

Capacidade de trabalho físico e máximo estado estável da frequência cardíaca

Physical working capacity and maximal steady state of heart rate

Eduardo Rumenig ¹

Fábio Yuzo Nakamura ²

Maria Augusta Peduti Dal'Molin Kiss ¹

Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi ³

Resumo – Os objetivos do estudo foram verificar se a potência mecânica estimada pela capacidade de trabalho físico, no limiar da frequência cardíaca (CTF_{LFC}), correspondia à carga de trabalho equivalente ao máximo estado estável da frequência cardíaca (MEE_{FC}) e analisar a influência da duração do exercício sobre o cálculo da CTF_{LFC} . Sete sujeitos foram submetidos a um teste máximo e cinco testes em carga constante relativas ao segundo limiar metabólico (Lim2). A frequência cardíaca (FC) e a variabilidade da FC (VFC) foram estimadas por regressão linear e plotagem de *Poincaré*, respectivamente. Verificou-se diferença significativa entre a CTF_{LFC} e o MEE_{FC} , independente da intensidade empregada. Além disso, intensidades superiores a 50% do Lim2 não apresentaram estabilização da FC. No entanto, isso foi independente de controle autonômico cardiovascular, pois não havia diferença para SD1 ou SD1/SD2 em função da duração da tarefa. Em síntese, a CTF_{LFC} não representa o MEE_{FC} para adultos jovens fisicamente ativos. Adicionalmente, a ausência de estabilização da FC parece ser independente de mecanismos neurais.

Palavras-chave: Frequência cardíaca; Exercício físico; Sistema nervoso autônomo.

Abstract – The objectives of this study were to determine whether the power output measured by physical working capacity at threshold heart rate (PWC_{THR}) was equivalent to power output at the maximal steady state of heart rate (MSS_{HR}), and to analyze the influence of exercise duration on the calculation of PWC_{THR} . Seven subjects were submitted to a maximal progressive test and five bouts at constant power relative to the second metabolic threshold (Lim2). Heart rate (HR) and HR variability were estimated by linear regression and *Poincaré* plotting, respectively. There was a significant difference between PWC_{THR} and MSS_{HR} , irrespective of the intensity used. Additionally, intensities higher than 50% of Lim2 did not result in HR stabilization. However, the latter finding did not depend on cardiovascular autonomic control since there was no difference in SD1 or SD1/SD2 as a function of duration of the effort. Thus, PWC_{THR} does not represent MSS_{HR} in physically active young adults. Furthermore, the lack of HR stabilization seems to be independent of neural mechanisms.

Key words: Heart rate; Physical exercise; Autonomic nervous system.

¹ Universidade de São Paulo. Laboratório de determinantes energéticos do desempenho esportivo. São Paulo, SP, Brasil.

² Universidade Estadual de Londrina. Grupo de estudo das adaptações fisiológicas ao treinamento. Londrina, PR, Brasil.

³ Universidade de São Paulo. Grupo de Estudos e Pesquisa em Adaptações Neuromusculares. São Paulo, SP, Brasil.

Recebido em 29/01/09
Revisado em 13/07/09
Aprovado em 10/12/09

INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio (VO_2max) é tradicionalmente indicado como o método padrão ouro para a avaliação da aptidão aeróbia¹. Ele também tem sido utilizado na determinação da intensidade do treinamento físico em estudos que objetivaram a melhora de indicadores de saúde² ou do desempenho esportivo³. Todavia, a necessidade de induzir os indivíduos à exaustão constitui uma das limitações deste índice fisiológico, sobretudo, quando o teste é realizado em populações de risco. Dessa forma, investigações foram conduzidas na tentativa de estabelecer marcadores da intensidade do esforço que representam a capacidade energética durante o exercício submáximo⁴. Embora o segundo limiar metabólico (Lim2) seja considerado o principal marcador fisiológico dessa capacidade⁵, é a frequência cardíaca (FC) que tem sido a variável comumente empregada na prescrição do treinamento; devido a sua praticidade, baixo custo operacional e associação com o VO_2 ⁶. A estabilização da FC ao longo do tempo é uma das premissas mais importantes assumidas para o controle da intensidade do esforço. Segundo o Colégio Americano de Medicina do Esporte⁷, indivíduos submetidos a tarefas de cargas constantes e abaixo do Lim2 apresentam uma resposta estável da FC.

Nesse sentido, Wagner e Housh⁸ propuseram um método denominado capacidade de trabalho físico no limiar da frequência cardíaca (CTF_{LFC}), para estimar a maior potência externa que pode ser mantida por um período prolongado sem acarretar alterações significativas da FC. Do ponto de vista metodológico, a CTF_{LFC} é determinada pelo coeficiente angular (CA) da FC, obtido em quatro testes, em diferentes intensidades submáximas de esforço. Em seguida, esses valores são plotados graficamente e o intercepto da função linear entre a potência mecânica e o CA da FC representa a CTF_{LFC} . Porém, diversos estudos sugerem que fatores hemodinâmicos⁹ e neurais¹⁰ poderiam comprometer a estabilização da FC, mesmo em intensidades abaixo do primeiro limiar metabólico (Lim1)^{9,11}.

