

Validade de limiares de transição identificados a partir da frequência cardíaca

Validity of the Transition Threshold identified from the heart rate

FERREIRA, G A; OSIECKI, R; COELHO, R L; PEREIRA, M C de A; OLIVEIRA, F R de. Validade de limiares de transição identificados a partir da frequência cardíaca. **R. Bras. Ci. e Mov.** 2014; 22(2): 47-56.

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi verificar a validade do uso do ponto de inflexão da frequência cardíaca (PIFC) na identificação do primeiro limiar de lactato (LL1) e do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) em teste progressivo em cicloergômetro. Nove indivíduos ($26,0 \pm 4,1$ anos; $175,9 \pm 8,5$ cm; $76,2 \pm 15,1$ Kg; $12,9 \pm 4,1$ %G) desempenharam um exercício progressivo em ciclo ergômetro com carga inicial de 25 W e incrementos de 25 W/2minutos. O ponto de inflexão da FC (PIFC) foi identificado no Dmáx negativo na diferença entre um ajuste polinomial de 3º ordem e um ajuste linear de todos os pontos da relação FC/W; o limiar de variabilidade da FC (LiVFC) foi identificado no primeiro estágio no decréscimo da curva em que as diferenças entre o SD1 de dois estágios consecutivos fosse menor que 1 ms; o primeiro limiar de lactato (LL1) foi identificado na carga referente ao estágio que precede um aumento de 0,5 mmol.l-1. Não foram encontradas diferenças significativas entre a potência e a FC de ocorrência do PIFC, LiVFC e LL1 ($104,4 \pm 21,5$, $136,1 \pm 37,7$, $125,0 \pm 48,4$ W e 118 ± 17 , 131 ± 17 e 123 ± 21 bpm, respectivamente, $p > 0,05$). Entretanto, foi observado um amplo viés de identificação do PIFC quando comparado ao LiVFC e um pequeno viés da intensidade de ocorrência do PIFC e LL1 e não foram encontradas associações significativas entre as variáveis identificadas no PIFC e as variáveis identificadas no LL1 e LiVFC, $p > 0,05$. De acordo com esses resultados, PIFC é encontrado em intensidades abaixo do LL1 e LiVFC.

Palavras-chave: Exercício; Teste Progressivo; Frequência Cardíaca.

ABSTRACT: The aim of this study was to verify the validity in the use of the Heart Rate Inflection Point (HRIP) to identify the first Lactate Threshold (LT1) and the Heart Rate Variability Threshold (HRVT) in a progressive test with cycle ergometer. Nine individuals (26.0 ± 4.1 years; 175.9 ± 8.5 cm; 76.2 ± 15.1 Kg; 12.9 ± 4.1 Fat %) performed progressive exercise in the cycle ergometer, with initial load of 25 W with increments of 25 W every 2 minutes. The Heart Rate Inflection Point (HRIP) was found in the negative Dmax of the difference between the 3rd degree polynomial fit and the linear fit of all the points in the HR versus Power plot. The Heart Rate Variability Threshold (HRVT) was identified in the first stage of the curve where the difference between the SD1 of two consecutive stages was less than 1 ms. The First Lactate Threshold (LT1) was identified in the load of the last stage before an increase of 0.5 mmol.L-1. There were no significant differences between the power and the HR of occurrence of the HRIP, HRVT and the LL1 (104.4 ± 21.5 W, 136.1 ± 37.7 W, 125.0 ± 48.4 W and 118 ± 17 bpm, 131 ± 17 bpm, 123 ± 21 bpm, respectively, $p > 0.05$). Nonetheless, a high bias in the identification of the HRIP when compared to the HRVT and a small bias of the intensity of occurrence of the HRIP and LT1 were observed. No significant associations between the HRIP and LT1 and HRVT identification variables was found, $p > 0.05$) These results show that HRIP is found in lower intensities than the LT1 and the HRVT

Key Word: Exercise; Progressive Test; Heart Rate.

Guilherme Assunção Ferreira¹
Raul Osiecki¹
Rogério Luz Coelho
Michel Cardoso de Angelis Pereira²
Fernando Roberto De Oliveira²

¹ Universidade Federal do Paraná
² Universidade Federal de Lavras

Recebido: 21/11/2013
Aceito: 14/04/2014

Contato: Guilherme Assunção Ferreira - guilhermeedf@hotmail.com

Introdução

A Frequência Cardíaca (FC), pela facilidade de mensuração, é uma variável comumente utilizada na fisiologia do exercício¹. Durante a realização de protocolos de testes progressivos o comportamento da FC permite a identificação de dois pontos de transição fisiológica (PT)²⁻⁴. Diversos estudos sugerem que a identificação destes PT estão associados ao comportamento sigmoide “S” da FC, dividindo-a em duas fases, uma côncava e outra convexa^{2,4-7}. Adicionalmente, o comportamento da variabilidade da FC (VFC) medido pelo SD1 dos intervalos R-R instantâneos em exercício progressivo decresce até atingir um platô⁸, permitindo a identificação de um limiar de VFC (LiVFC). O LiVFC é identificado em intensidade similar ao primeiro limiar de lactato (LL₁)^{9,10}.

O primeiro PT da quebra da linearidade da FC é identificado em baixas intensidades durante a fase côncava da FC^{2,3}. Lima⁶, sugere que em baixas intensidades ocorre a aceleração da FC devido à retirada vagal e aumento da atividade simpática na modulação autonômica, para o autor, este evento é observado em intensidades similares ao LL₁ e ao LiVFC. A partir da década passada, alguns autores começaram a utilizar este evento como descritor de primeiro limiar de transição fisiológica (LT₁), o descrevendo como o ponto em que ocorre a primeira quebra da linearidade da FC e o denominando de ponto de inflexão da frequência cardíaca (PIFC)³⁻⁵. O segundo PT da FC, denominado de ponto de deflexão da FC (PDFC), consiste na fase convexa da FC e o mesmo está associado ao segundo limiar de lactato (LL₂)¹¹⁻¹³. Conconi et al.¹³ foram os primeiros a descrever o PDFC na literatura; os autores ao avaliarem corredores de *endurance* identificaram o PDFC em cargas similares ao LL₂. Desde então, o PDFC vem sendo utilizado como indicador do LL₂^{3,4,11,12,14,15}.

O significado do PDFC parece estar bem elucidado na literatura. Entretanto, em estudos realizados com o PIFC, sendo de nosso conhecimento apenas Costa, Lima and De Oliveira⁵ compararam a intensidade de ocorrência do PIFC e intensidade de ocorrência dos LT identificados a partir de variáveis referência (i.e. limiar de lactato e limiar ventilatório), como resultado, os autores identificaram o PIFC em intensidade entre o LL₁ e o LL₂. Recentes estudos investigaram a possibilidade de identificação do PIFC^{3,4,16}, no entanto, estes estudos não compararam a intensidade de ocorrência do PIFC com variáveis padrões de identificação dos LT (i.e. limiar de lactato e limiar ventilatório), mas sugerem que a intensidade de ocorrência do PIFC seja similar à intensidade de identificação do LL₁. Lima⁶ observou que a parte côncava da curva da FC ocorre em intensidades similares ao LL₁ e ao LiVFC. Em tese, parece razoável assumir que o PIFC possa ser identificado em intensidade similar ao LL₁ e LiVFC. Deste modo, ainda existe um conflito sobre a intensidade de identificação do PIFC, portanto, faltam estudos que investiguem a intensidade de ocorrência do PIFC e sua associação com variáveis de referência para identificação dos LT, sendo importante determinar qual a real intensidade de ocorrência do PIFC. Além disto, seria interessante avaliar se

o comportamento curvilíneo inicial da FC está associado à regulação autonômica cardíaca. A FC é uma ferramenta de fácil acesso e de baixo custo operacional¹. Neste sentido, índices fisiológicos de performance identificados a partir do comportamento da FC são metodologias atraentes para uso frequente em rotinas de avaliação, assim, a possibilidade de determinar o LL₁ a através do PIFC se torna uma importante ferramenta neste processo. Portanto, estudos que determinem qual a real intensidade de ocorrência do PIFC são necessários.

Desta maneira, os objetivos do presente estudo foram: I) verificar a validade do uso do PIFC na identificação do LL₁ e do LiVFC em teste progressivo em cicloergômetro; II) verificar a associação entre o PIFC e LL₁ e entre PIFC e LiVFC; III) verificar a concordância entre o PIFC e LL₁ e entre PIFC e LiVFC. Nossa hipótese inicial é que o PIFC é encontrado em intensidade similares ao LL₁ e LiVFC. Portanto, este trabalho fornece informações adicionais sobre a intensidade de ocorrência do PIFC.

Materiais e Métodos

Amostra

Nove indivíduos 26,0 ± 4,1 anos; 175,9 ± 8,5cm; 76,2 ± 15,1Kg; 12,9 ± 4,1 por cento de gordura corporal (%G); estudantes universitários fisicamente ativos foram selecionados em uma amostragem não probabilística intencional para participarem do estudo. Todos participantes foram informados e esclarecidos a respeito dos objetivos e da metodologia experimental a que foram submetidos e em concordância assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Puc – Minas sob n° de protocolo CAAE – 0084.0.213.000-11.

Desenho Experimental

Os sujeitos desempenharam um exercício progressivo em ciclo ergômetro (Ergo Fit 167, Ergo-Fit GmbH & Co., Pirmasens, Alemanha) com carga inicial de 25W durante 4 minutos e incrementos de carga de 25W a cada dois minutos. Os indivíduos deveriam manter a rotação indicada entre 60 a 70 rotações por minuto. O teste foi encerrado quando os indivíduos não conseguiram manter a rotação indicada ou por exaustão voluntária.

Variáveis mensuradas

A resposta da Frequência Cardíaca (FC) foi obtida a partir da análise dos intervalos R–R por um cardiofrequencímetro (Polar Electro Oy, FI-90440, Kempele, Finlândia). As concentrações de Lactato sanguíneo foram mensuradas através de um analisador automático validado¹⁷ (Accutrend Plus®, Roche Diagnostics GmbH, Alemanha) a partir de 25µL de sangue arterializado da polpa digital do dedo indicador direito imediatamente inserido na tira. Essas amostras foram obtidas a cada 15 segundos finais dos estágios.

A potência máxima ($W_{m\acute{a}x}$) foi determinada pela intensidade alcançada no último estágio completo. Quando o último estágio não foi completo, a $W_{m\acute{a}x}$ foi ajustada pelo proposto de Kuipers et al.¹⁸: $W_{m\acute{a}x} = WAUC + [(t/120)*25]$.

WAUC é a intensidade alcançada no último estágio completo e $[(t/120)*25]$ é o tempo de permanência no último estágio dividido pela duração do estágio multiplicado pela W .

A exaustão foi assumida quando os indivíduos não conseguiram manter a cadência de pedalada determinada

e/ou a FC atingiu valores de ± 10 bpm da FC máxima predita ($FC_{m\acute{a}xpre.}$), considerando que a $FC_{m\acute{a}xpred.} = 220 - idade$ (anos)¹⁹.

Crêterios de identifica o dos limiares de transi o fisiológica

Determina o do Primeiro Limiar de Lactato

O primeiro limiar de lactato (LL_1) foi identificado na carga referente ao estágio que precede um aumento de $0,5$ $mmol.l^{-1}$ na $[La]$ ao estágio sucessor²⁰ (FIGURA 1).

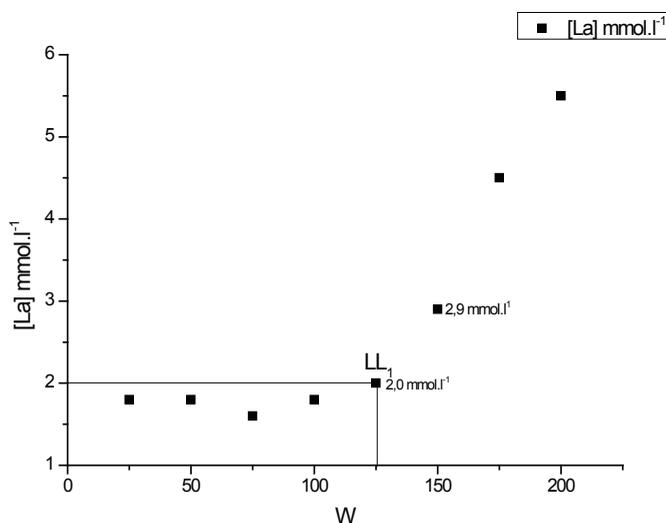


Figura 1. Curva de lactato em fun o da potência W de um indivíduo representativo da amostra e identifica o do LL_1 na carga referente ao estágio que precede um aumento de $0,5$ $mmol.l^{-1}$ na $[La]$ ao estágio sucessor²⁰.

Determina o do Limiar de Variabilidade da Frequência Card cia

O limiar de variabilidade da frequência card cia (LiVFC) foi identificado na intensidade referente ao

primeiro estágio, no decréscimo da curva, em que as diferenças entre o SD1 de dois estágios consecutivos fosse inferior a 1 ms ²¹ (Figura 2).

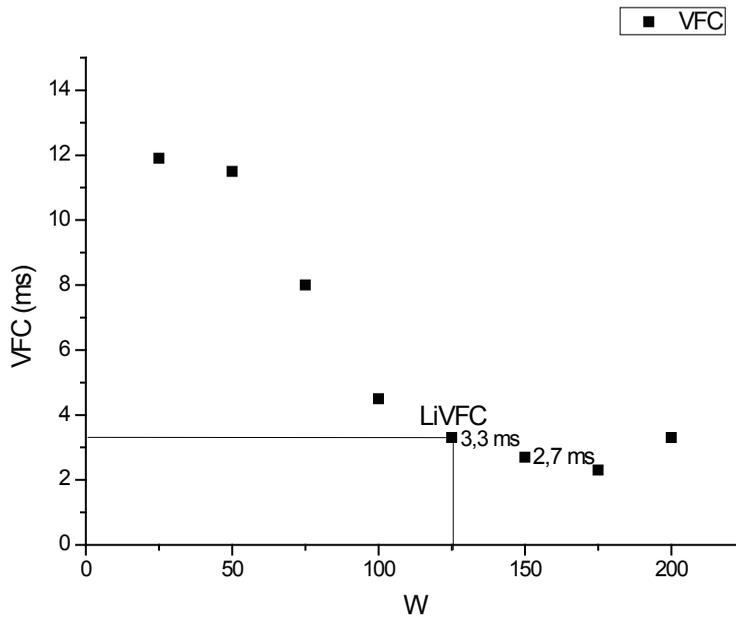


Figura 2. Curva da VFC em função da potência W de um indivíduo representativo da amostra e identificação do LiVFC na intensidade referente ao primeiro estágio, no decréscimo da curva, em que as diferenças entre o SD1 de dois estágios consecutivos fosse inferior a 1 ms²¹.

Determinação do Ponto de Inflexão da Frequência Cardíaca

PIFC - foram plotados a FC pela intensidade (W) e feito um ajuste polinomial de 3º ordem e um ajuste linear

de 1º grau. Em seguida obtido os valores das duas equações e calculado a diferença entre as equações, o PIFC foi identificado no menor valor observado (Dmáx negativo)² (Figura 3 e 4).

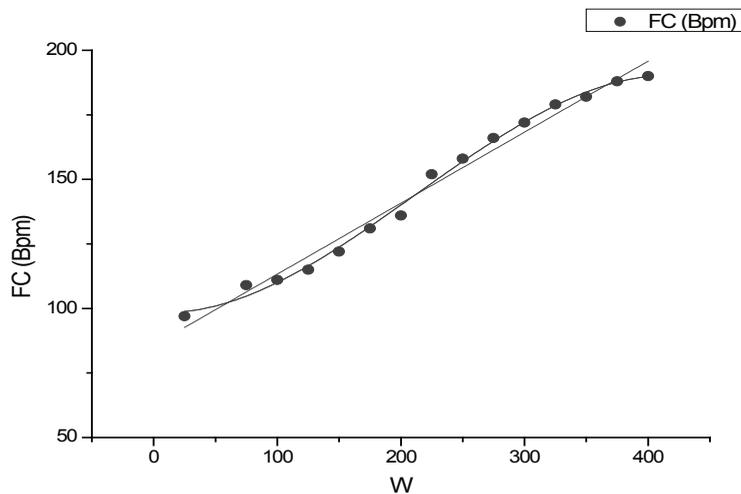


Figura 3. Comportamento da FC em função da potência W de um indivíduo representativo da amostra, ajustada por uma função polinomial de 3º e uma equação Linear.

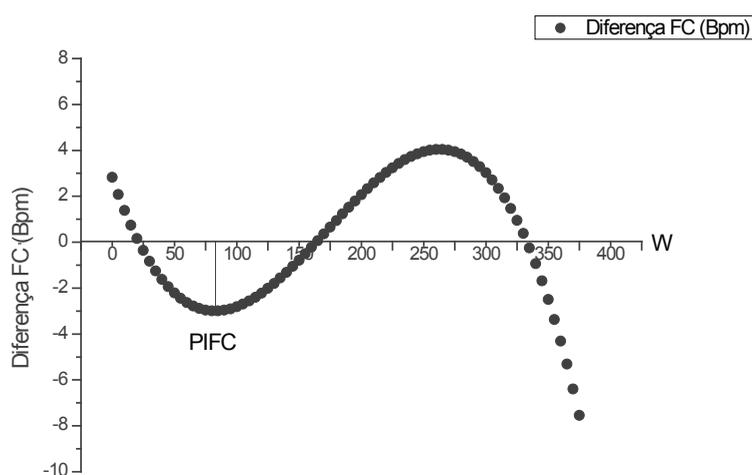


Figura 4. Curva formada pela diferença entre os valores da FC obtidos pelo ajuste polinomial do 3º grau pelos valores obtidos pelo ajuste linear. Valores observados em um indivíduo representativo da amostra.

Tratamento estatístico

Inicialmente foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro Wilk para verificar a normalidade dos dados, sendo observada normalidade dos dados, e a estatística paramétrica adotada, exceto para tratamento da FC que não foi observada distribuição normal. Para caracterização dos sujeitos foi utilizada a estatística descritiva e os dados expressos em média e desvio padrão. A análise de variância foi utilizada para comparação das variáveis paramétricas, e a anova de Friedman para variáveis não paramétricas. Para associação entre as variáveis foi usada a correlação simples de *Pearson* para as variáveis paramétricas e *Spearman's Rank* para variáveis não paramétricas. O grau de concordância foi analisado através da análise de

Bland-Altman. Adicionalmente foi aplicado o teste de homogeneidade das variâncias. O tamanho do efeito foi calculado e interpretado como o proposto por Hopkins (2013) (<http://www.sportsci.org/resource/stats/>): ≤ 0.2 trivial; > 0.2 e ≤ 0.6 pequeno; > 0.6 e ≤ 1.2 moderado; e > 1.2 amplo. Foi adotado o nível de significância $p < 0,05$.

Resultados

O PIFC foi identificado em 9/100% dos indivíduos que participaram do estudo. Quando os limiares foram expressos em termos absolutos (W e FC) e relativos (%Wmax e %FC) não foram encontradas diferenças significativas, $p > 0,05$ (TABELA 1). Não foi observada homogeneidade para variância das variáveis, $p > 0,05$.

Tabela 1. Potência e Frequência Cardíaca (absoluta e relativa) correspondente ao Ponto de Inflexão da Frequência Cardíaca (PIFC), Limiar de Variabilidade (LiVFC) e Primeiro Limiar de Lactato (LL₁).

	PIFC	LiVFC	LL ₁	Tamanho do Efeito (TE)
W	104,4 ± 21,5	136,1 ± 37,7	125,0 ± 40,9	PIFC vs LL ₁ TE = 0,6 pequeno
FC	118 ± 17	131 ± 17	123 ± 21	LiVFC vs LL ₁ TE = 0,3 pequeno
%Wmax	40,9 ± 7,4	52,0 ± 15,2	49,5 ± 10,9	LiVFC vs PIFC TE = 1,1 moderado
%FCmax	63,3 ± 7,4	70,2 ± 8,8	66,0 ± 9,7	

Não foram encontradas diferenças significativas entre a W e FC de identificação do PIFC, LiVFC e LL₁ em termos absolutos e relativos, $p > 0,05$.

Não foram observadas associações significativas entre a W e a FC de ocorrência do PIFC e o LL₁ ($r = -0,48$ e $r = 0,33$, $p > 0,05$), entre o LiVFC e LL₁ ($r = -0,17$ e $r = -0,45$, $p > 0,05$) e o LiVFC e PIFC ($r = 0,17$ e $r = 0,30$, $p > 0,05$). O tamanho do efeito encontrado entre a intensidade de ocorrência foi de pequeno a moderado (PIFC vs LL₁, LiVFC vs LL₁ e PIFC vs LiVFC, respectivamente). Foi encontrado

um baixo viés entre a W correspondente ao PIFC e a W correspondente ao LL, $-20,6$ W ou $-7,6\%$. Por outro lado, foi observado consistência nos valores da FC correspondente ao PIFC e a FC correspondente ao LL com um viés de 5 bpm ou $2,7\%$ (Figura 5 e 6). Contudo, foi encontrado um viés entre a W correspondente ao PIFC e a W correspondente ao LiVFC, $-31,7$ W ou $-11,7\%$ e foi observado um pequeno viés para os valores da FC correspondente ao PIFC e a FC correspondente ao LiVFC com um viés de 13 bpm ou $-6,8\%$ (Figura 7 e 8).

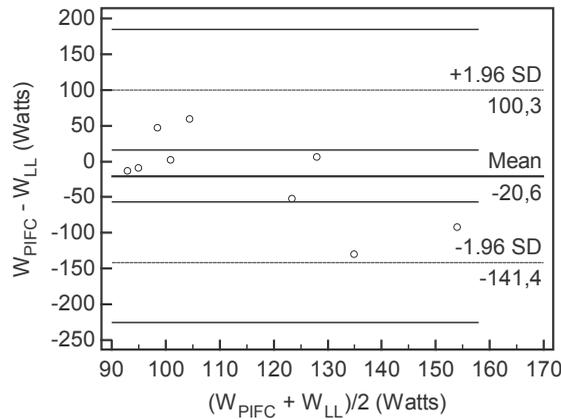


Figura 5. Análise de Bland-Altman com a linha contínua mostrando o viés entre a W correspondente ao PIFC e a W correspondente ao LL e a linha tracejada mostrando o limite de confiança dado pela média $\pm 1,96 \cdot DP$.

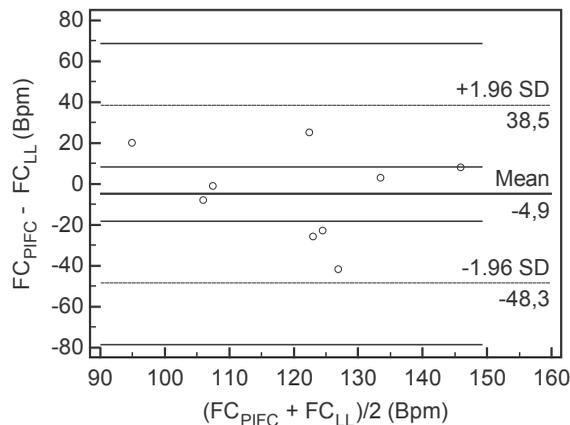


Figura 6. Análise de Bland-Altman com a linha mostrando o viés entre a FC correspondente ao PIFC e a FC correspondente ao LL e a linha tracejada mostrando o limite de confiança dado pela média $\pm 1,96 \cdot DP$.

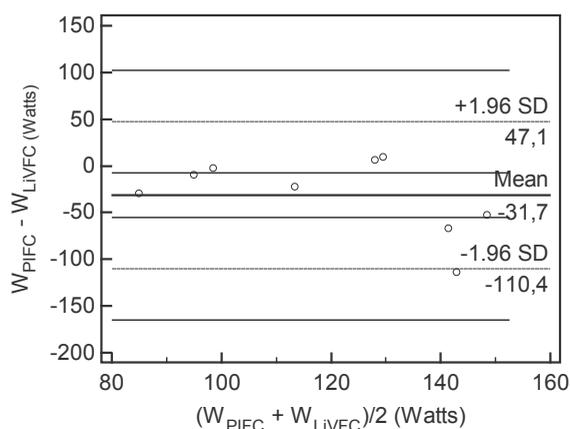


Figura 7. Análise de Bland-Altman com a linha contínua mostrando o viés entre a W correspondente ao PIFC e a W correspondente ao LiVFC e a linha tracejada mostrando o limite de confiança dado pela média $\pm 1,96 \cdot DP$.

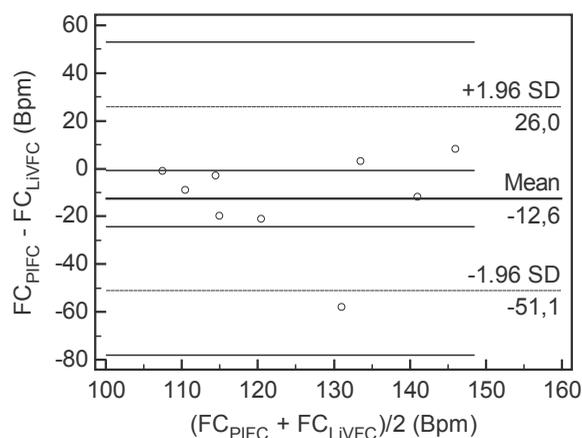


Figura 8. Análise de Bland-Altman com a linha mostrando o viés entre a FC correspondente ao PIFC e a FC correspondente ao LiVFC e a linha tracejada mostrando o limite de confiança dado pela média $\pm 1,96 \cdot DP$.

Discussão

O principal achado do estudo foi demonstrar a possibilidade de identificação do PIFC em teste progressivo em ciclo ergômetro com 100% de ocorrência, o que ainda não havia sido realizado na literatura atual²⁻⁵. Em adição, este foi o primeiro estudo que comparou a intensidade de ocorrência do PIFC identificado pelo modelo matemático proposto por Cambri et al.² com LiVFC e LL_1 . O conceito de PIFC surgiu com inferências sobre os achados de Lima⁶. Em seu estudo o autor observou que em intensidade similar ao LL_1 e ao LiVFC a FC sofre uma quebra na linearidade provavelmente pela retirada vagal e ativação simpática na regulação autonômica cardíaca. Cambri et al.² foram os primeiros a sugerirem a identificação do PIFC utilizando a diferença entre ajustes polinomial de 3º ordem e ajuste linear, entretanto, os autores não conseguiram identificar o PIFC em todos participantes do estudo. A possibilidade de identificação do PIFC pode estar associado ao modelo matemático empregado⁷ e ao protocolo de teste utilizado^{4,5}.

O comportamento da FC durante o exercício está associado em grande parte a demanda fisiológica do músculo metabolicamente ativo²² e a alterações nos centros bulbares devido à condição imposta pelo exercício com redução da atividade parassimpática e ativação simpática²³. A taxa de incremento e duração do estágio provoca alterações na demanda metabólica muscular, portanto, influenciando nas respostas autonômicas cardíacas durante exercício²⁴. Neste sentido, protocolos de testes com duração de estágios intermediárias e baixo incremento de carga parecem ser metodologias atraentes para identificação do PIFC^{2,4}. Em adição, o protocolo de teste realizado em nosso estudo em ciclo ergômetro com incrementos 25 a cada 2 minutos possibilitou a identificação do PIFC em 100% dos indivíduos.

Nossa hipótese inicial em que o PIFC era encontrado em intensidades similares ao LL_1 e ao LiVFC não foi mantida. Os valores encontrados no presente estudo foram similares aos descritos por Pires et al.⁷ (105,0 + 22,9 W e 40,9 \pm

13,4 %W_{max} $p > 0,05$). Do mesmo modo que a FC e a %FC_{max} correspondente ao PIFC (118 ± 17 bpm e $63,3 \pm 7,4$ %FC_{max}). Entretanto, nossos resultados foram inferiores aos descritos por Costa, Lima e De Oliveira⁵ (241 ± 37 W e 161 ± 10 bpm). Em um recente estudo, Couto et al.⁴ verificaram que o PIFC ocorria à 80 ± 32 W e 36 ± 14 %W_{max}, e à 125 ± 13 bpm e 66 ± 5 %FC_{max}, valores de FC similares aos nossos achados. Cabe ressaltar, que para a realização dos estudos acima foram empregados diferentes protocolo de testes. Costa, Lima and De Oliveira⁵ empregaram um protocolo com ampla duração de estágio. Couto et al.⁴ e Pires et al.⁷, utilizaram protocolos com estágios de menor duração. Deste modo, é sugestivo que a ocorrência do PIFC pode estar associada a duração do estágio do teste. Em protocolos de testes de corrida o PIFC é encontrado em %W_{max} superiores aos nossos achados (valores acima de 50 %W_{max})^{2,3}. Assim, parece haver influência entre protocolos em ciclo ergômetro e protocolos de corrida quando os mesmos expressos em %W_{max}.

Não foram observadas diferenças entre as variáveis identificadas no PIFC e LL₁, com pequeno tamanho do efeito, entretanto, foram observadas baixas associação entre os limiares. Além disto, foi encontrado um pequeno viés para intensidade de identificação LL₁ e o PIFC (i.e. 7,6%). Apesar da similaridade observadas entre as variáveis absolutas (W e FC) e relativas (%W_{max} e %FC_{max}) nos limiares, o viés encontrado para a intensidade de ocorrência do PIFC e LL₁ sugerem precaução ao utilizar o PIFC como critério de identificação do LL₁. A FC é uma ferramenta de fácil utilização e baixo custo para monitoramento de treinamento¹. Quando expresso em %FC_{max} a ocorrência do PIFC é consistente com alguns estudos da literatura que estudaram critérios de predição do LL₁⁴. Além disto, o PIFC é identificado em uma zona de proteção vagal sobre a modulação cardíaca^{6,8}. Não foram encontradas diferenças significativas entre o PIFC e LiVFC. Contudo, um viés

moderado observado entre a intensidade de ocorrência do PIFC e LiVFC. Demonstrando que o PIFC ocorre em intensidades abaixo para as descrita para o LiVFC, o que indica que sua ocorrência está situada dentro de uma zona de intensidade moderada em que existe a predominância vagal^{8,9}. Portanto, o PIFC parece não estar associado ao LiVFC e está situado em uma intensidade de exercício de predominância vagal na regulação autonômica cardíaca e antecede a ativação simpática, sugerindo que que outros eventos fisiológicos podem estar associados ao PIFC.

Uma limitação do estudo foi a tamanho reduzido da amostra. A amostra apresentou um baixo poder estatístico $p = 0,36$. Contudo, na tentativa de demonstrar o viés, nós calculamos o tamanho do efeito entre limiares LiVFC vs LL₁, PIFC vs LL₁ e LiVFC vs PIFC (0,3, 0,6 pequeno e 1,1 moderado) e realizamos a análise de concordância de Bland - Altman. De fato, muitos estudos que analisaram as variáveis derivadas da FC tem sido realizados com uma amostra reduzida^{1,5,16,25}. Os resultados encontrados na literatura sugerem que o PIFC é protocolo dependente. Para tanto, são necessárias futuras investigações que investiguem o efeito do protocolo de teste sobre a identificação do PIFC. Além disso, não foram realizadas análises de trocas gasosas para comparação do PIFC com primeiro Limiar Ventilatório.

Conclusões

Diante do exposto, nós concluímos que o primeiro PT identificado na fase inicial da FC durante exercício progressivo é encontrado em intensidades inferiores ao LL₁ e ao LiVFC portanto, o PIFC, é identificado em intensidades do exercício em que existe predominância vagal na regulação autonômica cardíaca. Adicionalmente, o protocolo de teste parece influenciar na intensidade de ocorrência do PIFC, deste modo, dissociando o PIFC.

Agradecimentos: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pela concessão do financiamento de equipamentos para o Núcleo de Estudos do Movimento Humano. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico – CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica (08/2009 – 07/2011)

