervals were recorded using a Polar[®] equipment, S810i model, and the VFC was calculated by means of the *Polar Precision Performance* software. TR underwent nine training sessions (3 times a week) of 30 min duration, with the intensity of approximately 50% of the peak power output (P_{pico}) and that one associated to the LiVFC (PLiVFC) interval. The comparisons were made by a *two way* repeated measures ANOVA, followed by the Scheffé test (p < 0.05). During the pre-training test there was no significant difference in the VFC responses between the groups. In the post-training measure, the VFC of the TR was greater until the power output of 145.75 W, which caused the increase in PLiVFC. The TR experienced no significant improvement in the P_{pico} and in maximal FC. The submaximal FC of TR in the post-training was lower until the power output of 189.5 W. It was concluded that LiVFC presents sensibility to the short-term aerobic training effects, suggesting its validity as an indicator of aerobic capacity.

Key Words: Heart rate variability, aerobic capacity e aerobic training.

Introdução

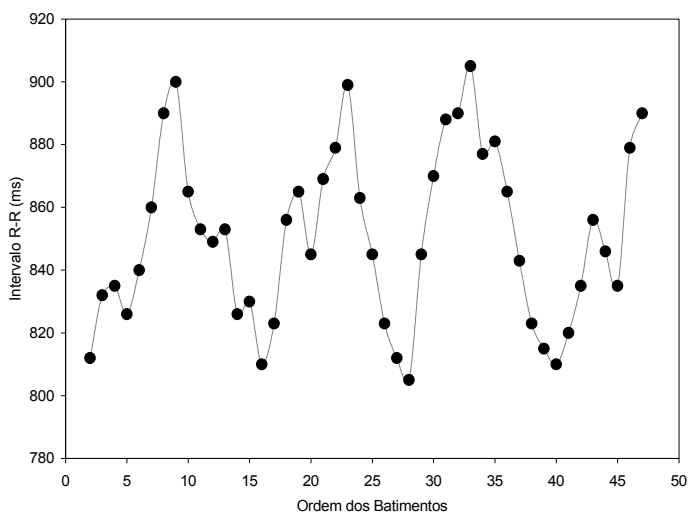
O exercício físico, realizado de forma aguda e/ou crônica, provoca alterações no comportamento da

frequência cardíaca (FC). Essas alterações são mediadas, principalmente, por oscilações do tônus simpático e parassimpático do sistema nervoso

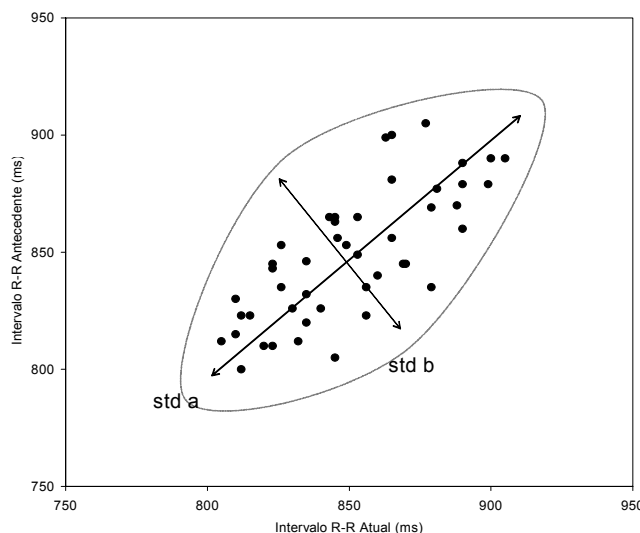
autônomo, que age sobre o nódulo sinoatrial do coração. Inferências quantitativas referentes às oscilações simpátovagais sobre a atividade cronotrópica cardíaca têm sido feitas a partir da medida da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996).

A VFC, no domínio do tempo, pode ser calculada pela plotagem de Poincaré. Essa técnica baseia-se no registro das durações de uma série de batimentos cardíacos sucessivos, medidas pelos intervalos R-R (figura 1). A partir desse registro, relaciona-se graficamente cada intervalo R-R com o intervalo antecedente. Em indivíduos saudáveis, em repouso, esses intervalos são bastante irregulares, sobretudo pela

predominância vagal na modulação cardíaca, fazendo com que se visualize, na plotagem de Poincaré, uma nuvem de pontos com a forma aproximada de uma elipse (TULPPO et al., 1998; LIMA; KISS, 1999; MOROUT et al., 2004). O eixo longitudinal da elipse, chamado de *desvio padrão a* (STDA), indica a variabilidade de médio e longo prazo dos intervalos R-R da série de batimentos selecionada. O eixo transverso da elipse, chamado de *desvio padrão b* (STDB), representa a variabilidade instantânea dos intervalos R-R. A representação gráfica do STDA e do STDB, obtida pela plotagem de Poincaré, é mostrada na Figura 1. O STDB é uma medida não-invasiva da influência vagal sobre o nódulo sinoatrial, o qual pode ser estimado na ausência de estado estável da FC (TULPPO et al., 1996; LIMA; KISS, 1999).