Com relação aos mecanismos neurais envolvidos no controle da FC, durante o exercício, sugere-se que a contribuição vagal diminui ao longo do tempo, ao passo que o tônus simpático aumenta¹². Isso parece estar relacionado a elevações na temperatura corporal e acúmulo de metabólitos¹³, resultantes do estresse desencadeado pelo exercício. A variabilidade da FC (VFC), que consiste na variação dos intervalos entre as sístoles ventriculares

(R-R), é comumente empregada para descrever o balanço simpato-vagal. Especificamente, utiliza-se a plotagem de *Poincaré* para avaliar a dinâmica não linear da VFC, durante o esforço¹⁴, resultando numa resolução tempo-frequência satisfatória.

Apesar da CTF_{LFC} ser empregada para prescrever¹⁵ e monitorar as adaptações fisiológicas decorrentes de um programa de treinamento aeróbio¹⁶, a seleção das cargas nos testes submáximos pode comprometer sua validade, haja vista que elas são estabelecidas arbitrariamente. Isso se deve ao fato de estudos prévios demonstrarem que durante exercícios prolongados (> 10 min) e de carga constante, não há estabilização da FC¹⁷. Portanto, o objetivo principal do estudo foi analisar a validade da CTF_{LFC} mediante sua comparação com o máximo estado estável da FC (MEE_{FC}). Além disso, também foi analisada a influência da duração do intervalo de análise dos dados sobre o cálculo da CTF_{LFC} e sobre a estimativa do comportamento simpato-vagal.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Sujeitos

Sete sujeitos do gênero masculino (idade = 24, ± 3 anos; potência aeróbia máxima = 221, ± 44 W; potência do Lim2 = 129, ± 38 W; FCmax = 197, ± 12 bpm; FC do Lim2 = 151, ± 21 bpm), saudáveis e fisicamente ativos participaram deste estudo. Todavia, um dos indivíduos realizou apenas o teste máximo progressivo e duas intensidades relativas de esforço (25 e 50% do Lim2) e foi excluído da estimativa da CTF_{LFC} . Todos foram orientados a se absterem da prática de atividade física, bebidas alcoólicas ou cafeínadas, 24 h antes de cada teste¹⁰, sendo os procedimentos empregados previamente aprovados pelo Comitê de Ética da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. Adicionalmente, os voluntários assinaram um termo de consentimento, esclarecendo de forma verbal e escrita, o protocolo e riscos inerentes ao estudo.

Procedimentos experimentais

Inicialmente, realizou-se um teste progressivo até a exaustão voluntária em cicloergômetro eletromagnético (Godart NV – type LANNOY) para determinação do Lim2 e da potência aeróbia máxima (PAM). As cinco visitas subsequentes consistiam de testes de cargas constantes, em diferentes intensidades de esforço, determinadas individualmente e de forma relativa à potência correspondente ao Lim2 (WLim2). Para todos os procedimentos, adotou-se um intervalo mínimo

de 48h e máximo de 72h entre sessões sucessivas. Os testes foram realizados no mesmo período do dia, com a temperatura ambiente semelhante (20 – 24°C) e 2h após a última refeição.

Teste progressivo até a exaustão

Os sujeitos permaneceram três minutos em repouso para familiarização com a escala subjetiva de esforço de 15 pontos proposta por Borg¹⁸, mensuração da FC e da concentração sanguínea de lactato ([Lac]) (Yellow Springs Sport - 1500, Ohio, EUA). Posteriormente, o indivíduo pedalava por três minutos com a resistência inercial do equipamento, seguido de um incremento de 70 W e um aumento de 30 W a cada estágio de três minutos. Ao final de cada estágio, 25 µl de sangue foram coletados do lóbulo da orelha para determinação do Lim2, a partir do [Lac]. A exaustão voluntária foi determinada mediante a incapacidade de manter o ritmo solicitado de 60 rpm. A potência externa correspondente à concentração fixa de 3,5 mM de [Lac] foi utilizada para representar o Lim2¹⁹, ao passo que a maior potência produzida representou a PAM²⁰.

Testes de carga constante

Os indivíduos permaneceram cinco minutos em repouso para aquisição da FC e, em seguida, desempenhavam o protocolo em carga constante por trinta minutos ou até a incapacidade de sustentar o ritmo previamente estabelecido. A intensidade dos testes de carga constante correspondia a 25, 50, 75, 100 e 125% da WLim2.

Modelagem dos dados

A FC foi gravada batimento a batimento por um cardiofrequencímetro validado²¹ (Polar S-810i). Todos os valores da FC foram editados manualmente, excluindo qualquer diferença com intervalo superior a ± 3 DP em relação ao batimento anterior. Contudo, para a estimativa da CTF_{LFC} , foram utilizados os valores médios dos 15 s finais de cada minuto, iniciados a partir do 4º min.

A CTF_{LFC} foi estimada utilizando-se o registro da FC do 4º ao 8º min. de esforço⁸. Os registros da FC foram plotados em um gráfico para obtenção do CA, utilizando a técnica de regressão linear, nos testes de carga constante. Em seguida, os resultados do CA da FC foram dispostos em um novo gráfico, em relação à carga de trabalho. O intercepto Y projetado pela função linear representou a CTF_{LFC} .

Os CA da FC empregados para determinação da CTF_{LFC} foram determinados por meio de três procedimentos, ou seja, excluindo a menor (CTF_{LFC-25}), a maior ($CTF_{LFC-125}$) ou incluindo todas as

intensidades relativas de esforço ($CTF_{LFC\ total}$).

O MEE_{FC} foi detectado individualmente de forma similar ao estudo de Perry *et al.*²². Os valores da FC medidos nos quatro minutos iniciais foram excluídos e, sobre os demais valores, até o 30º minuto de esforço, foi ajustada uma função linear da qual o CA da reta foi utilizado como referência de estabilização. A intensidade mais elevada, que gerou um CA igual ou menor a 0,1 bpm/min⁻¹, foi utilizada para representar o MEE_{FC} .

Variabilidade da frequência cardíaca

Para análise da atividade simpátovagal, utilizou-se a plotagem de *Poincaré*, que consiste num diagrama de pontos no qual cada intervalo R-R é disposto em função do intervalo anterior. A partir da análise de séries temporais, obtêm-se dois índices. O primeiro (SD1) é o resultado do desvio padrão da variabilidade instantânea dos intervalos R-R e representa o tônus parassimpático. Por outro lado, SD2 é calculado a partir do desvio padrão dos intervalos R-R de longa duração. A razão SD1/SD2 é comumente empregada como indicador da contribuição simpática¹⁴.

Conforme recomendado em estudos anteriores²³, os intervalos R-R foram agrupados em blocos de 300 s para posterior análise. Entretanto, os primeiros 300 s foram excluídos devido a mudanças repentinas da VFC ocasionadas pela transição do repouso para o início do exercício.

Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente por meio do programa SPSS® (versão 13.0) e apresentados em médias \pm DP. Todos os dados foram submetidos ao teste de *Shapiro Wilk* para verificar normalidade. Visto que não houve distribuição normal, optou-se pela plotagem de *Bland e Altman*²⁴ para analisar o limite de concordância entre os valores estimados pela CTF_{LFC} e os respectivos valores do MEE_{FC} . Assim, calculou-se o erro padrão de estimativa (EP) e o valor da distribuição de t (t_{crit}) para a amostra. Valores que excederam o cálculo da média \pm ($EP \cdot t_{crit}$) foram considerados significativamente diferentes do MEE_{FC} ²⁴.

Para verificar diferenças com relação aos índices de contribuição simpática e vagal em função do tempo e intensidade do esforço, utilizou-se ANOVA com medidas repetidas, seguido pelo teste *pos hoc* de *Bonferroni*. Para as análises paramétricas, foi assumido um $p < 0,05$.

RESULTADOS

Conforme apresentado na tabela 1, o CA estimado entre o 4º e o 8º minuto e entre o 4º e o 30º minuto de esforço apresentaram valores distintos. A FC apresentou estabilização apenas na intensidade correspondente a WLim25 quando estimado entre o 4º e o 8º minuto, ao passo que, entre o 4º e o 30º minuto, a CTF_{LFC} na WLim50 apresentou um valor muito próximo ao critério de MEE_{FC} (0,12 $bpm \cdot min^{-1}$ vs. 0,1 $bpm \cdot min^{-1}$).

Nesse sentido, na WLim25, 67% dos indivíduos apresentaram estabilização da FC, considerando os 30 minutos de esforço, ao passo que, utilizando os pontos entre o 4º e o 8º minuto, 100% dos voluntários demonstraram estabilização. Para a WLim50, analisando do 4º ao 30º minuto, 50% dos voluntários apresentaram um CA inferior a 0,1 $bpm \cdot min^{-1}$, sendo que nenhum indivíduo atendeu esse critério usando como referência o CA do 4º ao 8º minuto.

Quando a CTF_{LFC} estimada empregando diferentes intensidades de esforço foi contrastada com o MEE_{FC} nos 30 minutos de exercício, detectou-se diferença significativa (tabela 2), independente da carga empregada para o cálculo. Além disso, comparando o CA obtido entre o 4º e o 8º e entre o 4º e o 30º minuto, observou-se diferença significativa

para quase todas as cargas de trabalho ($p < 0,05$), exceto para WLim25 ($p = 0,62$) e um valor limítrofe para WLim125 ($p = 0,05$).

Não foi observada diferença significativa para SD1 (figura 1) ou a razão SD1/SD2 (figura 2) em função do tempo. Entretanto, quando analisada a influência da intensidade de esforço, observou-se diferença significativa para SD1 (Figura 3).

