

IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PROTOCOLO DE LACTATO MÍNIMO.

Ademir Manuel do Nascimento*

Daniela Cristina Sester*

Cleber Nierotka*

João Fernando Brinkmann dos Santos*

Leandro dos Santos Afonso*

Eduardo Marcel Fernandes do Nascimento*

Flávio de Oliveira Pires*

Romulo Bertuzzi*

Cesar Cavinato Abad**

RESUMO

Recentemente foi proposta a identificação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (Lim_{VFC}) como aproximação do limiar anaeróbico (LAN) em exercício progressivo. **Objetivo:** verificar o grau de associação entre o Lim_{VFC} e o LAN pelo lactato mínimo (L_{Lmin}). **Métodos:** Nove universitários ($20,1 \pm 1,1$ anos; $66,7 \pm 8,0$ kg; $172,6 \pm 6,3$ cm; $\%G = 8,6 \pm 4,2$) realizaram teste de Wingate (TW) para indução de hiperlactacidemia e teste incremental até exaustão. Registrou-se o intervalo de pulso (batimento a batimento) para cálculo da VFC no domínio do tempo e foram feitas as coletas de sangue para análise do lactato nos momentos: repouso; 8º min após o TW e no final de cada carga do teste incremental. O Lim_{VFC} foi identificado pela quebra de linearidade da curva do intervalo de pulso e o L_{Lmin} foi obtido no “U” da curva de lactato. **Resultados:** Ambos os limiares foram identificados em 100% da amostra nas cargas entre 2,0 e 2,5 kp. A potência de pico, a potência média, a menor potência e o índice de fadiga expressos em média e desvio padrão foram, respectivamente $105,4 \pm 17,4$ W; $86,9 \pm 12,8$; $63,7 \pm 12,8$ W e $39,6 \pm 8,2\%$. O teste t de Student não indicou diferença significativa entre as cargas do L_{Lmin} e Lim_{VFC} $p=0,17$. A correlação de Pearson foi de $r=0,87$ ($p<0,05$) e a regressão linear foi de $R^2=0,754$ indicando possibilidade de identificação do Lim_{VFC} também durante o protocolo de L_{Lmin} . **Conclusão:** O LAN pode ser identificado pelo comportamento da VFC de forma análoga ao L_{Lmin} possibilitando a obtenção do LAN de forma não invasiva e menos dispendiosa.

Palavras-chave: limiar anaeróbico, sistema nervoso autônomo, ácido lático, teste ergométrico, frequência cardíaca.

* Universidade Bandeirante de São Paulo

** Mestre em Biodinâmica do Movimento Humano – EFEUSP, aluno de doutorado em Ciências - Cardiologia - InCor - HC FMUSP, Professor da Universidade Bandeirante e Gama Filho

IDENTIFICATION OF THE HEART RATE VARIABILITY THRESHOLD BY THE LACTATE MINIMUM PROTOCOL.

ABSTRACT

Introduction: In progressive exercise, it was proposed to identify the threshold of heart rate variability (LimVFC) as an approximation of the anaerobic threshold (LAN). **Objective:** The aim of this study was to assess the degree of association between the LAN and LimVFC by the lactate minimum (LLmin). **Methods:** Nine subjects (20.1 ± 1.1 years, 66.7 ± 8.0 kg, 172.6 ± 6.3 cm, $G = 8.6 \pm 4.2\%$) performed the Wingate test (WT) to induce hyperlactacidemia and incremental test until exhaustion. It was registered the beat to beat interval and the heart rate variability in time domain (HRV) and blood samples for lactate analysis were taken in the rest, 8 min after the WT and the end of each load of the incremental test. **Results:** The LimVFC was identified by the breakdown of linearity of the HRV curve and LLmin was obtained in the "U" shape of lactate curve. Both thresholds were found in 100% of the sample at loads between 2.0 and 2.5 kp. The peak power, average power, lower power and fatigue index expressed as mean and standard deviation were respectively $105,4 \pm 17,4$ W; $86,9 \pm 12,8$; $63,7 \pm 12,8$ W e $39,6 \pm 8,2\%$. The Student t test showed no significant differences between the LLmin and LimVFC charges and ($p = 0.17$). The Pearsons correlation was $r = 0.87$ ($p < 0.05$) and linear regression was $R^2 = 0.754$ indicating the possibility of LimVFC identification of also by the LLmin. **Conclusion:** The HRV can be a cheap and non-invasive method to identify the LAN.

Keywords: anaerobic threshold, autonomic nervous system, latic acid, exercise test, heart rate.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 50 anos o exercício físico tem sido recomendado para prevenção, tratamento de doenças, melhoria do condicionamento físico e/ou aumento de rendimento competitivo. