



Influências de um curto programa de treinamento aeróbio
sobre o valor do limiar de variabilidade da frequência
cardíaca em mulheres sedentárias saudáveis

*Influences of a short aerobic training program
on the heart rate variability threshold of
healthy, sedentary women*

Mário Augusto PASCHOAL¹
Tháisa Siqueira Modesto GONÇALVES²
Tháís Maria Alvarenga CARUSO²
Gabriela Mariani BRIGLIADOR³

RESUMO

Objetivo

Utilizar o método do limiar de variabilidade da frequência cardíaca para revelar possíveis melhorias da capacidade funcional cardiorrespiratória.

Métodos

Estudo prospectivo longitudinal que envolveu 18 jovens sedentárias saudáveis, com idades entre 18 e 25 anos, submetidas a um protocolo de esforço máximo em esteira rolante com velocidade inicial de 4,0km/h e acréscimos de 1,0km/h/min, até a exaustão. Durante o protocolo de esforço máximo, os batimentos cardíacos foram registrados e depois calculados por um *software* para a análise do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. Considerou-se o momento do limiar

¹ Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências da Vida, Faculdade de Fisioterapia. Av. John Boyd Dunlop, s/n., Jd. Ipaussurama, 13090-950, Campinas, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: MA PASCHOAL. E-mail: <mapascka@gmail.com>.

² Bolsista de Iniciação Científica FAPIC/Reitoria, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências da Vida, Faculdade de Fisioterapia. Campinas, SP, Brasil.

³ Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências da Vida, Faculdade de Fisioterapia. Campinas, SP, Brasil.

quando o índice desvio-padrão 1, utilizando-se a plotagem de Poincaré para calcular a variabilidade da frequência cardíaca, atingiu o valor de 3ms. Após o protocolo de esforço máximo, as voluntárias realizaram um treinamento aeróbio de 12 sessões de 40 minutos (20 minutos em esteira e 20 minutos em cicloergômetro), cuja intensidade foi estabelecida pela manutenção da frequência cardíaca a 65% da FC_{max} obtida no protocolo de esforço máximo. Após o treinamento aeróbio, o protocolo de esforço máximo foi repetido e os dados obtidos no momento do limiar de variabilidade da frequência cardíaca, pré e pós-treinamento aeróbio, foram comparados pelo teste de Mann-Whitney, com nível de significância de $p \leq 0,05$.

Resultados

As medianas no momento do limiar de variabilidade da frequência cardíaca revelaram significativas diferenças ($p \leq 0,05$), sendo: frequência cardíaca (batimentos por minuto)=141bpm antes do treinamento aeróbio e 149bpm após o mesmo; consumo de oxigênio (VO_2 , mL/kg/min)=13,4 antes do treinamento aeróbio e 30,0 após; e velocidade da esteira=6,0km/h antes e 8,0km/h após.

Conclusão

A aplicação de um programa de treinamento aeróbio de curta duração mostrou-se efetiva na melhoria da capacidade funcional cardiorrespiratória dos voluntários estudados, e o método do limiar de variabilidade da frequência cardíaca foi eficiente para mostrar essa alteração.

Termos de indexação: Estilo de vida sedentária. Exercício. Limiar anaeróbio. Teste de esforço.

ABSTRACT

Objective

This study used the heart rate variability threshold to determine if aerobic training improved cardiorespiratory functional capacity.

Methods

This prospective, longitudinal study submitted 18 young, healthy, sedentary women aged 18 to 25 years to a maximal effort protocol on a treadmill at an initial speed of 4.0km/h at 0% grade, incrementing 1.0km/h/min until exhaustion. During the maximal effort protocol, the heart beats were recorded and the heart rate was later determined by software to determine the heart rate variability threshold. The heart rate variability threshold was given when the Poincaré plot index standard deviation 1 of heart rate variability reached 3ms. The volunteers were then submitted to 12 aerobic training sessions of 40 minutes each (20 minutes on a treadmill and 20 minutes on a stationary bicycle), at an intensity of 65% of their HR_{max} , which had been determined during the maximal effort protocol. The maximal effort protocol was repeated after the aerobic training and the baseline and post-intervention heart rate variability thresholds were compared by the Mann-Whitney test. The significance level was set at 5% ($p \leq 0.05$).

Results

The following medians obtained at the heart rate variability thresholds before and after the intervention were significantly different ($p \leq 0.05$): heart rate per minute increased from 141 to 149; oxygen consumption (VO_2 , mL/kg/min) increased from 13.4 to 30.0; and treadmill speed increased from 6.0 km/h to 8.0 km/h.