Sequência de Intervalos R-R



Plotagem de Poincaré

Figura 1. Exemplo da aplicação da Plotagem de Poincaré a um conjunto de intervalos R-R.

Em protocolos de exercício com cargas iniciais baixas e intensidades crescentes, observa-se redução do STDB, ou de indicadores correlatos, determinada pela retirada da influência parassimpática e a participação progressiva da modulação simpática no aumento da FC (TULPPO et al., 1996; ALONSO et al., 1998; LIMA; KISS, 1999). Tal redução não é gradual. Nas cargas iniciais, há uma redução do STDB consistente e proporcional ao aumento da intensidade até valores de aproximadamente 3 ms. A partir desse ponto, os valores de STDB tendem a se estabilizar. Segundo Lima e Kiss (1999), a carga de trabalho, em protocolo de esforço progressivo, associada a uma redução de STDB para valores inferiores a 3 ms (início do platô) corresponde ao limiar de variabilidade da frequência cardíaca

(LiVFC). O LiVFC é encontrado em intensidade similar ao limiar de lactato, identificado pela carga de menor valor do equivalente de lactato (LIMA; KISS, 1999) e ao limiar ventilatório, detectado a partir do VE/VO_2 (BRUNETTO et al., 2004).

É sugerida uma relação causal entre estes limiares, sendo que no modelo proposto, a atividade simpática aumentada a partir da ocorrência do LiVFC modularia a ativação do metabolismo glicolítico, por meio da estimulação adrenérgica da enzima fosforilase muscular, levando ao acúmulo progressivo de lactato e íons H^+ (LIMA; KISS, 1999) que, por sua vez, causaria quebra da linearidade no aumento da ventilação em protocolo de exercício com intensidades crescentes (BRUNETTO et al., 2004). Esses eventos, em conjunto,

demarcam a transição entre os domínios moderado e intenso de esforço (GAESSER; POOLE, 1996). Dessa forma, o LiVFC pode ser considerado como um indicador da capacidade aeróbia. No entanto, de acordo com nosso conhecimento, sua validade em termos de sensibilidade aos efeitos específicos de um programa de treinamento aeróbio ainda não foi testada. Assim, o objetivo desta investigação foi verificar os efeitos do treinamento de curta duração (três semanas), específico para a capacidade aeróbia, sobre o LiVFC. A hipótese deste estudo foi a de que a intensidade associada ao LiVFC seria aumentada após o período de treinamento, com adaptações cronotrópicas concomitantes, sem, necessariamente, serem acompanhadas de aumento da carga de pico (potência aeróbia) atingida durante o teste de esforço progressivo, dada a natureza do treinamento proposto. A não rejeição dessa hipótese apontaria para a validação do LiVFC como indicador de capacidade aeróbia, aplicável em situações práticas de prescrição de exercícios

Metodologia

Consentiram em participar deste estudo 25 indivíduos (14 homens e 11 mulheres), não-atletas e sem participação em programas de exercícios físicos regulares no início do estudo. A amostra foi dividida em dois grupos: um que participou do programa de treinamento para capacidade aeróbia por três semanas [grupo TR, $n = 18$ (11 homens e 7 mulheres), com idade de $20,6 \pm 2,0$ anos; estatura de $173,8 \pm 8,4$ cm e massa corporal de $68,3 \pm 11,4$ kg] e outro, controle, que permaneceu sedentário ou com baixos níveis habituais de atividade física [grupo C, $n = 7$ (3 homens e 4 mulheres), $22,7 \pm 3,2$ anos; $165,6 \pm 10,8$ cm e $63,5 \pm 14,6$ kg].