Fontes de financiamento: FAPEMIG e CNPq

Referências

1. Branco FC, Vianna JM, Lima JRP. Frequência cardíaca na prescrição de treinamento de corredores de fundo. *R bras Ci e Mov.* 2004;12(2):75 - 9.
2. Cambri LT, Foza V, Nakamura FY, De Oliveira FR. Frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição metabólica em esteira rolante. *Rev da Educação Física/UEM, Maringá.* 2006;7(2):131-7.
3. Ferreira-Júnior AJ, Zanetti GG, Couto PG, Bastos LAlG, Silva SFd, Lima JRP, et al. Transition Points of Heart Rate during a Progressive Maximal Intermittent Field Test in Young Soccer Players. *Journal of Exercise Physiology Online.* 2012;15(3):81-8.
4. Couto PG, Rodrigues AP, Ferreira Junior AJ, Silva SF, De Oliveira FR. Pontos de transição da frequência cardíaca em teste progressivo máximo. *Motriz, Rio Claro.* 2013;19(2):261-8.
5. Costa VP, Lima JRP, De Oliveira FR. Identificação de limiares metabólicos em curvas de frequência cardíaca ajustadas. *Rev bras Educ Fís Esp.* 2007;21(3):219 - 27.
6. Lima JRP. Frequência cardíaca em cargas crescentes de trabalho :ajuste sigmóide, ponto de inflexão e limiar de variabilidade da frequência cardíaca: (Doutorado em Biodinâmica do Movimento Humano) Universidade de São Paulo; 1997.
7. Pires FdO, Carmo ÍML, Arroyo FN, De Oliveira FR. Característica Sigmóide da Fc durante teste progressivo e aplicação de diferentes métodos de identificação dos limiares de FC. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte.* 2008;7(1):45-58.
8. Tulppo MP, Makikallio TH, Seppanem T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol.* 1998;274(2 Pt 2):H424-9. Epub 1998/03/05.
9. Ferreira GA, Pereira MCA, De Oliveira FR. Efeito da baixa disponibilidade de carboidrato na dieta sobre o primeiro limiar de variabilidade da frequência cardíaca em teste progressivo em cicloergômetro. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento.* 2011;19(3):14-22.
10. Karapetian GK, Engels HJ, Gretebeck RJ. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. *Int J Sports Med.* 2008;29(8):652-7. Epub 2008/01/24.
11. Erdogan A, Cetin C, Karatosun H, Baydar ML. Non-invasive indices for the estimation of the anaerobic threshold of oarsmen. *J Int Med Res.* 2010;38(3):901-15. Epub 2010/09/08.
12. Mikulic P, Vucetic V, Sentija D. Strong relationship between heart rate deflection point and ventilatory threshold in trained rowers. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):360-6.
13. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol.* 1982;52(4):869-73. Epub 1982/04/01.
14. Rosic G, S. P, Niciforovic J, Colovic V, Rankovic V, Obradovic Z, et al. Mathematical analysis of the heart rate performance curve during incremental exercise testing. *Acta Physiol Hung.* 2011;98(1):59-70. Epub 2011/03/11.
15. Ferreira GA, Zanetti GG, Pereira MCA, De Oliveira FR. Comportamento do ponto de deflexão da frequência cardíaca após manipulação dos teores de CHO na dieta de indivíduos fisicamente ativos. *Revista Mineira de Educação Física.* 2012;Edição Especial(1):1875-83.
16. Nascimento EMF, Silva AEL, Bertuzzi RCM, Kiss MAPD, Pires FO. Caracterização da curva da frequência cardíaca durante teste incremental máximo em esteira. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano.* 2011;13:285-91.
17. Perez EH, Dawood H, Chetty U, Esterhuizen TM, Bizaare M. Validation of the Accutrend lactate meter for hyperlactatemia screening during antiretroviral therapy in a

- resource-poor setting. *Int J Infect Dis.* 2008;12(5):553-6. Epub 2008/05/31.
18. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, Van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med.* 1985;6(4):197-201. Epub 1985/08/01.
19. Cooke CB. Maximal oxygen uptake, economy and efficiency. In: Eston RG, Reilly T, editors. *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: tests, procedures and data: exercise physiology.* Routledge, London,2009. p. 147 - 73.
20. Ivy JL, Costill DL, Van Handel PJ, Essig DA, Lower RW. Alteration in the lactate threshold with changes in substrate availability. *Int J Sports Med.* 1981;2(3):139-42. Epub 1981/08/01.
21. Tulppo MP, Makikallio TH, Seppanen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol.* 1998;274(2 Pt 2):H424-9. Epub 1998/03/05.
22. Lewis SF, Taylor WF, Graham RM, Pettinger WA, Schutte JE, Blomqvist CG. Cardiovascular responses to exercise as functions of absolute and relative work load. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1983;54(5):1314-23. Epub 1983/05/01.
23. Alonso DdO, Forjaz CLdM, Rezende LO, Braga AMFW, Barretto ACP, Negrão CE, et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 1998;71:787-92.
24. Denadai BS. Limiar anaeróbico: considerações fisiológicas e metabólicas. *Revista Brasileira de Atividade física e Saúde.* 1995;1(2):74 - 88.
25. Cavalcanti MDS, Reinert J, De Oliveira FR, Bertuzzi RCM, O PF, Lima Silva AE. Resposta da variabilidade da frequência cardíaca e glicemia durante o exercício incremental. *Brazilian Journal of Biomotricity.* 2010;4(4):256-65.