Conclusion

The use of a short-lasting aerobic training program effectively improved the cardiovascular functional capacity of the volunteers, and the heart rate variability threshold successfully reflected the variation.

Indexing terms: Sedentary. Exercise lifestyle. Anaerobic threshold. Exercise test.

INTRODUÇÃO

A Frequência Cardíaca (FC), pela facilidade de sua mensuração, é um parâmetro muito utilizado nas avaliações de capacidade física. Os valores da FC, mesmo aqueles obtidos em repouso, são utilizados, muitas vezes, como referência de condição clínico-funcional, e podem influenciar na determinação de faixas de intensidade de exercício em treinamentos físicos¹.

Baixos valores de FC de repouso têm boa correlação com a existência de maior capacidade física das pessoas avaliadas, refletindo boa condição funcional e, conseqüentemente, se relacionam com bom estado de saúde². Valores altos aparentemente estão relacionados à predisposição para a ocorrência de doenças cardiovasculares, além de risco aumentado de mortalidade^{3,4}.

Uma das ferramentas não invasivas de avaliação e controle da modulação da FC pelo Sistema Nervoso Autônomo (SNA) é a análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC). Esta permite a interpretação das variações instantâneas da FC e dos intervalos R-R (iRR) batimento a batimento, decorrentes do tônus simpático e parassimpático atuantes no controle da função cardíaca^{5,6}.

Os estudos que empregam a VFC para analisar a função autonômica cardíaca são realizados em situações controladas de repouso⁷, pois há o conhecimento de que a análise sobre dados obtidos durante o exercício pode sofrer influências em detrimento de fatores como o aumento da frequência respiratória e do estado não estacionário do organismo⁸⁻¹⁰.

Essa condição de não estacionaridade, principalmente pelo aumento da FC, causa interferência sobre as análises tradicionais feitas no domínio do tempo e no domínio da frequência da VFC, inviabilizando-as.

No entanto, ao se utilizar o parâmetro *Standard Deviation 1* (SD1) busca-se, justamente, avaliar a variabilidade instantânea dos iRR empregando a plotagem de Poincaré^{2,11} e, desta forma, torna-se possível calcular as alterações dinâmicas do coração,

mesmo quando se tem uma tendência de elevação constante da FC⁹.

A plotagem de Poincaré é um método não linear de análise da VFC baseado no registro das durações de uma série de batimentos cardíacos sucessivos, medidas pelos intervalos R-R. A partir desse registro, associa-se graficamente cada intervalo R-R com o intervalo anterior⁸.

Há evidências de que o índice SD1 quantifica a modulação vagal da FC sem sofrer influência de tendências não estacionárias, pois, mediante doses progressivas de atropina, o valor de SD1 reduziu progressivamente durante o exercício físico incremental⁸.

Recentemente, surgiu a possibilidade do emprego da VFC não apenas em condições controladas de repouso, mas como um meio de detecção do Limiar Anaeróbio (LA) durante esforço físico^{2,12}.

O limiar anaeróbio distingue dois estados fisiológicos durante o exercício: um abaixo do LA, no qual as respostas cardiorrespiratórias são estáveis e a oferta e o Consumo de Oxigênio (VO_2) estão equilibrados, e o outro, acima do LA, no qual as reações orgânicas não são equilibradas influenciando na relação entre a oferta e o VO_2 ¹³.

Apesar de se tratar de um parâmetro submáximo, o LA pode ser usado como meio de avaliação da Capacidade Funcional Cardiorrespiratória (CFCR) e servir de base à prescrição de programas de exercício bem mais precisos e com baixo risco^{11,13}.

Há várias maneiras de se identificar o LA, desde aquelas que necessitam de material sofisticado e caro, como é a determinação do limiar anaeróbio pelo método ventilatório⁷, como outras menos complexas e menos dispendiosas, porém empregando métodos invasivos de dosagem de lactato e/ou bicarbonato plasmático presente no sangue^{11,13}.

No entanto, por ser o Limiar de Variabilidade da Frequência Cardíaca (LiVFC) uma metodologia ainda recente, pouco se encontra na literatura sua aplicação como forma de avaliação da CFR após curto programa de Treinamento Aeróbio (TA).

Desta forma, este estudo teve o intuito de investigar se, após ser submetidas a um TA de curta duração, jovens sedentárias saudáveis poderiam apresentar alterações significativas na CFCR determinada por índices analisados no momento do LiVFC.

Os resultados, ao se mostrarem positivos do ponto de vista da melhoria da CFCR dessa população, poderiam estimular a aplicação do mesmo protocolo em futuros estudos envolvendo pacientes que estivessem em fase pré-operatória de cirurgias eletivas de grande porte, para as quais não se pode aguardar muito tempo para a execução do procedimento.

MÉTODOS

Estudo prospectivo longitudinal realizado durante o período de agosto de 2011 a junho de 2012 e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Protocolo nº 757/09, que envolveu a participação de 18 mulheres, com idades entre 18 e 25 anos, escolhidas de modo não intencional.

A seleção correspondeu aos seguintes critérios de inclusão: mulheres que apresentassem dados adequados ao exame clínico; Índice de Massa Corporal (IMC) entre 18 e 30, pois a obesidade é um fator que pode interferir no desenvolvimento das sessões de treinamento e nos dados da VFC¹⁴⁻¹⁶; sedentárias, ou seja, sem fazer atividade física desportiva regularmente há pelo menos seis meses antes da coleta de dados inicial; não fazer uso de medicação que pudesse interferir nos dados da VFC; não ser fumante; não ingerir bebida alcoólica com frequência maior do que uma vez por semana; não estar grávida e assinar o Termo de Consentimento Livre Esclarecido Pós-Informado.

Foi realizada avaliação antropométrica através das medições de peso e estatura e, a partir destas, calculou-se o valor do IMC. Para obtenção do valor do peso corpóreo as voluntárias foram posicionadas, sem calçados e em posição bípede, sobre uma balança Filizola® (São Paulo, SP) pré-calibrada contendo

unidades de 100g. Para avaliação da estatura, as voluntárias permaneceram na mesma posição e a medida foi feita por meio de uma haste metálica (estadiômetro) com valor escalar unitário em centímetros (cm), que foi posicionada ao longo do eixo do corpo até a altura da cabeça.

O cálculo do IMC foi obtido da divisão do valor do peso sobre o valor da altura ao quadrado.

Estando as voluntárias em posição supina, foi realizada a avaliação clínica com a aferição da FC e da Pressão Arterial (PA). Para realização das ausculta cardíaca e pulmonar, foram seguidas as metodologias específicas para tais procedimentos. A FC foi verificada por meio do método palpatório do pulso radial e a PA foi obtida com o emprego de um esfigmomanômetro padrão de coluna de mercúrio WanMed® (São Paulo, SP) e um estetoscópio *Littman Classic II*®(EUA).

O Protocolo de Esforço Máximo Empregado (PEM) antes e após o programa de treinamento aeróbio foi desenvolvido em uma esteira rolante Super ATL - Inbrasport® (Porto Alegre, RS), sem inclinação e com velocidade inicial de 4,0km/h mantida por dois minutos, seguida de acréscimos de 1,0km/h/min até que se atingisse a exaustão da voluntária.

Durante a avaliação de esforço, todos os batimentos cardíacos foram registrados com o uso de um cardiofrequencímetro Polar S180® (Kempele, Finlândia), com o intuito de, posteriormente, calcular-se o LiVFC e a intensidade de esforço que seria empregada durante o TA, que correspondeu ao valor de FC equivalente a 65% da FC_{máx} obtida no PEM.

O cardiofrequencímetro cardíaco foi fixado sobre a região do precórdio, sendo este aparelho composto de um cinto captador dos sinais dos batimentos cardíacos e um relógio de pulso que permitiu a verificação e registro dos batimentos cardíacos. Posteriormente, esses dados foram enviados a um computador por meio de uma interface de sinais infravermelhos que permitiu, por meio do *software Polar Precision Performance*® (Kempele, Finlândia), a análise visual dos intervalos RR (iRR) do traçado e a respectiva detecção do momento do LiVFC.

No método para detecção do LiVFC em relação ao estudo da função autonômica cardíaca conduzido pela análise da VFC, o índice iRR (ms) expressa o valor de FC modulado pelos eferentes vago e simpático e, quanto maior o iRR, menor será a FC, e vice-versa⁵.

Neste estudo, para o referido cálculo do LiVFC, os iRR foram registrados durante a realização do PEM e os eventuais artefatos foram controlados por meio da inspeção visual dos dados e eliminados pela seleção de um filtro muito alto (*very high*), opção esta existente no próprio *software*.

