

Efeito do treinamento físico aeróbio sobre a reativação vagal cardíaca em jovens sedentárias

Effect of aerobic physical training on cardiac vagal reactivation in young sedentary

Mário Augusto Paschoal¹
Tuanny Teixeira Pinheiro^{2,3}
Gabriela Mariani Brigliadori⁴
Thaís Maria Alvarenga Caruso⁵
Lays Nakazato Guedes de Lima²

Resumo

O objetivo foi comparar o comportamento parassimpático cardíaco durante a fase de recuperação de um exercício incremental (EI), realizado antes e após programa de treinamento aeróbio (TA). Para isso, 15 jovens sedentárias saudáveis, com idades entre 18 e 25 anos, se submeteram a um EI em esteira, com velocidade inicial de 4,0Km/h e acréscimos de 1,0Km/h/min, até atingirem a exaustão. Após, seus batimentos cardíacos foram registrados durante 10min e enviados a um computador para processamento da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), pelos índices pNN50, RMSSD e AF (u.n.) dos tempos 0-5min e 5-10min pós-esforço. Depois, submeteram-se a um TA de 12 sessões de 40min com intensidade equivalente a 65% da FC pico. Após, o EI foi repetido até que atingissem a mesma velocidade do EI da fase pré TA. Os dados pré e pós TA foram comparados por meio do teste de Kruskal-Wallis. As análises da VFC 0-5min e VFC 5-10min, não mostraram diferença entre os dados, com: a) 0-5min: pNN50 (0,3±0,7 % pré TA e 0,4±1,1 % pós TA), RMSSD (8,4±5,5ms pré TA e 9,6±7,5ms pós TA), AF(u.n.) 27,6±17,0% pré TA e 28,2± 13,8% pós TA); e b) 5-10min: pNN50 (0,1±0,4 % pré TA e 0,4±0,8 % pós TA), RMSSD (8,0±4,6ms pré TA e 10,6±7,9ms pós TA), AF(u.n.) 27,6±18,3% pré TA e 29,8± 17,5% pós TA). A aplicação do programa de TA de curta duração não se mostrou efetiva na ampliação da interferência do sistema nervoso parassimpático sobre o coração durante a fase de recuperação após EI.

Palavras-chave

Sistema nervoso parassimpático; Exercício; Frequência cardíaca.

Abstract

The objective was to compare the cardiac parasympathetic behavior during the recovery phase of an incremental exercise (IE), before and after an aerobic training (AT) program. For this, fifteen healthy sedentary young people, aged between 18 and 25 years, underwent the IE in treadmill with initial velocity of 4.0 km/h and increments of 1.0 km/h/min until exhaustion. After the MIE the heart beats were recorded during 10min. The register was sent to a computer to be processed the heart rate variability (HRV) analysis using the index pNN50, RMSSD and HF (u.n.) of the times 0-5min and 5-10min post-effort. After, underwent an AT with 12 sessions of 40min at intensity equivalent to 65% of HR peak. Subsequently, the IE was repeated until they reached the same speed of IE of the first phase before AT. The data were compared using Kruskal-Wallis test with significant level of $p < 0.05$. The HRV analysis 0-5min and 5-10min showed no differences between the data, with: a) 0-5min: pNN50 (0.3±0.7 % pre AT and 0.4±1.1 % post AT), RMSSD (8.4±5.5ms pre AT and 9.6±7.5ms post AT), HF(u.n.) 27.6±17.0% pre AT and 28.2± 13.8% post AT); and b) 5-10min: pNN50 (0.1±0.4% pre AT and 0.4±0.8% post AT), RMSSD (8.0±4.6ms pre AT and 10.6±7.9ms post AT), HF(u.n.) 27.6±18.3% pre AT and 29.8± 17.5% post AT). The application of a short duration AT was not effective to increase the parasympathetic nervous system interference on the heart during the recovery phase after IE.

Keywords

Parasympathetic nervous system; Exercise; Heart rate.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o interesse pelo estudo da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) como um índice de avaliação da função autonômica cardíaca e de prognóstico de doenças do sistema cardiovascular aumentou enormemente¹, sendo unânime nesses estudos que a menor VFC se relaciona com mal prognóstico e contribui na predição de mortalidade²⁻⁵.

Dentro desse contexto, começaram a surgir trabalhos que buscaram avaliar a VFC e a frequência cardíaca (FC) não somente ao repouso, mas durante exercício dinâmico estável e nos períodos de recuperação após esforço incremental intenso^{1,6-8}. Constatou-se que a elevação da FC durante o esforço e a sua redução durante a fase pós-esforço seria modulada pelo sistema nervoso autônomo^{9,10}. Igualmente, observou-se que a menor recuperação da FC também seria um forte preditor de mortalidade¹ e de morte súbita¹¹.

Especificamente, com relação aos ajustes autonômicos cardíacos que ocorrem no período imediatamente após um esforço intenso, sabe-se que para promover a redução dos valores de FC à condição próxima ao observado no pré-esforço, há progressiva elevação da atividade parassimpática cardíaca relacionada ao tempo transcorrido entre o final do esforço e o período de recuperação^{9,10,12-17}.

No entanto, apesar de os estudos procurarem estabelecer relações entre volume de treinamento e a magnitude da redução do valor da FC pós-esforço^{1,15} e, desta com a modulação autonômica nesse período, poucos trabalhos se preocuparam em investigar se programas de treinamento físico aeróbio de curta duração seriam eficientes em promover alteração na magnitude da reativação vagal pós-esforço em pessoas saudáveis.

Sendo assim, o presente trabalho buscou, por meio da análise da VFC, investigar o fenômeno da reativação vagal cardíaca pós-esforço, antes e após um curto programa de treinamento aeróbio, a fim de conhecer sua eventual interferência sobre as respostas de FC documentadas.

Secundariamente, esta investigação procurou fornecer novos subsídios sobre a questão do tempo necessário de treinamento aeróbio para que eventuais alterações na modulação vagal se estabeleçam sobre o coração.

Nesse sentido, de acordo com as respostas obtidas, novas propostas sobre número de sessões de treinamento aeróbio necessário para a melhoria da modulação autonômica cardíaca, envolvendo situações como a preparação de pacientes para cirurgias cardíacas ou em processos de recuperação após infarto agudo do miocárdio, poderiam ser estabelecidas.

Por esses aspectos e por sua relevância clínico-funcional, entende-se que os resultados, apesar de serem obtidos em pessoas saudáveis, podem servir de parâmetro à programação de tratamento, de treinamento físico e a estudos correlatos.

MÉTODOS

O estudo, com delineamento longitudinal, foi realizado durante o período de Agosto/2010 a Junho/2011 no ambulatório de Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica de Campinas – SP, e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos do Centro de Ciências da Vida da Universidade, protocolo nº 757/09. A pesquisa foi conduzida dentro dos padrões éticos exigidos pela Declaração de Helsinque de 1964 e de acordo com a resolução 196/96 do Ministério da Saúde.

Obedeceu às seguintes etapas:

Seleção dos voluntários

Esta correspondeu aos critérios de inclusão preestabelecidos e, dentre as pessoas que compareceram para os exames antropométricos e clínicos, foram selecionadas 15 voluntárias com idades entre 18 e 25 anos, alunas da Universidade.

Os critérios de inclusão foram: serem todas sedentárias, cuja afirmação foi obtida numa breve entrevista, e não serem fumantes; não usarem medicamentos que interferissem nas respostas cardiorrespiratórias; não terem doenças cardiorrespiratórias (aspectos confirmados pelos exames clínicos realizados); não serem obesas (ver análise do IMC) e não estarem grávidas.

Avaliação antropométrica

Esta foi realizada para aferição de peso e estatura a fim de se calcular o IMC. O valor de IMC selecionado como critério de inclusão foi entre 20 e 30 kg/m² a fim de se evitar a presença de obesidade, considerado um fator que altera a modulação autonômica cardíaca¹⁸. Para isso, as voluntárias foram posicionadas, sem calçados sobre uma balança *Filizola*[®] (São Paulo, Brasil) pré-calibrada, contendo unidades de 100 gramas. Neste mesmo aparelho, por meio de uma haste metálica com valor escalar unitário em centímetros (cm), foi aferida a estatura.

Avaliação clínica

Foram realizadas as aferições da FC e da pressão arterial (PA), ambas com o paciente em decúbito dorsal, após 3min de permanência nessa posição; além das ausculta pulmonar e cardíaca. A FC foi verificada durante 1min por meio do método palpatório do pulso radial e a PA foi aferida segundo as normas da VI Diretriz Brasileira de Hipertensão¹⁹ apenas diferenciando-se desta quanto à posição corporal do voluntário que foi utilizada. Empregou-se um esfigmomanômetro padrão de coluna de mercúrio *Wan Med*[®] (São Paulo, Brasil) e um estetoscópio *Littman Classic II*[®] (Sumaré, Brasil).

Após a avaliação clínica foi entregue a cada voluntária um documento informativo explicando sobre os controles que elas deveriam fazer e atender desde 24h antes de se submeterem ao protocolo incremental. Nessas informações constava que não poderiam ingerir chocolate, tomar café e componentes com cafeína, refrigerantes com cola, não poderiam se exercitar além das atividades ordinárias do dia-a-dia, que procurassem dormir pelo menos oito horas na noite anterior ao EI e que deveriam evitar o uso de qualquer medicação.

Também, o esforço incremental não foi realizado nos períodos de três dias antes (segundo o ciclo menstrual de cada voluntária) e três dias após a fase de menstruação.