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi analisar a validade da CTF_{LFC} mediante sua comparação com o MEE_{FC} . Nossos resultados demonstram que essa técnica estima cargas de trabalho distintas da intensidade correspondente ao MEE_{FC} . Entretanto, essa diferença não parece estar relacionada à carga de trabalho para calcular a CTF_{LFC} , pois se observou diferença independente das potências empregadas, ou seja, excluindo a WLim25, WLim125 ou utilizando todas as cargas de trabalho. De certo modo, essa resposta poderia comprometer a utilização desse índice para prescrição do treinamento aeróbio.

Segundo autores idealizadores do método⁸, a CTF_{LFC} e o MEE_{FC} podem ser definidos como indicadores do limiar de fadiga, representando a maior intensidade de esforço que pode ser mantida

Tabela 1. Potência externa, frequência cardíaca e coeficientes angulares da FC estimados durante os protocolos de 4 e 30 minutos de esforço.

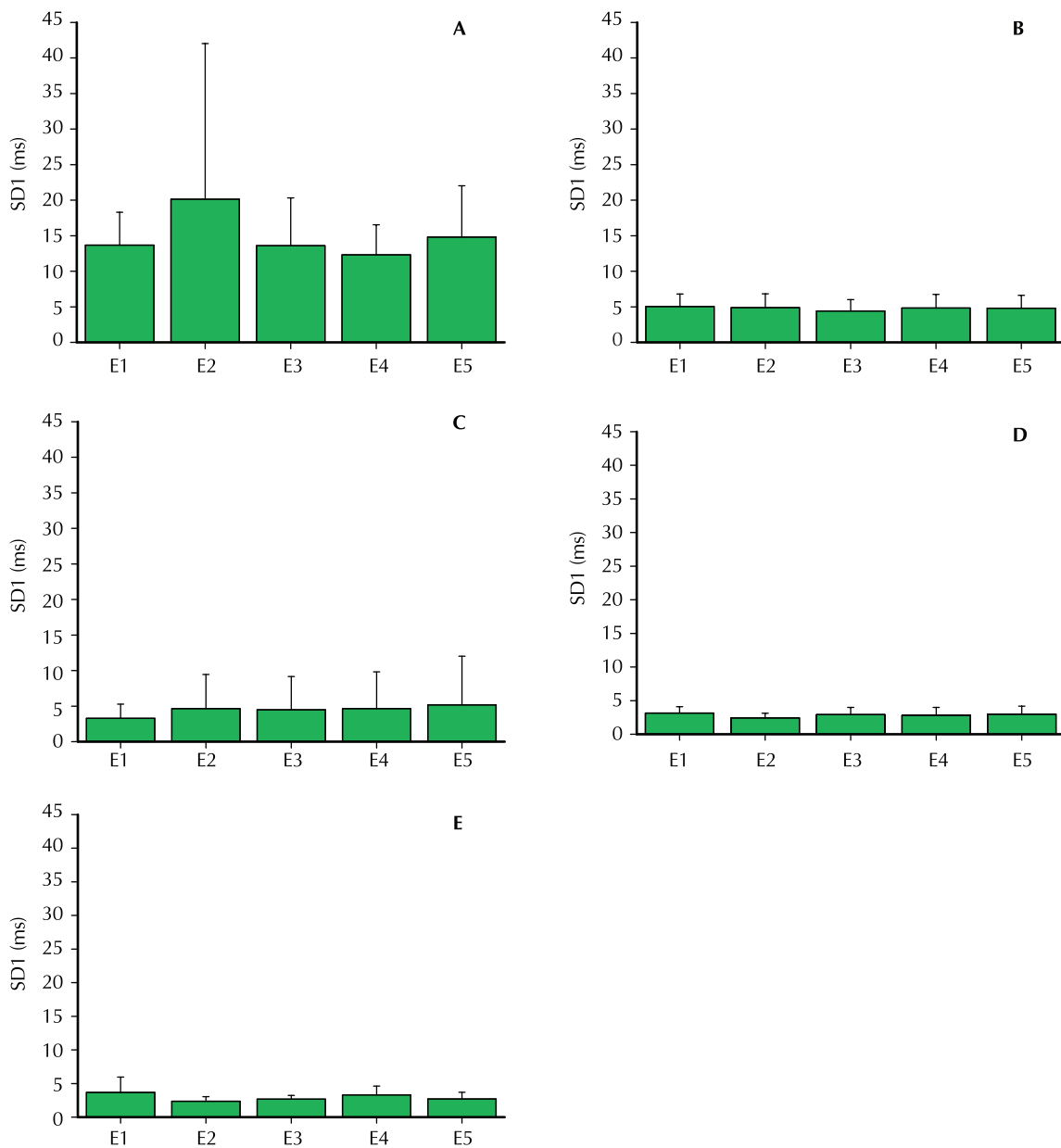
Intensidade	Potência	FC _{4-8min}	FC _{4-30min}	CA _{4-8min}	CA _{4-30min}
% Lim2	(watts)	(bpm)	(bpm)	($bpm \cdot min^{-1}$)	($bpm \cdot min^{-1}$)
25	34 ± 9	92 ± 8	94 ± 9	-0,53 ± 1,20	0,10 ± 0,06
50	69 ± 18	112 ± 11	115 ± 10	0,89 ± 0,49	0,12 ± 0,10
75	103 ± 27	137 ± 22	143 ± 24	1,93 ± 0,63	0,45 ± 0,18
100	137 ± 35	149 ± 25	159 ± 22	2,14 ± 0,69	0,96 ± 0,73
125	171 ± 44	167 ± 19	168 ± 19	2,90 ± 1,51	1,22 ± 0,80