Em seguida, padronizou-se a análise dividindo-a em intervalos, minuto a minuto, de todo o registro da FC obtido durante o teste. Desta forma, a cada minuto do PEM observaram-se os valores do índice SD1 expressos pelo relatório emitido pelo *software*. Quando foi atingido o valor de 3ms, estabeleceu-se esse momento do esforço como o relativo ao LiVFC^{2,11,12}.

Ressalta-se que o monitor de FC empregado no estudo (Polar S810i[®]) permite o cálculo da VFC empregando a plotagem de Poincaré¹⁷, sendo o LiVFC expresso pelos valores de SD1.

Para o cálculo indireto do consumo de oxigênio, foram utilizados os dados de equivalente Metabólicos (MET) apresentados no *display* da esteira obtidos no momento em que ocorreu o LiVFC, os quais foram multiplicados por 3,5, valor este que equivale a 1 MET. Ou seja, 1 MET=3,5 mL/O₂/kg/min.

O treinamento aeróbio foi constituído de 12 sessões com 40 minutos de duração, sendo 20 minutos de exercício na mesma esteira que foi feito o PEM, e

20 minutos em um cicloergômetro Johnson JPB 5100[®] (Xangai, China). Ressalta-se que, em termos de tempo de duração de TA, este é considerado de curta duração, pois, normalmente, os estudos voltados a essa modalidade de treinamento empregam um tempo mínimo de três meses ou, aproximadamente, 30 a 40 sessões.

O treinamento aeróbio foi realizado três vezes por semana, em dias intercalados, e a intensidade foi controlada pela manutenção da FC dentro de uma zona alvo preestabelecida individualmente, contendo 5bpm acima e 5bpm abaixo do valor de FC preestabelecido de 65% da FC_{max} obtida durante o PEM.

Os dados relativos aos valores antropométricos e clínicos foram apresentados em médias e desvios-padrão, apenas para caracterizar a amostra estudada. Os dados obtidos no momento do LiVFC estão apresentados por meio de *boxplots* nos quais estão os valores de medianas, primeiro e terceiro quartis e valores extremos, sendo a significância estatística ($p \leq 0,05$) analisada pelo teste de Mann-Whitney, escolhido pelo fato de os dados não apresentarem característica de distribuição normal.

RESULTADOS

Com os dados obtidos e demonstrados na Tabela 1, referente aos valores de médias e desvios-padrão das avaliações antropométricas e clínicas das voluntárias, pode-se concluir que todos os valores encontram-se de acordo com o estado de normalidade.

Tabela 1. Dados antropométricos e clínicos das voluntárias.

Variáveis	Valor		Valores (n=18)	
	Mínimo	Máximo	M	DP
Peso (kg)	44,6	67,70	57,20 ±	7,50
Altura (m)	1,51	1,74	1,61 ±	0,05
IMC (kg/m ²)	17,21	26,50	22,90 ±	2,80
FC (bpm)	61,00	92,00	74,50 ±	8,40
PA Sistólica (mmHg)	90,00	130,00	108,80 ±	10,70
PA Diastólica (mmHg)	60,00	105,00	74,40 ±	10,90

Nota: M: Média; DP: Desvio-Padrão; IMC: Índice de Massa Corporal; FC: Frequência Cardíaca; PA: Pressão Arterial.

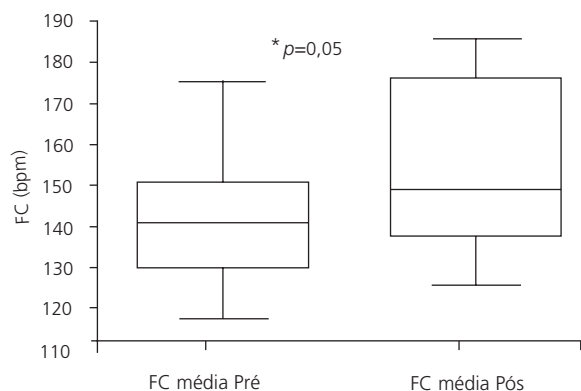


Figura 1. Valores medianos, 1° e 3° quartis e valores extremos da Frequência Cardíaca (FC) no momento do Limiar de Variabilidade da Frequência Cardíaca (LiVFC), referente às fases pré e pós-treinamento aeróbio.