Protocolo de esforço feito antes e após o programa de treinamento aeróbio – exercício incremental (EI)

O protocolo pré TA foi desenvolvido em uma esteira rolante *Super ATL – Inbrasport*[®] (Porto Alegre, Brasil) com velocidade inicial de 4,0km/h, mantida por dois minutos, seguida de acréscimos de 1,0km/h a cada minuto subsequente, até que o voluntário referisse exaustão²⁰.

Esse mesmo protocolo foi repetido após o TA, sendo interrompido no momento em que a voluntária atingisse a mesma velocidade ou carga absoluta que havia atingido na fase pré TA.

Durante o EI todos os batimentos cardíacos foram registrados por meio de um cardiofrequencímetro *Polar S180i*® (Kempele, Finlândia) com o intuito de se calcular o valor de 65% da FC pico obtida no referido protocolo. Depois, esses registros foram enviados a um computador por meio de uma interface que permitiu, através do *software Polar Precision Performance*® (Kempele, Finlândia) a apresentação gráfica dos intervalos R-R (iRR) normais referentes ao protocolo de esforço.

Coleta de dados relativos à análise da atividade parassimpática cardíaca

Ao término dos protocolos de esforço, as voluntárias saíram da esteira e caminharam durante 1min para se recuperar. Após, se deitaram sobre um colchonete e assim permaneceram por mais 9min. Durante todo esse tempo seus batimentos foram registrados para a análise dos dados.

Essa coleta foi realizada nos dois momentos da fase pós-esforço, sendo um antes e outro após o TA, para que os dados da modulação parassimpática cardíaca pudessem ser comparados. As análises da VFC desses períodos foram realizadas nos domínios do tempo (DT) e da frequência (DF), sendo os cálculos efetuados a partir da aplicação do algoritmo da transformada rápida de Fourier, cujos valores da variável AF – alta frequência foram calculados em unidades normalizadas – u.n.

A opção pelo cálculo da modulação vagal em unidades normalizadas foi porque nesse formato há a expressão, em porcentagem, da contribuição do sistema nervoso parassimpático sobre o valor da potência total, excluindo-se o valor da banda de muito baixa frequência (MBF), pois essa última tem valor duvidoso em registros de curta duração²¹.

O software empregado para a análise da VFC foi o *Polar Precision Performance*® e o cálculo empregado para a obtenção do valor em unidades normalizadas foi: $AF / (\text{potência total} - MBF) \times 100$, o qual seguiu as orientações da Task Force²¹.

Os valores dos parâmetros da VFC referentes aos registros dos 10min após os protocolos de esforço das fases pré TA e pós TA foram analisados, comparativamente, nos tempos transcorridos entre 0 e 5min, e entre 5 e 10min.

Na análise do domínio do tempo foram estudados os parâmetros que refletem a modulação vagal sobre o coração, como os valores dos desvios padrão dos intervalos RR normais (dp dos iRR - ms), a raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre iRR normais adjacentes = rMSSD, em ms; e a porcentagem de iRR adjacentes com diferença de duração superior a 50ms = pNN50.

No domínio da frequência foram avaliados os componentes espectrais de alta frequência (AF) – banda compreendida entre 0,15Hz e 0,4Hz, que também expressam a atividade vagal cardíaca; e a razão entre os componentes de baixa e alta frequências (BF/AF) da VFC²¹.

Coleta de dados relativa aos valores de FC

A FC média relativa aos tempos 0-5min e 5-10min da fase de recuperação pós-esforço incremental e a FC total (total do número de batimentos relativos aos períodos) foram extraídos dos relatórios emitidos pelo *software* e se encontram na Tabela 2.

O significado fisiológico de se estudar a FC média e a FC total nessa investigação é que a FC média revela um valor médio da variável no tempo delimitado de 0 a 5min e 5 a 10min após o esforço, não mostrando o seu valor absoluto nesses mesmos períodos. Ou seja, a FC total mostra o real valor do número de batimentos no referido tempo, servindo de um dado a mais para ilustrar o comportamento

da variável em questão.

Para se documentar a rápida redução da FC imediatamente após a cessação do esforço, esta também foi analisada nos momentos 15s, 30s, 60s e 120s (Figura 1). Igualmente, foram calculados os valores medianos dos deltas de FC obtidos da relação entre a FC pico e a FC após 1min e 2min da fase de recuperação pós-esforço (Figura 2).

Treinamento aeróbio (TA)

Foi constituído de 12 sessões, com 40min de duração, sendo 20min em esteira e 20min em um cicloergômetro *Johnson JPB 5100*[®] (Xangai, China), sem intervalos e realizado três vezes por semana, em dias intercalados. Ressalta-se que todas as voluntárias cumpriram as 12 sessões de TA.