Teste de esforço progressivo

Após permanecer em repouso por três minutos no assento do cicloergômetro mecânico Monark® para o registro da FC e da VFC de repouso, o participante foi submetido a um teste de esforço progressivo, pedalando a 21 km/h, sem aplicação de resistência mecânica sobre a roda. A cada minuto, a potência era incrementada em $\sim 14,5$ W, até que o indivíduo entrasse em exaustão voluntária, indicada pela incapacidade de manutenção da velocidade-alvo. O indivíduo era motivado verbalmente pelos investigadores.

Os dados de FC e os intervalos R-R foram registrados a partir de um cardiofrequencímetro Polar®, modelo S810i. Os intervalos R-R foram tratados no programa *Polar Precision Performance*, que permite o

cálculo do parâmetro STDB associado a cada carga, a partir da plotagem de Poincaré, bem como da FC média de cada minuto, correspondente a cada um dos estágios do protocolo progressivo. A potência relacionada ao LiVFC (PLiVFC) correspondeu à primeira carga de trabalho a apresentar STDB inferior a 3 ms, segundo critério de Lima e Kiss (1999). Foi registrada também a potência de pico (P_{Pico}), que foi a última carga completada do teste de esforço progressivo. A PLiVFC, expressa em termos percentuais da P_{Pico} , foi denominada de $P_{Relativa}$.

O teste de esforço progressivo foi realizado antes e após o período de treinamento aeróbio do grupo TR. O grupo C respeitou o mesmo cronograma de testes, embora não tenha treinado. O intervalo entre o teste de esforço progressivo e a última sessão de treinamento no período pós-treinamento era de no mínimo 24 horas.

Treinamento da Capacidade Aeróbia

O grupo TR realizou um total de nove sessões de treinamento, divididas de forma que a cada semana fossem realizadas três sessões em dias alternados ou, quando isto era impossível, cuidando para que fossem realizadas, no máximo, duas sessões consecutivas. Os treinos foram realizados em cicloergômetros mecânicos Monark®, similares ao utilizado no teste progressivo.

A intensidade do treinamento contínuo, de 30 minutos por sessão, foi inicialmente estabelecida a 50% do intervalo entre a PLiVFC e a P_{Pico} do protocolo de esforço progressivo. A intenção era que essa carga pudesse ser sustentada pela duração pré-estabelecida, sendo que o indivíduo não deveria se sentir apto a prosseguir se exercitando logo ao final da sessão. Ajustes de carga durante a sessão foram necessários na maior parte dos casos. O grupo C não participou de nenhuma sessão de treinamento e foi orientado a se manter inativo durante as três semanas de intervenção experimental.

Tratamento Estatístico

Foi utilizada estatística descritiva para a apresentação dos resultados médios das variáveis investigadas. A comparação dos parâmetros PLiVFC, P_{Pico} , $P_{Relativa}$, bem como de outras variáveis relacionadas ao comportamento da FC de repouso, em função da potência e em função da PLiVFC e da P_{Pico} , tanto intra- quanto inter-grupos, foi feita a partir de ANOVA *two way* para medidas repetidas, tendo grupo como variável independente e momento (pré- e pós-treinamento) como variável dependente. O teste *post hoc* de Scheffé foi utilizado para localizar as diferenças.

Foi adotado nível de significância de 5% nas comparações.

Resultados

A Figura 2 ilustra o comportamento do STDB durante os testes incrementais, realizados antes e após o período de treinamento. No teste pré-treinamento, não houve diferença significativa entre os grupos, em nenhuma das potências. No teste pós-treinamento, o grupo C apresentou o mesmo comportamento pré-treinamento, enquanto a VFC do grupo TR foi maior até a potência de 145,75 W. Observa-se um deslocamento significativo da curva para a direita, traduzido por um aumento da potência relacionada ao

LiVFC (PLiVFC). A Tabela 1 mostra que não houve melhora significativa da PLiVFC no grupo C. O grupo TR não experimentou melhora significativa na P_{Pico} alcançada no teste de esforço progressivo. Em contraste, o grupo C apresentou redução significativa ($p < 0,05$) dessa variável. Dessa forma, por razões diferentes, ambos os grupos tiveram elevação na potência de ocorrência do LiVFC, relativa à P_{Pico} ($P_{Relativa}$). A melhora do grupo C não se deu pelo aumento absoluto da PLiVFC, mas sim pela redução da P_{Pico} . O aumento da $P_{Relativa}$ de ocorrência do LiVFC no grupo TR se deu pelo aumento absoluto da PLiVFC, combinado à não modificação da P_{Pico} .