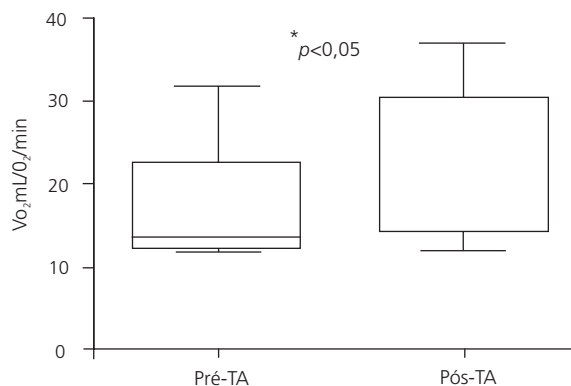


Figura 3. Consumo de oxigênio (VO_2 mL/ O_2 /min) no momento do Limiar de Variabilidade da Frequência Cardíaca (LiVFC) pré-Treinamento Aeróbio (pré-TA) e pós-Treinamento Aeróbio (pós-TA). Os dados estão apresentados em forma de *boxplots*, que representam os valores de medianas, 1° e 3° quartis e valores extremos.

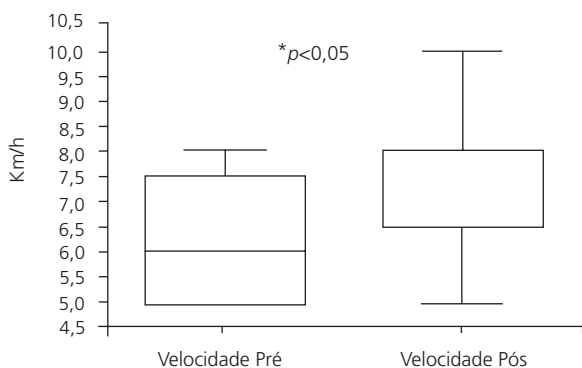


Figura 2. Velocidade da esteira no momento do Limiar de Variabilidade da Frequência Cardíaca (LiVFC), pré e pós-treinamento aeróbio. Os dados estão apresentados em forma de *boxplots*, que representam os valores de medianas, 1° e 3° quartis e valores extremos.

A Figura 1 mostra os valores de FC no momento do LiVFC e permite constatar que houve elevação significativa dos valores medianos da variável após o TA, passando de 141bpm pré-TA para 149bpm pós-TA. Ao serem registrados e analisados os valores medianos dos iRR médios que geraram os valores de FC, constatou-se que eles diminuíram após o TA, passando de 425ms (pré) para 404ms (pós), revelando a influência desses dados sobre os valores de FC.

Na Figura 2 estão apresentados os valores de velocidades da esteira obtidos no momento do LiVFC, antes e após o TA. Pode-se constatar que esses valores sofreram significativa elevação após o TA, refletindo o aumento da CFCR das voluntárias. A velocidade média atingida no LiVFC na fase pré-TA foi de 6,2km/h e, após o TA, foi de 8km/h, com $p<0,05$.

A Figura 3, mostra os valores do VO_2 (mL/kg/min). Também para essa variável houve aumento significativo de seu valor após o período de TA, passando de 13,4mL/ O_2 /kg/min (pré-TA) para 30,0mL/ O_2 /kg/min (pós-TA), confirmando a elevação da CFCR, tal qual havia sido constatado pelos resultados das outras variáveis analisadas.

DISCUSSÃO

O principal achado deste estudo foi que, após um curto programa de TA realizado com jovens sedentárias saudáveis, houve significativa melhoria dos índices que refletem a CFCR. Para se chegar a essa conclusão, foram analisados os valores da FC, da velocidade atingida na esteira e do VO_2 , todos documentados no momento do LiVFC.

Iniciando a discussão pela análise antropométrica e clínica da amostra, constata-se que os valores de estatura e peso corporal que promoveram o cálculo do IMC (Média-M=22,9, Desvio-Padrão-DP=2,8) atenderam aos critérios de inclusão das voluntárias no estudo, pois essa faixa de valor do índice é considerada a de pessoas saudáveis, não ocasionando interferências da obesidade no estudo. Sabe-se que a obesidade, além de promover elevação da atividade simpática cardíaca ao repouso¹⁴, causa elevação da PA^{15,16} e da FC¹² durante o esforço, fatores esses que, conjuntamente, poderiam interferir na avaliação da CFCR e, portanto, no valor do LiVFC.