Os dados são descritos em M e ± DP. FC_{4-8min} e CA_{4-8min} = média da FC e do CA da FC analisados do 4º ao 8º minuto de esforço; $FC_{4-30min}$ e $CA_{4-30min}$ = média da FC e do CA da FC do 4º ao 30º minuto de esforço.

Tabela 2. Estimativa da capacidade de trabalho físico no limiar da frequência cardíaca e no máximo estado estável da frequência cardíaca expresso individualmente em watts.

Sujeitos	1	2	3	4	5	6
MEE_{FC}	35	†	45	85	50	35
CTF_{LFC-25}	< 0	< 0	149*	55	48	55
$CTF_{LFC-125}$	46*	93	39	63*	45	32
$CTF_{LFCtotal}$	41	93	56*	65*	47	30
Média	31	62	72	67	48	38
± DP	21	54	52	13	2	12

Onde: MEE_{FC} = Potência correspondente ao MEE_{FC} nos 30 minutos de exercício; CTF_{LFC-25} = estimativa da CTF_{LFC} excluindo a WLim25; $CTF_{LFC-125}$ = estimativa da CTF_{LFC} excluindo a WLim125; $CTF_{LFCtotal}$ = estimativa da CTF_{LFC} utilizando todas as intensidades de esforço; † = não apresentou estabilização da FC; * = diferença significativa, quando comparado à potência correspondente a MEE_{FC} .



Sendo que A = WLim25, B = WLim50, C = WLim75, D = WLim 100 e E = WLim125. A análise foi realizada em períodos de 300 s, do 5º ao 30º minuto de exercício (E1, E2, E3, E4, E5).

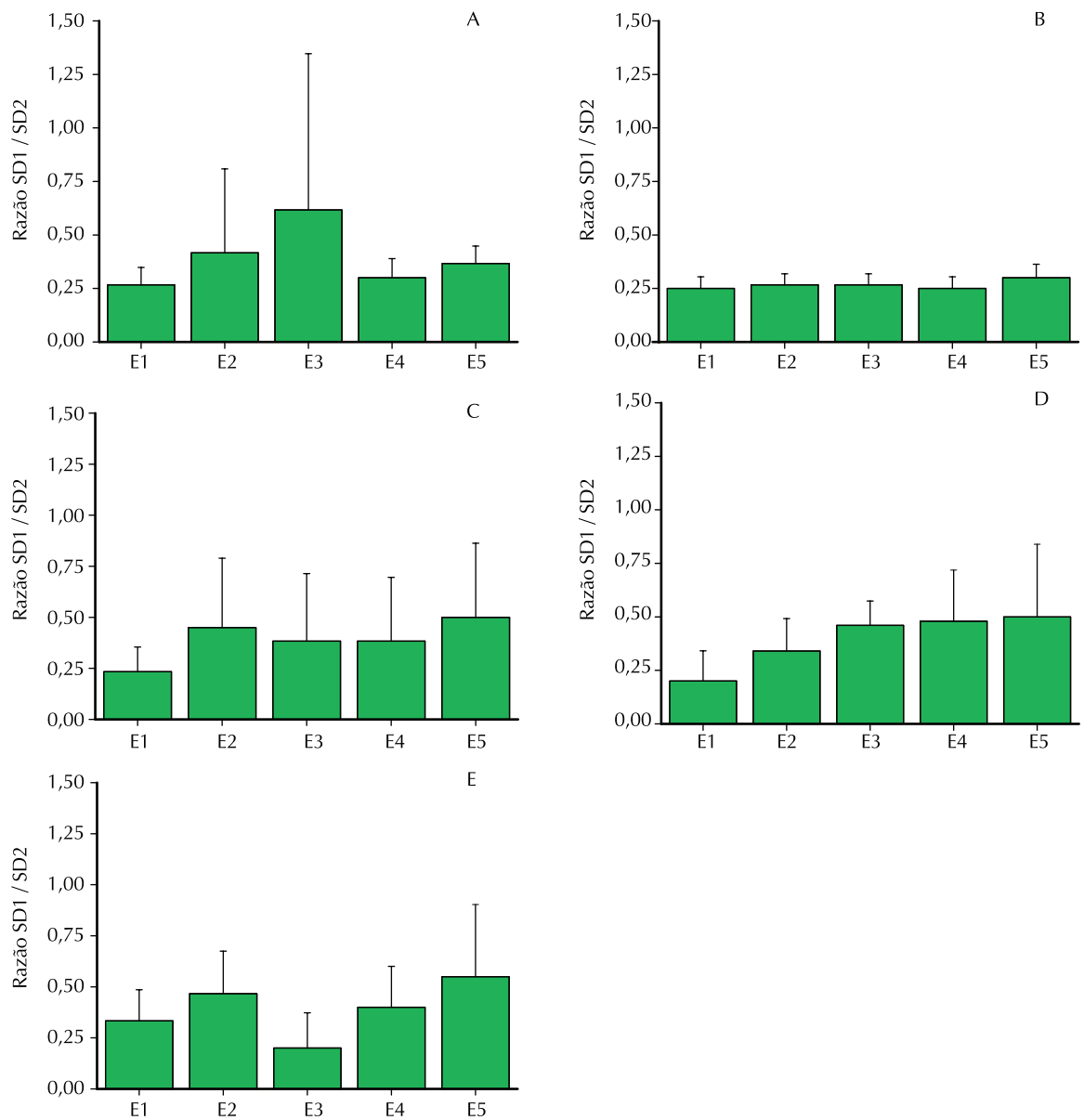
Figura 1. Comportamento da variabilidade do desvio padrão instantâneo dos intervalos R-R (SD1) em função do tempo.

por um período de até 8 horas. Portanto, uma intensidade de esforço inferior ao Lim2, com discreta contribuição anaeróbia e predominância de ácidos graxos livres como substrato energético.

Inúmeras técnicas para se determinar a intensidade que supostamente representaria o limiar de fadiga são observadas na literatura⁵, incluindo o máximo estado estável de lactato, o limiar de lactato, o limiar ventilatório, o limiar anaeróbio individual, a potência crítica e o ponto de deflexão da FC. Wagner e Housh⁸ sugeriram que cargas de trabalho que demonstravam CA da FC inferiores

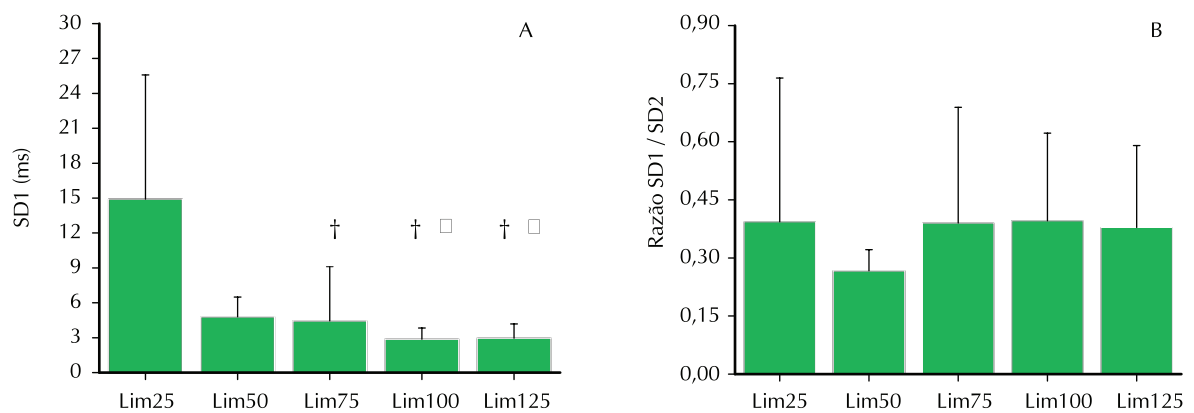
a 0.1 bpm.min⁻¹ poderiam ser mantidas por até oito horas sem acarretar interrupção precoce da tarefa. Contudo, no presente estudo essas cargas representaram apenas 25% WLim2 e 15% da PAM.

Talvez, programas de treinamento físico nessa intensidade de esforço, mesmo para pacientes portadores de cardiopatias ou síndromes metabólicas, seriam insuficientes para promover alterações fisiológicas que resultariam em melhora da aptidão cardiorrespiratória ou composição corporal. Por exemplo, em indivíduos saudáveis sedentários, Meyer et al.²⁵ demonstraram redução da FC



Sendo que A = WLim25, B = WLim50, C = WLim75, D = WLim 100 e E = WLim125. A análise foi realizada em períodos de 300 s, do 5º ao 30º minuto de exercício (E1, E2, E3, E4, E5).

Figura 2. Comportamento da variabilidade do desvio padrão, a longo prazo, dos intervalos R-R (SD1/SD2) em função do tempo.



Sendo que † = diferença significativa comparado a 25% do Lim2, ° = diferença significativa comparado a 50% do Lim2, assumindo $p < 0,05$.

Figura 3. Comportamento de SD1 (figura A) e razão SD1/SD2 (figura B) em diferentes intensidades do esforço relativo ao Lim2.

máxima (FCM), FC de repouso, FC de exercício e [Lac] de exercício em função do treinamento físico aeróbio de 12 semanas. Entretanto, o protocolo de baixa intensidade (FC 15 bpm inferior ao Lim1) ocasionou respostas inferiores comparado a moderado (90% do Lim1). No referido estudo, o Lim1 foi descrito como uma elevação de 1,5 mM na [Lac] em relação ao valor de base. Isso sugere que o treinamento na CTF_{LFC} , mesmo para indivíduos saudáveis sedentários, poderia reduzir os benefícios cardiorrespiratórios e antropométricos.