Apesar de o EI ter sido desenvolvido em esteira e parte do treinamento em cicloergômetro, a intensidade prescrita para esse ergômetro também foi controlada por meio de monitorização cardíaca (FT1 Polar[®] - Kempele, Finlândia) no qual eram estabelecidas as zonas alvo de treinamento limitadas por FC de 5bpm abaixo e de 5bpm acima do valor calculado individualmente. Se a FC saísse dessa zona, o aparelho disparava um sinal fazendo com que o voluntário se ajustasse ao esforço previsto.

Análise Estatística

Os dados antropométricos e clínicos foram apresentados em tabelas com médias e desvios padrões apenas para divulgação da característica da amostra empregada no estudo.

Os valores de FC da fase de recuperação após o esforço máximo, antes e após o TA, foram analisados quanto às suas distribuições e, após serem submetidos à transformação logarítmica e mostrarem característica não normal, foram analisados pelo teste Kruskal-Wallis, com nível de significância estabelecido em $p < 0,05$. Para isso, empregou-se o programa *Graph Pad Prism 4.0*[®] (San Diego, EUA).

O mesmo teste foi empregado para análise dos dados relativos à atividade parassimpática cardíaca por meio dos índices da VFC.

RESULTADOS

Na Tabela 1, abaixo, estão os valores de idades, antropométricos e clínicos das participantes do estudo e se pode constatar que estavam adequados aos de pessoas saudáveis, pois os parâmetros encontram-se inseridos nos limites de normalidade.

São mostrados na tabela 2 os valores de médias e desvios padrões referentes ao DT e ao DF da VFC correspondentes ao registro dos batimentos cardíacos dos 5min iniciais e dos 5min finais da fase de recuperação após o EI, comparando-se as etapas pré e pós TA.

Os dados foram comparados intra e entre as fases pré e pós TA, envolvendo os tempos 0 a 5min (chamados de 5min iniciais) pós-teste incremental e 5 a 10min (chamados de 5min finais) também pós-teste incremental. Na comparação entre os momentos pré e pós TA não se obteve diferença em nenhuma das variáveis, enquanto que na comparação pré TA 0 a 5min e 5 a 10min, e pós TA 0 a 5min e 5 a 10min, as diferenças ($p < 0,05$) se restringiram às variáveis iRR, FC média e FC total.

Valores medianos de FC obtidos no pico do esforço e aos 15s, 30s, 60s e 120s após o esforço, nos períodos antes e após o período de TA, estão mostrados na Figura 1. Constata-se que a curva do comportamento da FC tem praticamente o mesmo formato antes e após as 12 sessões de treinamento feito pelas voluntárias. Por esse aspecto, não se constatou diferença nos primeiros 2min da fase de recu-

Tabela 1 – Médias e desvios padrões das idades e dos dados antropométricos e clínicos das voluntárias

Variáveis	Voluntárias (n=15)
Peso (Kg)	54,4 ± 7,3
Altura (m)	1,5 ± 0,0
IMC (Kg/m ²)	21,7 ± 2,4
Idade (anos)	20,1 ± 1,5
PAS repouso (mmHg)	112,0 ± 10,9
PAD repouso (mmHg)	75,0 ± 12,1
FC repouso (bpm)	72,9 ± 7,7

IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca

Tabela 2 – Médias e desvios padrões das variáveis estudadas no DT e no DF correspondentes aos 5min iniciais (0-5min) e 5min finais (5-10min) pós-teste das fases de pré e pós-treinamento aeróbio.

Variáveis	5min iniciais (0-5min) pós-teste fase pré TA (n=15)	5min iniciais (0-5min) pós-teste fase pós TA (n=15)	5min finais (5-10min) pós-teste fase pré TA (n=15)	5min finais (5-10min) pós-teste fase pós TA (n=15)
iRR (ms)	479,0 ± 50,7	498,1 ± 52,7	593,6 ± 58,2*	618,7 ± 71,7**
pNN50 (%)	0,3 ± 0,7	0,4 ± 1,1	0,1 ± 0,4	0,4 ± 0,8
rMSSD (ms)	8,4 ± 5,5	9,6 ± 7,5	8,0 ± 4,6	10,6 ± 7,9
FC média (bpm)	126,7 ± 13,4	121,6 ± 11,5	102,1 ± 10,3*	98,1 ± 10,2**
FC total (bpm)	635,3 ± 66,8	610,5 ± 58,4	507,7 ± 54,9*	491,7 ± 50,9**
AF (u.n.) %	27,6 ± 17,0	28,2 ± 13,8	27,6 ± 18,3	29,8 ± 17,5
Razão BF/AF	4,5 ± 3,6	3,6 ± 2,8	4,8 ± 4,7	5,3 ± 8,0

iRR = intervalos R-R; ms = milissegundos; pNN50 = porcentagem de iRR adjacentes com diferença de duração superior a 50ms; rMSSD = raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre iRR normais adjacentes; FC = frequência cardíaca; bpm = batimentos por minuto; BF = baixa frequência; AF = alta frequência, unidades normalizadas (u.n.). TA = treinamento aeróbio. * p<0,05 na comparação entre os valores dos 5min iniciais e 5min finais pré-treinamento aeróbio (TA). ** p<0,05 na comparação entre os valores dos 5min iniciais e 5min finais pós-treinamento (TA).

peração pós-esforço.

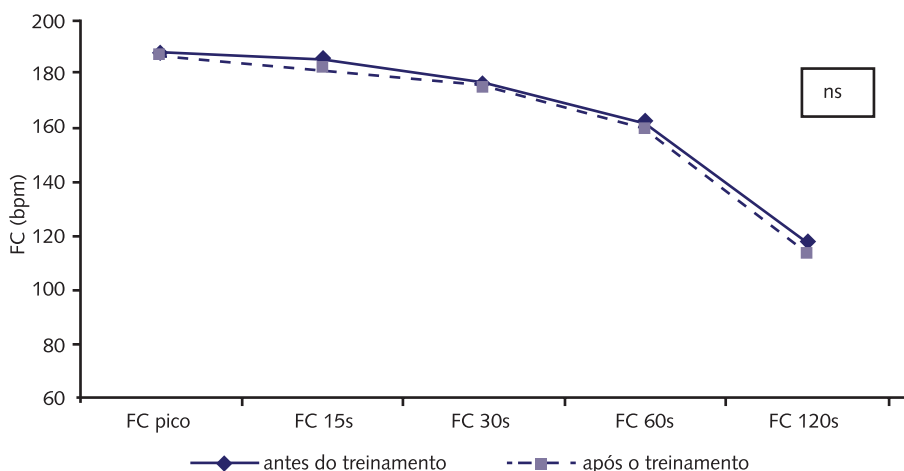


Figura 1 – Valores médios de FC obtidos no pico do esforço e 15s, 30s, 60s e 120s após o mesmo, nos momentos antes e após o período de treinamento aeróbio realizado por 12 sessões em voluntárias sedentárias saudáveis. ns = não significante.

Na Figura 2 estão os valores dos deltas de diminuição da FC 1min e 2min após o esforço. Eles foram extraídos da subtração do valor da FC pico pelos valores de FC existente nos momentos descritos acima. Notar que não houve diferença entre os dados.

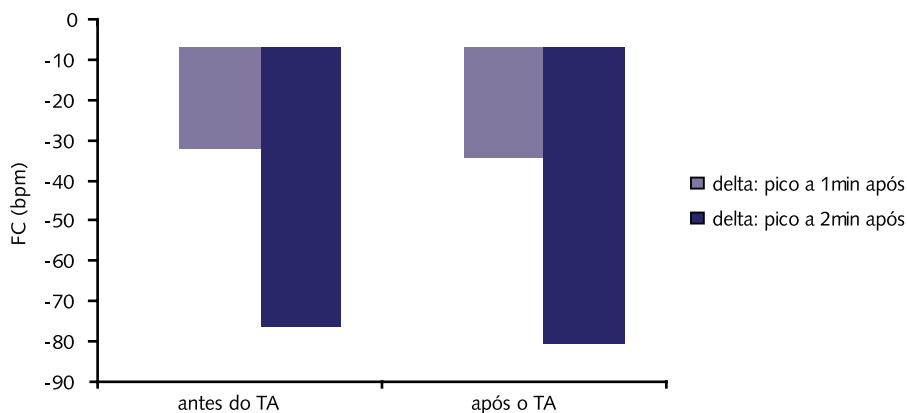


Figura 2 – Comparação dos valores medianos dos deltas de redução da FC. Em branco, observa-se o valor de redução da FC desde o momento do final do teste incremental (momento zero) até o momento do final do primeiro minuto pós-esforço, tanto antes como após o período de treinamento aeróbico de curta duração (12 sessões). Em cinza, observa-se o valor de redução da FC desde o momento do final do teste incremental (momento zero) até o momento do final do segundo minuto pós-esforço, tanto antes como após o período de treinamento aeróbico (TA) de curta duração (12 sessões).

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo é que o TA proposto, com apenas 12 sessões e feito na intensidade relativa a 65% da FC pico, não promoveu modificação na modulação parassimpática cardíaca na fase de recuperação após o EI.

Como principais fatores que podem ter interferido nos resultados, destacam-se o tempo total e diário de treinamento e a sua intensidade²². Esses são fatores amplamente conhecidos por alterarem as respostas orgânicas ao treinamento físico, no entanto, não há como testá-los ou controlá-los num só estudo.