Igualmente, constata-se que houve a devida atenção para com os dados clínicos representados pelos valores médios de PA sistólica (M=108,8, DP=10,7mmHg), PA diastólica (M=74,4, DP=10,9mmHg) e FC de repouso (M=74,5, DP=8,4bpm) das voluntárias, constatando-se que estavam adequados (Tabela 1).

Com relação à FC, sabe-se que mulheres jovens tendem a apresentar maior regulação e tônus parassimpático da FC do que homens ao repouso¹⁸ e que, também, submetidas às mesmas intensidades relativas de exercício físico, apresentam maiores valores de FC.

Ao analisar o comportamento da FC durante a aplicação dos protocolos incrementais pré e pós-TA, observou-se uma efetiva resposta cronotrópica de todas as participantes, desde o início até o pico do exercício, com elevação normal do valor da variável. Ao mesmo tempo, o parâmetro SD1 sofreu uma progressiva diminuição até chegar a 3ms - referente ao momento do LiVFC - e, a partir desse ponto, manteve-se inalterado até o fim do esforço físico, como descrito nos estudos de Alonso *et al.*¹⁰ e Yamamoto *et al.*^{19,20}.

Partindo desses pressupostos e tomando por base estudos anteriores^{10-12,21,22}, depreende-se que essas constatações dão suporte à aplicação do método de análise do LA com o emprego do LiVFC. Reforçando essa argumentação, sabe-se que, apesar de algumas divergências, comparações feitas entre o LiVFC e outros limiares, como o ventilatório e o de lactato, mostraram boa correlação^{12,21}.

Com relação ao valor de FC no momento do LiVFC, documentou-se significativa elevação de seu valor após o TA. O valor médio de FC no momento do LiVFC pré-TA foi 142,6bpm e, após o TA, foi de 155,8bpm. Ou seja, depois do TA houve uma elevação média de 13,2bpm a mais para que o LiVFC fosse atingido.

O significado desses resultados da FC no LiVFC é que as voluntárias conseguiram permanecer por mais tempo realizando o protocolo incremental em uma condição metabólica de equilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio, característica do exercício aeróbio. Portanto, ampliaram a capacidade aeróbia.

Uma hipótese que pode explicar a melhoria da eficiência do sistema cardiovascular em tão pouco tempo de TA, retratada pelo aumento do valor da FC no momento do LiVFC, é que a ativação simpática pode ter ocorrido mais tardiamente do que na fase pré-TA^{8,21}, pois sabe-se que a elevação da FC nos estágios iniciais do esforço é comandada pela ação da liberação vagal²³ e, possivelmente, esta tenha se ampliado, fazendo com que a elevação da FC simpático-dependente ocorresse em um estágio mais adiantado do protocolo de esforço incremental²⁴. Desta forma, sugere-se que após o TA a reserva cronotrópica começou a ser utilizada em intensidades maiores do que no primeiro PEM.

Outras adaptações importantes resultantes do TA, como o aumento do volume sistólico - fato este que também resultaria em melhora da *performance*, além de depender de mais tempo para ocorrer -, exigiriam uma análise por meio de exames mais apurados e específicos. Igualmente, acredita-se que modificações em microestruturas, como na atividade mitocondrial, não seriam possíveis de ocorrer em tão pouco tempo²⁵.

O fato de permanecerem por mais tempo na zona considerada aeróbia durante a realização do protocolo de esforço (na fase pré-TA, o tempo médio de duração do protocolo até que o LiVFC fosse atingido esteve entre três e quatro minutos, contados a partir do término dos dois minutos de aquecimento; enquanto após o TA este tempo esteve entre cinco e seis minutos) revela, portanto, que as voluntárias

ampliaram a sua CFCR, representada pela aumento da capacidade aeróbia, ao mesmo tempo em que realizavam maior esforço no momento do LiVFC (Figura 2).

Ao comparar os valores de FC no LiVFC aos obtidos por Nakamura *et al.*²¹ e Cavalcanti *et al.*²², constata-se que no período pré-TA eles foram, respectivamente, 8,8% e 13,1% superiores, enquanto, após o TA, foram, respectivamente, 13,7% e 18,2% superiores aos trabalhos citados.

Diferentemente do que foi obtido por Nakamura *et al.*²¹, cujo valor de FC no LiVFC não se modificou após nove sessões de treinamento feitos com intensidade aproximada de 50% do intervalo entre a potência associada ao LiVFC e a potência pico, o valor apresentado pelas voluntárias do estudo descrito elevou-se após o TA. Provavelmente, fatores diferentes entre os dois estudos, como o sexo, número de sessões, a adaptação ao protocolo de esforço e a intensidade de treinamento causaram distinção entre os dados.