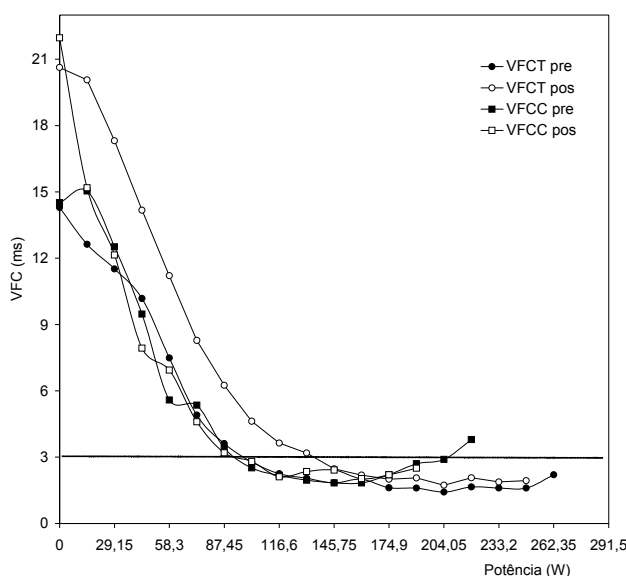


Figura 2. Curva de variabilidade da frequência cardíaca (VFC), durante teste incremental pré e pós-treinamento aeróbio. A linha colocada na altura de 3 ms representa o ponto em que foi identificado o LiVFC.

Tabela 1. Potência mecânica no LiVFC (PLiVFC) e no último estágio do teste incremental (P_{Pico}) e relação entre PLiVFC e P_{Pico} ($P_{Relativa}$), dos grupos treinado (TR) e controle (C), pré e pós-treinamento aeróbio (média \pm desvio padrão).

	PLiVFC (W)		P_{Pico} (W)		$P_{Relativa}$ (%)	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Grupo TR (n = 18)	89,1 $\pm 28,7$	123,1* [#] $\pm 32,9$	195,1 $\pm 39,7$	204,0 [#] $\pm 33,9$	45,6 $\pm 10,4$	60,2* ^{&} $\pm 11,6$
Grupo C (n = 7)	85,4 $\pm 41,6$	95,8 $\pm 43,6$	179,1 $\pm 33,4$	158,2* ^{&} $\pm 24,4$	46,1 $\pm 17,1$	59,2* $\pm 22,2$

* diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo TR-pré

diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo C-pré e C-pós

& diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo C- pré

A FC, no teste pré-treinamento, foi igual em ambos os grupos. No pós-treinamento, a FC do

grupo TR foi menor até a potência de 189,5 W (Figura 3). O grupo C não apresentou modificação

significante nessa variável. Os grupos C e TR apresentaram FC no LiVFC (FCLiVFC) próxima a 135 bpm, tanto antes, quanto após o período de treinamento (Tabela 2). A frequência cardíaca máxima (FC_{max}) não foi alterada em nenhum dos grupos após as três semanas de duração do estudo.

O grupo C teve um aumento significativo ($p < 0,05$) de 5% na FC relativa de ocorrência do LiVFC em relação à FC_{max} ($FC_{Relativa}$). O grupo TR apresentou $FC_{Relativa}$ equivalente a cerca de 73%, tanto no período pré- quanto no pós-treinamento (Tabela 2).