Nesse sentido, Uusitalo et al²³ já haviam relatado que a realização de um programa de exercícios de intensidade leve já seria suficiente para que adultos saudáveis apresentassem alguma melhora na função autonômica cardíaca. Entretanto, afirmaram que o tempo de treinamento suficiente para que essas modificações pudessem ocorrer poderia variar muito, tornando-se difícil documentá-lo com exatidão.

No entanto, Yamamoto et al¹⁰ monitoraram as respostas de FC durante um treinamento aeróbico de seis semanas feito em sete indivíduos saudáveis para saber, por meio da análise da VFC, se o sistema nervoso autônomo seria o responsável pela diminuição da FC pós-esforço como resultado de adaptação ao treinamento. A intensidade aplicada foi superior à do presente trabalho, com 80% do VO_2 máx, e os autores detectaram alterações na modulação autonômica da FC após uma semana de treinamento. Portanto, conforme exposto acima, a intensidade dos exercícios, sem dúvida, é um fator a ser considerado em todos os estudos nessa linha, pois as respostas biológicas são diferentes quando os estímulos também são diferentes.

Corroborando com a afirmação acima, outros estudos²³⁻³⁰ mostraram relação significativa entre as modificações na modulação vago-simpática e o treinamento físico feito por indivíduos saudáveis, revelando aumento da atividade parassimpá-

tica cardíaca, associada ou não, à diminuição da atividade simpática. Porém, todos eles foram realizados por maior tempo de duração do que o do presente estudo e, ressalta-se, a alteração no tônus parassimpático documentada não foi obtida no período de recuperação após esforço intenso, e sim, em testes funcionais autonômicos padronizados.

Provavelmente, um dos aspectos que limita o desenvolvimento de estudos que possam confirmar o aumento da modulação vagal sobre o coração na condição pós-esforço, é a existência de um transiente de redução da FC nos primeiros instantes após a atividade prejudicando a análise da VFC pela transformada rápida de Fourier (*FFT transform*), pois esse algoritmo depende de condições de estacionariedade do traçado para ser efetivo²¹. Inclusive, há estudos³¹ propondo o emprego da *short time Fourier transform*, um método relacionado à FFT, para análise de modificações dinâmicas da VFC em períodos não-estacionários, pois assim se controlaria eventuais imprecisões decorrentes das análises feitas durante períodos não estacionários.

No entanto, apesar de essas eventuais interferências tenderem a ocorrer nos momentos iniciais do pós-esforço quando a análise é feita pelo método tradicional³¹, acreditamos que não tenham causado influência relevante sobre os dados, pois estes foram monitorados até 10min após o final do protocolo incremental.

Além dessas questões metodológicas que envolvem os primeiros momentos da fase pós-esforço, há autores que se mostram mais pragmáticos sugerindo que a VFC se manteria reduzida até 30min após um esforço intenso³², tornando difícil a detecção de sutis diferenças no tônus parassimpático cardíaco com essa ferramenta durante esse período da investigação, o que suscitaria novos estudos para que esses problemas fossem mais bem analisados.

Outro aspecto analisado no presente estudo, que estaria relacionado com as características do treinamento físico realizado e, portanto, poderia interferir nas análises da VFC, é a velocidade da queda exponencial da FC. Essa redução da FC pode ser decorrente de vários fatores, como: um efeito da propriedade intrínseca da circulação³³, ajustes dependentes da magnitude do retorno venoso, da profundidade e frequência da respiração²⁰, a soma integrada da reativação do tônus vagal e retirada do tônus simpático¹⁶, a cessação dos *inputs* oriundos do comando central e a interrupção dos sinais aferentes que partem dos mecanorreceptores presentes na musculatura esquelética envolvida no trabalho³⁴.

Todos esses fatores, de forma associada, são ativados durante a fase de recuperação após um esforço físico e o tipo, intensidade e frequência do treinamento físico que foi empregado modifica, em maior ou menor magnitude, essas respostas.

Os resultados da análise da VFC e das respostas de FC apresentados na Tabela 2 podem ser parcialmente comparados a estudos como os de Uusitalo et al³⁵, que avaliaram mulheres atletas que realizaram treinamento exaustivo de *endurance* entre seis e nove semanas e, também, não mostraram modificações no controle autonômico cardíaco e nem na FC intrínseca. O fato de já serem atletas é um fator a ser considerado, pois as eventuais modificações autonômicas cardíacas já estariam presentes e dificilmente seriam modificadas, diferentemente das pessoas sedentárias como as do presente estudo, cuja resposta inicial ao treinamento físico tende a ser sempre mais efetiva²⁹.

Ressalta-se, portanto, que no presente estudo não se encontrou diferenças ao se analisar comparativamente a VFC, após o esforço, nos momentos 0 a 5 min e 5 a 10min, tanto da fase pré como da fase pós TA. Em contrapartida, a FC média

e a FC total, se mostraram diferentes ao serem comparadas nos tempos 0 a 5 min e 5 a 10min nos mesmos períodos. Ou seja, quando se compararam os valores das referidas variáveis nos tempos 0 a 5min e 5 a 10min somente da fase pré TA ou somente da fase pós TA, eles se diferiram.