Outro aspecto a destacar é que, nos estudos citados, foram utilizados protocolos feitos em cicloergômetros, enquanto neste trabalho foi empregada esteira rolante, o que geralmente proporciona maiores valores de capacidade aeróbia, expressos por maiores valores de FC no limiar anaeróbio.

Com relação à análise comparativa das velocidades atingidas no momento do LiVFC pré e pós-TA, a grande elevação que ocorreu após o TA (acréscimo de 33,3%) evidencia a melhoria da CFCR, como havia sido observado com relação à FC. Esse aspecto, sem dúvida, contribuiu para que a suplementação anaeróbia muscular passasse a ocorrer em um nível de esforço bem superior ao documentado anteriormente^{2,26}. Obviamente, essa elevação significativa na velocidade média (Figura 2) também refletiu a melhoria da condição aeróbia, expressa pelos valores de FC (Figura 1), e ambos se relacionam com os valores do VO_2 (Figura 3)²⁷.

Os dados médios de VO_2 mL/kg/min, calculados no momento do LiVFC, sofreram significativa elevação após o curto programa de TA, passando

de 17,2mL/kg/min para 23,5mL/kg/min. Nesse contexto, sabe-se que o VO_{2max} e o VO_2 submáximo, como os do momento do limiar anaeróbio, têm sido considerados como importantes parâmetros fisiológicos para a medida da CFCR^{7,28-30}, pois essa variável sofre a influência das capacidades dos sistemas cardiovascular, ventilatório e da musculatura envolvida no exercício. Portanto, apontar um fator isolado como o responsável pela melhoria do VO_2 no limiar anaeróbio após o TA seria especulação, apesar de se saber que determinados sistemas biológicos podem responder mais rapidamente do que outros a um programa de treinamento físico. Não se pode desprezar, no entanto, o fato de que, por serem sedentárias, as modificações significativas no valor das variáveis no LiVFC são mais fáceis de ocorrer do que nas pessoas já treinadas que buscam atingir um novo patamar de capacidade física.

A partir desses resultados, constatou-se que mulheres sedentárias saudáveis, mesmo que submetidas a curtos programas de TA de intensidade moderada, apresentaram ampliação de suas CFCR registradas no momento do LA obtido pelo método do LiVFC, sendo estas confirmadas pela análise da FC, VO_2 e intensidade relativa de esforço.

O índice SD1 da plotagem de Poincaré aplicado para a análise do LiVFC mostrou-se, portanto, promissor, apesar de não ter sido comparado com outros métodos de detecção de limiar anaeróbio nessa investigação, sendo esta uma limitação do estudo. No entanto, pelo fato de outras pesquisas já terem feito essa análise e terem confirmado a eficiência do método, acredita-se que essa limitação não seja relevante.

CONCLUSÃO

O emprego do método do LiVFC serviu para mostrar que o TA de curta duração e intensidade moderada promoveu melhorias na CFCR de jovens sedentárias saudáveis, podendo tanto o método de detecção do limiar anaeróbio como a proposta de treinamento ser aplicados em programas de reabilitação cardiopulmonar na avaliação dos pacientes, prescrição do exercício e controle de tratamento.

COLABORADORES

MA PASCHOAL foi responsável por coordenar a pesquisa, fazer a análise estatística e redigir o artigo. TSM GONÇALVES trabalhou na análise preliminar dos dados, elaboração de tabelas e figuras. TMA CARUSO trabalhou na triagem das voluntárias, na condução do treinamento e na coleta de dados. GM BRIGLIADOR trabalhou na triagem das voluntárias, na condução do treinamento e na coleta de dados.