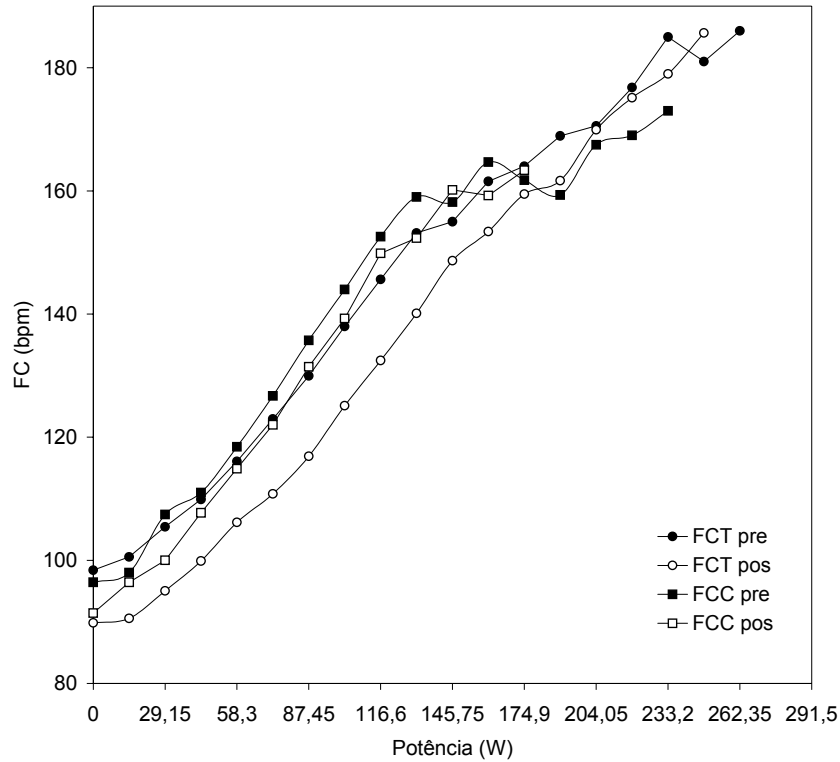


Figura 3. Frequência cardíaca, durante teste incremental pré e pós-treinamento aeróbico.

Tabela 2. Frequência cardíaca no LiVFC (FCLiVFC), FC máxima (FC_{max}) e relação entre FCLiVFC e FC_{max} ($FC_{Relativa}$), durante teste incremental, dos grupos treinado (TR) e controle (C), pré e pós-treinamento aeróbico (média \pm desvio padrão).

	FCLiVFC (bpm)		FC_{max} (bpm)		$FC_{Relativa}$ (%)	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Grupo TR (n=18)	131 \pm 9	133 \pm 8	181 \pm 10	181 \pm 10	72,4 \pm 3,9	74,1 \pm 5,6
Grupo C (n=7)	131 \pm 9	136 \pm 14	179 \pm 15	175 \pm 17	73,1 \pm 5,2	78,1 \pm 0,8*

* diferença significativa ($P < 0,05$) em relação ao grupo TR-pré

Quanto aos valores de repouso, não houve diferença significativa na FC e na VFC de repouso entre os grupos TR e C no teste pré-treinamento (FC de repouso = 89 \pm 13 bpm e VFC de repouso = 37 \pm 13 ms para o grupo TR e 84 \pm 15 bpm e 37 \pm 18 ms para o grupo C). Já no teste pós-treinamento, o grupo TR apresentou aumento significativo ($p < 0,05$) da VFC de repouso, com concomitante redução da FC de repouso, ao passo que o

grupo C não apresentou modificação de nenhuma das duas variáveis (FC de repouso = 83 \pm 9 bpm e VFC de repouso = 46 \pm 17 ms para o grupo TR e 84 \pm 13 bpm e 40 \pm 11 ms para o grupo C).

O treinamento físico promove uma série de adaptações no sistema cardiovascular. A maior parte dos estudos sobre o assunto (HICKSON et al., 1977; HICKSON et al., 1985; LANDRY et al., 1985;

GAESSER e POOLE, 1986; CROUSE et al., 1992; BRANDÃO et al., 1993; LUCÍA et al., 2000) tem se concentrado nas adaptações de ordem estrutural (aumento das câmaras cardíacas e da densidade capilar) e nas suas conseqüências sobre as funções cardiovasculares (débito cardíaco máximo, $VO_2\text{max}$ e limiares ventilatórios). Mais recentemente, estudos sobre as modificações crônicas na regulação e controle autonômicos do coração têm sido conduzidos (CARTER et al., 2003). Uma das ferramentas não-invasivas para a inferência de modificações crônicas na atividade simpátovagal é a medida da VFC.

A VFC parece ser alterada em resposta ao treinamento físico. Tanto em repouso, quanto em cargas de trabalho submáximo, há uma tendência de aumento do eixo transverso da elipse formada pelos pontos dispersos na plotagem de Poincaré, ou aumento do STDB (TULPPO et al., 1998; HAUTALA, 2004; MOUROT et al., 2004). Esse fenômeno parece ter ocorrido, de fato, entre os participantes do grupo TR deste estudo, já que experimentaram aumento do LiVFC, de onde se podem inferir modificações na capacidade aeróbia dos treinados. Em estudos anteriores, foi demonstrado que o LiVFC pode ser encontrado em intensidade similar ao limiar de lactato (LIMA; KISS, 1999) e ao limiar ventilatório (BRUNETTO et al., 2004). Com base nestes estudos, pode-se supor que tais limiares devem ter se modificado na mesma magnitude em resposta ao treinamento. Infelizmente, essa hipótese não pôde ser testada neste estudo.