Similarmente aos sedentários saudáveis, Tjonna et al.² analisaram a influência de dois tipos de treinamento aeróbio (intervalado vs. contínuo) sobre a função cardiovascular em pacientes com síndrome metabólica. Ambos apresentavam o mesmo volume de treino, porém o protocolo intervalado era desempenhado a 90% da FCM, ao passo que o exercício contínuo era realizado a 70% da FCM. Verificaram respostas superiores para o $VO_2\max$ (35 vs. 16%), função endotelial (9 vs 5%), redução da concentração plasmática de glicose e aumento de síntese de massa muscular para indivíduos engajados no treinamento intervalado, comparado ao contínuo. Portanto, é provável que intensidades de esforço na CTF_{LFC} pudessem minimizar os efeitos benéficos associados à prática regular de exercícios aeróbios em população de risco ou sedentários, em função da carga de trabalho insuficiente.

Adicionalmente, a duração do exercício parece influenciar nos CA da FC, de modo que o intervalo entre o 4° e o 8° minuto superestimou os CA da FC comparado ao período total da tarefa (CA da FC entre o 4° e o 30° minuto). Essa resposta não parece estar relacionada à maior contribuição simpática ou retirada vagal, sendo que as diferenças associadas ao comportamento autonômico ficaram restritas à intensidade (figura 3) e não à duração do exercício (figuras 1 e 2). Possivelmente, fatores hemodinâmicos podem contribuir para esse comportamento.

A regulação do fluxo sanguíneo para os tecidos apresenta diferenças em função da duração⁹, da intensidade²⁶ e do tipo de exercício¹³. Em linhas gerais, os principais mecanismos envolvidos na regulação do fluxo sanguíneo aos tecidos ativos seriam 1) o comando central, 2) os mecanorreceptores e 3) os barorreceptores¹³. Nos minutos iniciais do esforço de alta intensidade, o estresse do exercício poderia resultar numa atividade simpática exacerbada, superestimando a demanda metabólica e o débito cardíaco. Com o prolongamento da tarefa, *feedbacks* oriundos desses três reguladores associados à maior contribuição de quimiorreceptores, poderiam normalizar essa

atividade simpática exacerbada, causando redução da FC e conseqüentemente, do CA da FC nos 30 minutos. Isso poderia, inclusive, ser a causa de um CA_{4-8min} negativo, observado na WLim25.

Entretanto, essa diminuição do CA da FC, durante os 30 minutos de esforço, deveria resultar em estabilização da FC. Mas como relatado anteriormente, em exercícios prolongados isso não ocorre, mesmo em intensidades submáximas⁹. Esse fenômeno é descrito como componente lento da FC e assim como o VO_2 , manifesta-se em intensidades superiores ao Lim1¹⁷. Desse modo, apesar de haver elevação da FC durante exercícios de carga constante submáxima, o CA da FC parece ser inferior ao mesmo índice mensurado do 4° ao 8° minuto. Talvez uma diminuição no volume de ejeção²⁷, menor eficiência diastólica²⁷ e estresse térmico⁵ acarretariam prejuízo no volume sistólico de ejeção e conseqüentemente, no débito cardíaco.

Possivelmente, a elevação da FC observada em intensidades a partir da WLim50 ocorra na tentativa de manter o débito cardíaco durante a tarefa. Isso corrobora os achados do presente estudo, que apesar de não avaliar a carga representativa do Lim1, demonstrou que a estabilização da FC, em exercícios de 30 minutos, foi restrita a intensidades de exercício inferiores a WLim50.

Todavia, existem limitações que devem ser destacadas no presente estudo. A primeira seria em relação ao tamanho restrito da amostra, que poderia exercer influência nos resultados e, conseqüentemente, nas conclusões apresentadas. Além disso, a resposta cinética da FC e a VFC podem ser influenciadas por fatores como aptidão física, idade e período de treinamento; que, por sua vez, interferiria no cálculo do CA da FC e dos indicadores autonômicos cardíacos. Porém, a amostra foi constituída por um grupo homogêneo de jovens fisicamente ativos, com uma rotina de treino similar; reduzindo, portanto, possíveis influências sobre os índices obtidos a partir da FC e da VFC.