REFERÊNCIAS

1. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: A longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957; 35(3):307-15.
2. Fronchetti L, Nakamura FY, Aguiar CA, De-Oliveira FR. Regulação autonômica em repouso e durante exercício progressivo: aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Por Ciênc Desp.* 2006; 6(1):21-8.
3. Kenney WL. Parasympathetic control of resting heart rate: Relationship to aerobic power. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17(4):451-5.
4. Palatini P. Need for a revision of the normal limits of resting heart rate. *J Hyertens.* 1999; 33(2):622-5.
5. 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.* 1996; 93(5):1043-65.
6. Acharya UR, Joseph KP, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: A review. *Med Bio Eng Comput.* 2006; 44:1031-51.
7. Paschoal MA, Volanti VM, Pires CS, Fernandes FC. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. *Rev Bras Fisioter.* 2006; 10(4):413-9.
8. Cambri TL, Fronchetti L, De-Oliveira FR, Gevaerd MS. Variabilidade da frequência cardíaca e controle metabólico. *Arq Sanny Pesq Saúde.* 2008, 1(1):72-82.
9. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Takala T, Seppänen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol.* 1996; 271(1Pt 2): H244-2.
10. Alonso DO, Forjaz CLM, Rezende LO, Braga AA, Barreto ACP, Negrão CE, *et al.* Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol.* 1998; 71(6):787-2.
11. Lima JRP, Kiss MAPDA. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Bras Ativ Fis Saúde.* 1999; 4(1):29-38.
12. Paschoal MA, Fontana CC. Method of heart rate variability threshold applied in obese and non-obese pre-adolescents. *Arq Bras Cardiol.* 2011; 96(6):450-6.
13. Brooks GA. Current concepts in lactate exchange. *Med Sci Sports Exerc.* 1991; 23(8):859-906.
14. Rabbia F, Silke B, Conterno A, Grosso T, De Vito B, Rabbone I, *et al.* Assessment of cardiac autonomic modulation during adolescent obesity. *Obes Res.* 2003; 11(4):541-8.
15. Burger JPW, Serne EH, Nolte F, Smulders YM. Blood pressure response to moderate physical activity is increased in obesity. *Neth J Med.* 2009; 67(8):342-6.
16. Dipla K, Nassis GP, Vrabas IS. Blood pressure control at rest and during exercise in obese children and adults. *J Obes.* 2012. doi: 10.1155/2012/147385.
17. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009; 24(2):205-17.
18. Carter JB, Banister EW, Blaber AP. The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(8):1333-40.
19. Yamamoto Y, Hughson RL, Peterson JC. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *J Appl Physiol.* 1991; 71(3):1136-42.
20. Yamamoto Y, Hughson RL, Nakamura Y. Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. *Chest.* 1992; 101(Suppl):206-10.
21. Nakamura FY, Aguiar CA, Fronchetti L, Aguiar A, Lima JRP. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbico de curto prazo. *Motriz.* 2005; 11(1):1-9.
22. Cavalcanti MDS, Reinert J, De-Oliveira FR, Bertuzzi RCM, Pires FO, Lima-Silva AE. Resposta da variabilidade da frequência cardíaca e glicemia durante o exercício incremental. *Braz J Biomotricity.* 2010; 4(4):256-65.
23. Bernardi L, Piepoli M. Autonomic nervous system adaptation during physical exercise. *Ital Heart J.* 2001; 2(8):831-9.
24. Iellamo F. Neural mechanism of cardiovascular regulation during exercise. *Auton Neurosci.* 2001; 20:66-75.
25. Leblanc PJ, Peters SJ, Tunstall RJ, Cameron-Smith D, Heigenhauser GJF. Effects of aerobic training on pyruvate dehydrogenase kinase in human skeletal muscle. *J Physiol.* 2004; 557(Pt 2):559-70.

26. Ribeiro JP, Yang J, Adams RP, Kuka B, Knuttgen HG. Effect of different incremental exercise protocols on the determination of lactate and ventilatory threshold. *Braz J Med Biol Res.* 1986; 19(1):109-17.
27. Almeida MB, Araújo CGS. Effects of aerobic training on heart rate. *Rev Bra Med Esporte.* 2003; 9(2):104-12.
28. Crescêncio JC, Martins LEB, Murta Jr LO, Antloga CM, Kozuki RT, Santos MDB, *et al.* Measurement of anaerobic threshold during dynamic exercise in healthy subjects: Comparison among visual analysis and mathematical models. *Comput Cardiol.* 2003; 30:801-4.
29. Catai AM, Chacon-Mikahil MPT, Martinelli FS, Forti VAM, Silva E, *et al.* Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. *Braz J Med Biol Res.* 2002; 35(6): 741-52.
30. Paschoal MA, Chacon-Mikahil MPT, Forti VAM, Golfetti R, Martins LEB, Gallo Junior L. Study of cardiorespiratory variables at the anaerobic threshold (AT) in trained and sedentary subjects. *Faseb J.* 1996; 10(3):376.

Recebido em: 5/9/2012
Versão final em: 14/12/2012
Aprovado em: 16/1/2013