O grupo TR apresentou um aumento de 38% na PLiVFC em resposta a apenas três semanas de treinamento. É provável que a redução da participação simpática (WINDER et al., 1978), aliada a uma modulação parassimpática mais duradoura da FC nas intensidades mais baixas do protocolo incremental (TULPPO et al., 1998; LEICHT et al., 2003) tenha ocasionado, de forma determinante, o deslocamento da curva de VFC para a direita no grupo TR (Figura 2). A não modificação dessa variável no grupo C indica que esse deslocamento da curva de VFC não resultou de uma mera familiarização ao protocolo de esforço, e sim de uma adaptação fisiológica efetiva. De acordo com Winder et al. (1978), três semanas de treinamento aeróbio em cicloergômetro (seis sessões semanais), alternando dias de intensidade correspondente ao $VO_2\text{max}$, com sessões de trabalho contínuo, foram suficientes para provocar redução significativa da

norepinefrina (66%) e epinefrina (50%) plasmáticas durante um exercício de cinco minutos com carga constante (95-100% do $VO_2\text{max}$). Apesar das diferenças metodológicas em comparação ao presente estudo, esses dados sugerem que o treinamento de curto prazo pode causar diminuição da atividade simpática durante o exercício, podendo ser um dos mecanismos provocadores das modificações aqui encontradas.

Grande parte dos estudos na literatura aponta que a atividade vagal cardíaca (MEDEIROS et al., 2004) e, por conseqüência, a VFC de repouso e exercício, aumentam em resposta a programas de treinamento aeróbio (TULPPO et al., 1998; LEICHT et al., 2003; HAUTALA, 2004; MOUROT et al., 2004). Tulppo et al. (1998), por exemplo, estratificaram uma amostra de sujeitos ($n = 86$) em três grupos, de acordo com a potência aeróbia medida pelo $VO_2\text{max}$. Mostraram que, durante teste de esforço progressivo, o STDB do grupo com maior $VO_2\text{max}$ (46-60 ml/kg/min) era sistematicamente superior em uma ampla gama de cargas submáximas do que o do grupo com menor $VO_2\text{max}$ (28-37 ml/kg/min). Foi sugerido que indivíduos com maior $VO_2\text{max}$ possuem maior modulação vagal da FC, suportando a idéia de que a VFC está intimamente ligada à aptidão aeróbia.

No entanto, a melhora na PLiVFC no grupo TR ocorreu a despeito da não alteração da P_{Pico} - indicador da potência aeróbia máxima. A característica do treinamento, contínuo (30 minutos) e submáximo (abaixo da P_{Pico}), parece ter determinado o padrão de resposta encontrado neste estudo. Ou seja, esse tipo de treinamento deve ter favorecido a melhora dos indicadores submáximos da aptidão aeróbia. É provável que a melhora na P_{Pico} ocorra em resposta a treinamentos mais intensos, próximos à intensidade de $VO_2\text{max}$ (WENGER; BELL, 1986; BILLAT, 2001). De forma alternativa, a potência aeróbia, inferida pela P_{Pico} , pode ser mais resistente à mudança com o treinamento do que o LiVFC, e sofrer respostas mais tardias. Além disso, a possibilidade de modificações em variáveis submáximas, como o limiar de lactato, sem concomitantes modificações no $VO_2\text{max}$, é um fenômeno relatado na literatura (HENRITZE et al., 1985). Nossos achados seguem esta mesma linha, fortalecendo a idéia de que o LiVFC é uma variável promissora como índice da capacidade aeróbia.

O grupo TR apresentou redução significativa da FC de repouso e, durante o teste incremental pós-treinamento, até a potência de 189,5 W. A partir desta

potência, não houve diferença em relação ao teste pré-treinamento. O grupo TR também apresentou aumento da VFC de repouso e, durante o teste incremental, somente até a potência de 145,7 W. Deve-se ressaltar que o LiVFC pós-treinamento deste grupo ocorreu na potência de 123,1 W e que o treinamento da capacidade aeróbia foi realizado por volta da potência de 140 W (50 % da distância entre o PLiVFC e P_{pico}). O aumento da VFC como efeito do treinamento ocorreu até cargas próximas ao LiVFC, e a atenuação da FC foi um pouco além deste ponto, sem contudo influenciar os valores máximos, tanto de FC, quanto de P_{pico} . Esses achados sugerem que a faixa de intensidades influenciável pelo treinamento restringe-se a uma região próxima à sua própria intensidade.

As respostas de FC ao treinamento de apenas três semanas de duração podem ser explicadas por adaptações autonômicas, aliadas a modificações hemodinâmicas. Trabalhos têm mostrado que a menor taquicardia durante exercício com esforço progressivo resulta da modificação no balanço autonômico cardíaco pós-treinamento, associada a uma menor retirada vagal e menor intensificação da atividade simpática (BRUM et al., 2004; MEDEIROS et al., 2004). Como a atividade vagal é predominante em repouso e em cargas abaixo do limiar de lactato, a elevação da VFC ocorreu somente até cargas próximas ao LiVFC. Provavelmente, o aumento do volume plasmático seria a razão pela qual a redução na FC ocorreu até cargas mais elevadas que o LiVFC, já que esse fenômeno geraria maior enchimento ventricular e, por consequência, maior volume sistólico (MOURNIER et al., 2003), aumentando o rendimento cardíaco.

Não é possível determinar se os sujeitos do grupo TR tiveram contribuição de hipertrofia cardíaca ou de aumento no volume interno das câmaras cardíacas, na redução da FC de repouso e de exercício. Essas adaptações tenderiam a aumentar o volume sistólico, reduzindo a demanda de aumento da FC para gerar um dado valor de débito cardíaco submáximo. Evidências disponíveis na literatura apontam que modificações substanciais na estrutura cardíaca, por sobrecarga volumétrica resultante do treinamento aeróbio, parecem ocorrer em médio a longo prazo (meses a anos) (CLAUSEN, 1977). São, portanto, improváveis causas da redução da FC de repouso e de exercício.

A FC associada ao LiVFC manteve-se próxima aos 135 bpm, em ambos os grupos e momentos de realização do teste de esforço progressivo. No grupo

TR, a FC_{Relativa} não se alterou durante as três semanas de intervenção. Isso significa que, apesar da modificação significativa na PLiVFC, a resposta cronotrópica, tanto absoluta quanto relativa à máxima, manteve-se estável, indicando a manutenção do estresse imposto ao sistema cardiovascular quando da ocorrência do LiVFC. Esses resultados assemelham-se aos reportados por Lucía et al. (2000). Segundo esse grupo de investigadores, a FC associada ao limiar de lactato e limiar ventilatório manteve-se estável ao longo de uma temporada de treinamento de ciclistas de alto nível, apesar das potências no cicloergômetro de ocorrência dos limiares terem variado.

Em síntese, os resultados do presente estudo indicam que o LiVFC apresenta sensibilidade aos efeitos específicos do treinamento da capacidade aeróbia de curto prazo. Essa adaptação autonômica, que pode ser indicativa de maior atividade vagal sobre o nódulo sinoatrial, foi acompanhada por modificações cronotrópicas, que sugerem alteração da função cardiovascular, mesmo na ausência de melhora no desempenho mecânico máximo no teste de esforço progressivo. Portanto, foram encontradas neste estudo evidências a favor da validade do LiVFC como indicador de capacidade aeróbia.

Referências

- ALONSO, D. O.; FORJAZ, C. L. M.; REZENDE, L. O.; BRAGA, A. M. F. W.; BARRETTO, A. C. P.; NEGRÃO, C. E.; RONDON, M. U. P. B. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v.7, n.6, p.787-792, 1998.
- BILLAT, L. V. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. **Sports Medicine**, Auckland, v.31, n.1, p.13-31, 2001.
- BRANDÃO, M. U. P.; WAJNGARTEN, M.; RONDON, E.; GIORGI, M. C. P.; HIRONAKA, F.; NEGRÃO, C. E. Left ventricular function during dynamic exercise in untrained and moderately trained subjects. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.75, n.5, p.1989-1995, 1993.
- BRUM, P. C.; FORJAZ, C. L. M.; TINUCCI, T.; NEGRÃO, C. E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.18, n.especial, p.21-31, 2004.

- BRUNETTO, B. C.; NAKAMURA, F.Y.; HIRAI, D.M.; ROSEGUINI, B.T.; BRUNETTO, A.F. Comparação do limiar de variabilidade de frequência cardíaca com o limiar ventilatório em indivíduo adultos saudáveis. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 27., São Paulo, 2004. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, São Paulo: CELAFISCS, 2004. p.40.
- CARTER, J. B.; BANISTER, E. W.; BLADER, A. P. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. **Sports Medicine**, Auckland, v.33, n.1, p.33-46, 2003.
- CLAUSEN, J. P. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in men. **Physiological Reviews**, Bethesda, v.57, n.4, p.779-815, 1977.
- CROUSE, S. F.; ROHACK, J. J.; JACOBSEN, D. J. Cardiac structure and function in women basketball athletes: Seasonal variation and comparisons with nonathletic controls. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, v.63, n.4, p.393-401, 1992.
- GAESSER, G.A.; POOLE, D.C. Lactate and ventilatory thresholds: Disparity in time course of adaptations to training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.61, n.3, p.999-1004, 1986.
- GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Baltimore, v.24, p.35-71, 1996.
- HAUTALA, A. **Effect of physical exercise on autonomic regulation of heart rate**. 2004. 76f. Thesis – Faculty of Medicine, University of Oulu, Oulu.
- HENRITZE, J.; WELTMAN, A.; SCHURRER, R.L.; BARLOW, K. Effects of training at and above the lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.54, n.1, p.84-88, 1985.
- HICKSON, R. C.; BOMZE, H. A.; HOLLOSZY, J. O. Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.42, n.3, p.372-376, 1977.
- HICKSON, R. C.; FOSTER, C.; POLLOCK, M. L.; GALASSI, T. M.; RICH, S. Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.58, n.2, p.429-499, 1985.
- LANDRY, F.; BOUCHARD, C.; DUMESNIL, J. Cardiac dimension changes with endurance training. **The Journal of American Medical Association**, Chicago, v.254, n.1, p.77-80, 1985.
- LEICHT, A. S.; ALLEN, G. D.; HOEY, A. J. Influence of intensive cycling training on heart rate variability during rest and exercise. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Ontario, v.28, n.6, p.898-909, 2003.
- LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. M. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.4, n.1, p.29-38, 1999.
- LUCÍA, A.; HOYOS, J.; PÉREZ, M.; CHICHARRO, J. L. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, n.10, p.1777-1782, 2000.
- MEDEIROS, A.; OLIVEIRA, E. M.; GIANOLLA, R.; CASARINI, D. E.; NEGRÃO, C. E.; BRUM, P. C. Swimming training increases cardiac vagal activity and induces cardiac hypertrophy in rats. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v.37, n.12, p.1909-1917, 2004.
- MOUNIER, R.; PIALOUX, V.; MISCHLER, I.; COULDERT, J.; FELLMAN, N. Effect of hypervolemia on heart rate during 4 days of prolonged exercises. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.24, n.7, p.523-529, 2003.
- MOUROT, L.; BOUHADDI, M.; PERREY, S.; ROUILLON, J-D.; REGNARD, J. Quantitative Poincaré plot analysis of heart rate: effect of endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.91, n.1, p.79-87, 2004.
- TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **Circulation**, Dallas, v.93, n.5, p.1043-1065, 1996.
- TULPPO, M. P.; MÄKIKALLIO, T. H.; TAKALA, T. E. S.; SEPPÄNEN, T.; HUIKURI, H. V. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during

exercise. **American Journal of Physiology (Heart Circ. Physiol.)**, Bethesda, v.271, n.7, p.H244-H252, 1996.

TULPPO, M. P.; MÄKIKALLIO, T. H.; SEPPÄNEN, T.; LAUKKANEN, R. T.; HUIKURI, H. V. Vagal modulation of heart rate during exercise: Effects of age and physical fitness. **American Journal of Physiology (Heart Circ. Physiol.)**, Bethesda, v.274, n.2, p.H424-H429, 1998.

WENGER, H. A.; BELL, G. The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. **Sports Medicine**, Auckland, v.3, n.5, p.346-356, 1986.

WINDER, W. W.; HAGBERG, J. M.; HICKSON, R. C.; EHSANI, A. A.; McLANE, J. A. Time course of sympathoadrenal adaptation to endurance exercise training in man. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.45, n.3, p.370-374, 1978.

Este artigo foi aprovado na categoria de tema livre premiado do VI Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana e X Simpósio Paulista de Educação Física, na cidade de Rio Claro, Estado de São Paulo, Brasil, realizado entre os dias 25 a 28 de maio de 2005. Os critérios de arbitragem (i.e., processo duplo cego de revisão por pares) sob os quais o manuscrito foi analisado foram aqueles recomendados pela Motriz.

Endereço:

Fábio Yuzo Nakamura

Centro de Ed. Física e Desportos.

Rod. Celso Garcia Cid, km 380, Campus Universitário.

Londrina PR

86051-990

E-mail: fabioy_nakamura@yahoo.com.br