No entanto, quando esses dados foram comparados nos mesmos tempos, por exemplo, 0 a 5min pré TA comparado a 0 a 5min pós TA, constatou-se não existir diferenças significativas. Isso sugere que as diferenças encontradas na FC e FC total têm relação apenas com a duração do tempo em que os valores das variáveis foram registrados, mas não com um eventual efeito resultante do treinamento realizado.

Com relação aos valores medianos de FC observados entre 0 a 120s após o EIM (Figura 1) e entre os deltas de FC do pico ao final do primeiro e segundo minutos do esforço, período considerado importante para a predição de doenças cardiovasculares^{2,3} eles não se diferiram na comparação pré e pós TA.

Nesse sentido, as voluntárias se mostraram hígdas ao se levar em consideração as afirmações de Cole et al² e Nishime et al⁴, pois esses autores relataram que reduções de 12 batimentos cardíacos ou menos, durante o 1º minuto pós-esforço estariam relacionadas com um significativo aumento da taxa de mortalidade, fato este que não ocorreu com as voluntárias durante o EI, nem antes e nem após o TA.

Na presente investigação, os valores dos deltas de FC do pico até o primeiro minuto após o esforço (Figura 2) não se diferiram antes e após o período de treinamento, sendo de -23,6 bpm na fase pré TA e de -29,7 bpm após o TA, portanto, superiores ao proposto por Cole et al² como fator de risco cardiovascular.

Esses deltas de FC estão de acordo com os apresentados por Sugawara et al³⁶ que, apesar de também terem documentado ampliação dos valores dos deltas de FC nos momentos iniciais da recuperação na comparação pré e pós treinamento físico, o tempo de treinamento utilizado na citada investigação foi o dobro do executado no presente estudo.

Da mesma forma, os deltas de FC do pico até o 2º min após o esforço (Figura 2), confirmaram a normalidade da função cardiovascular das voluntárias que, tanto antes como após o treinamento, mostraram contínua queda da FC no referido período.

Como limitação do estudo pode-se destacar a ausência de um grupo controle que poderia trazer maiores subsídios à discussão dos resultados. Igualmente, os dados do presente trabalho não se aplicam a populações de idosos³⁷ ou indivíduos treinados³⁸, pois sabidamente a reativação vagal pós-esforço de mulheres jovens com pouca capacidade aeróbia é diferente da encontrada naquelas populações. Da mesma forma, por se preocupar apenas com uma eventual modificação da modulação autonômica cardíaca decorrente do tempo de exposição ao treinamento, não foram testadas outras hipóteses como diferentes intensidades e/ou volumes de treinamento.

Outros aspectos a serem considerados são uma eventual familiarização com o protocolo de esforço por parte das voluntárias e o curto período de análise da VFC após o esforço.

CONCLUSÃO

A aplicação de um curto programa de TA de 12 sessões, feito três vezes por semana em dias intercalados e à intensidade equivalente a 65% da FC pico, não se mostrou suficientemente efetivo na ampliação da magnitude de interferência da resposta parassimpática sobre o coração medida pela análise da VFC no período imediato

de recuperação após esforço físico incremental em jovens sedentárias saudáveis.

Além disso, novos estudos com diferentes propostas de intensidade, tempo e duração de treinamento físico aeróbio devem ser realizados e comparados. Por esses motivos, o presente estudo pode ser relevante para servir de parâmetro às futuras investigações nessa linha.