CONCLUSÃO

As diferenças observadas entre a CTF_{LFC} e o MEE_{FC} , nos 30 minutos de esforço, comprometem a utilização da técnica para adultos jovens fisicamente ativos. Essa resposta parece ser independente da carga de trabalho empregada para sua determinação, pois excluindo a WLim25, WLim125 ou empregando todas as intensidades, as diferenças foram significantes. Além disso, não houve estabilização da FC a partir da WLim50. É possível que essa

resposta esteja associada a fatores hemodinâmicos, visto que não houve diferença em relação à atividade simpátovagal em função da duração da tarefa, sendo que essas ficaram restritas à intensidade do exercício. Por fim, os benefícios cardiorrespiratórios do treinamento físico em intensidades que acarretam estabilização da FC podem ser comprometidos, considerando que no presente estudo essa intensidade representava apenas 25% da potência correspondente ao Lim2 e 15% da PAM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bassett DRJR, Howley ET. Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(5):591-603.
- Tjonna AE, Lee SJ, Rognmo O, Stolen TO, Bye A, Haram M, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation* 2008;118(4):346-354.
- Billat V, Demarle A, Paiva M, Koralsztein JP. Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (males and females). *Int J Sports Med* 2002;23(5):336-341.
- Haddock BL, Wilkin LD. Resistance training volume and post exercise energy expenditure. *Int J Sports Med* 2006;27(2):143-148.
- Svedahl K, Macintosh BR. Anaerobic threshold: concepts and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003;28(2):299-323.
- Wingo JE, Lafrenz AJ, Ganio MS, Edwards GL, Cureton KJ. Cardiovascular drift is related to reduced maximal oxygen uptake during heat stress. *Med Sci Sports Med* 2005;37(2):248-255.
- American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams e Wilkins; 2005.
- Wagner LL, Housh TJ. A proposed test for determining physical working capacity at the heart rate threshold. *Res Q Exerc Sport* 1993;64(3):361-364.
- Fritzsche RG, Switzer TW, Hodgkinson BJ, Coyle EF. Stroke volume decline during prolonged exercise is influenced by the increase in heart rate. *J Appl Physiol* 1999;86(3):799-805.
- Hautala A, Tulppo MP, Mäkilä TH, Laukkanen R, Nissilä S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol* 2001;21(2):238-245.
- Welsh RC, Warburton DER, Humen DP, Taylor DA, McGavock J, Haykowsky MJ. Prolonged strenuous exercise alters the cardiovascular response to dobutamine stimulation in male athletes. *J Physiol* 2005;569(1):325-330.
- Almeida MB, Araújo CGS. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9(2):104-112.
- Delp MD, O'Leary DS. Integrative control of the skeletal muscle microcirculation in the maintenance of arterial pressure during exercise. *J Appl Physiol* 2004;97(3):1112-1118.
- Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Rouillon JD, Regnard J. Quantitative Poincaré plot analysis of heart rate variability: effect of endurance training. *Eur J Appl Physiol* 2004;91(1):79-87.
- Devries HA, Tichy MW, Housh TJ, Smyth KD, Tichy AM, Housh DJ. A method for estimating physical working capacity at the fatigue threshold (PWC_{FT}). *Ergonomics* 1987;30(8):1195-1204.
- Weir LL, Weir JP, Housh TJ, Johnson GO. Effect of an aerobic training program on physical working capacity at heart rate threshold. *Eur J Appl Physiol* 1997;75(4):351-356.
- Rumenig E, Bertuzzi RCM, Nakamura FY, Franchini E, Matsushigue KA, KISS MAPDK. Cinética e variabilidade da frequência cardíaca mediante exercício predominantemente aeróbio: influência da intensidade e do tempo de análise. *Rev Bras Educ Fís Esp* 2007;21(3):205-218.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14(5):377-381.
- Denadai BS, Figuera TR, Favaro ORP, Gonçalves M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Braz J Med Biol Res* 2004;37(10):1551-1556.
- Garcin M, Vautier JF, Vandewalle H, Wolff M, Monod H. Ratings of perceived exertion (RPE) during cycling exercises at constant power output. *Ergonomics* 1998;41(10):1500-1509.
- Kingsley M, Lewis MJ, Marson RE. Comparison of polar 810 s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. *Int J Sports Med* 2005;26(1):39-44.
- Perry SR, Housh TJ, Johnson GO, Ebersole KT, Bull AJ. Heart rate and rating of perceived exertion at the physical working capacity at the heart rate threshold. *J Strength Cond Res* 2001;15(2):225-229.
- Task Force of the European Society of Cardiology, The North American Society of Pacing Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996;93(5):1043-1064.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*; 1986(i):307-310.
- Meyer T, Auracher M, Heeg K, Urhausen A, Kindermann W. Effectiveness of low intensity endurance training. *Int J Sports Med* 2007;28(1):33-39.
- Sietsema KE, Daly JA, Wasserman K. Early dynamics of O_2 uptake and heart rate as affected by exercise work rate. *J Appl Physiol* 1989;67(6):2535-2541.
- Dawson EA, Shave R, George K, Whyte G, Ball D, Gaze D, et al. Cardiac drift during prolonged exercise with echocardiographic evidence of reduced diastolic function of the heart. *Eur J Appl Physiol* 2005;94(3):305-309.

Endereço para correspondência

Eduardo Rumenig Souza
Rua Frederico Grotte, 64 ap 58
Jardim Vergueiro.
CEP 05818-270 – São Paulo, SP. Brasil.
E-mail: erumenig@yahoo.com.br