REFERÊNCIAS

1. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M et al. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006;290:H2446–H2452.
2. 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;341:1351-1357.
3. Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, Lauer MS. Heart rate recovery after submaximal testing as a predictor of mortality in a cardiovascular healthy cohort. *Ann Intern Med* 2000;132:552-555.
4. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA* 2000;284:1392-8.
5. Hull SS Jr, Vanoli E, Adamson PB et al. Do increases in markers of vagal activity imply protection from sudden death?: The case of scopolamine. *Circulation* 1995;91:2516–2519.
6. Gregoire J, Tuck S, Yamamoto Y, Hughson R. Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender and physical training. *Can J Appl Physiol* 1996;21(6):455-70.
7. Paschoal MA, Gonçalves NVO, Petrelluzzi KFS, Machado RV. Controle autônomo cardíaco durante a execução de atividade física dinâmica de baixa intensidade. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2003;5(supl A):1-11.
8. Paschoal MA, Siqueira JP, Machado RV, Petrelluzzi KFS, Gonçalves NVO. Efeitos agudos do exercício dinâmico de baixa intensidade sobre a variabilidade da frequência cardíaca e pressão arterial de indivíduos normotensos e hipertensos leves. *Rev Ciênc Méd* 2004;13(3):223-234.
9. Borrensen J, Lambert MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med* 2008;38(8):633-46.
10. Yamamoto K, Miyachi M, Saito T, Yoshioka A, Onodera S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(9):1496-502.
11. Jouven X, Empana J, Schwartz P et al. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005;352:1951-1958.
12. Ng J, Sundaram S, Kadish AH, Goldberger JJ. Autonomic effects on the spectral analysis of heart rate variability. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2009;297:H1421-H1428.
13. 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(1):318-27.
14. Shelter K, Marcus R, Frolicker VF et al. Heart rate recovery: validation and methodology issues. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:1980-7.
15. Imai K, Sato H, Hori M et al. Vaguely mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1994;24:1529-35.
16. Perini R, Orizio C, Comandè A et al. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in men. *Eur J Appl Physiol* 1989;58:879-83.
17. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006;291: H451–H458.
18. Chethan HA, Murthy N, Basavaraju K. Comparative study of heart rate variability in normal and obese young adult males. *Int J Biol Med Res* 2012; 3(2):1621-1623.
19. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Rev Bras Hipertens* 2010;17(1)11-17.
20. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R. Principles of exercise testing and interpretation. Lea & Febiger, 2a. ed, Philadelphia, USA, 1994.
21. Task Force of European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability – Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996;93:1043-1065.
22. Talanlan JL, Galloway SDR, Heigenhauser GJF, Bonen A, Spriet LL. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in

- women. *J Appl Physiol* 2007;102:1439-1447.
23. Uusitalo ALT, Laitinen T, Väisänen SB, Länsimies E, Rauramaa R. Effects of endurance training on heart rate and blood pressure variability. *Clin Physiol & Func Im* 2002;22:173-9.
 24. Paschoal MA, Polessi EA, Simioni FC. Evaluation of heart rate variability in trained and sedentary climacteric women. *Arq Bras Cardiol* 2008;90(2):74-79.
 25. Melanson EL, Freedson OS. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:442-9.
 26. Stein PK, Ehsani AA, Domitrovich PP et al. Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. *Am Heart J* 1999;138:567-76.
 27. Levy WC, Cerquera MD, Harp GD et al. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. *Am J Cardiol* 1998;82:1236-41.
 28. Al-Ani M, Munir SM, White M et al. Changes in R-R variability before and after endurance training measured by power spectral analysis and by the effect of isometric muscle contraction. *Eur J Appl Physiol* 1996;74:397-403.
 29. De Meersman RE. Heart rate variability and aerobic fitness. *Am Heart J* 1993;125:726-31.
 30. Gallo Jr L, Maciel BC, Marin-Neto JA et al. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. *Brazilian J Med Biol Res* 1989;22:631-43.
 31. Mainardi LT, Bianchi AM, Cerutti S. Time-frequency and time-varying analysis for assessing the dynamic responses of cardiovascular control. *Crit Rev Biomed Eng* 2002; 30(1-3):175-217.
 32. Javorka M, Zilla I, Balharek T, Javorka K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Bio Res* 2002;35(8)991-1000.
 33. Savin WM, Davidson DM, Haskell WL. Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. *J Appl Physiol* 1982;53:1572-1575.
 34. Rowell LB, O'Leary DS. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol* 1990;69(2):407-18.
 35. Uusitalo ALT, Uusitalo AJ, Ruscko HK. Exhaustive endurance training for 6-9 weeks did not change in intrinsic heart rate and cardiac autonomic modulation in female athletes. *Int J Sports Med* 1998;19:532-40.
 36. Sugawara J, Murakami H, Maeda S, Kuno S, Matsuda M. Change in pos-exercise vagal reactivation with exercise training and detraining in young men. *Eur J Appl Physiol* 2001;85(3-4):259-63.
 37. DeLorey DS, Kowalchuk JM, Paterson DH. Effect of prior heavy-intensity exercise on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in young and older adult humans. *J Appl Physiol* 2004;97(3):998-1005. Epub 2004 May 7.
 38. Melo RC, Santos MDB, Silva E, Quitério RJ, Moreno MA et al. Effects of age and physical activity on the autonomic control of the heart in healthy men. *Braz J Med Biol Res* 2005;38(9):1331-8.

Endereço para Correspondência

Prof. Dr. Mário Augusto Paschoal
Faculdade de Fisioterapia da Pontifícia
Universidade Católica de Campinas
Avenida John Boyd Dunlop s/n
Campus II – Jardim Ipaussurama
CEP: 13059-900 – Campinas, SP.
e-mail: fisioni@puc-campinas.edu.br
fone: (19) 3343-6820

Recebido 15/08/2012
Revisado 17/10/2012
16/11/2012
21/12/2012
Aprovado 21/12/2012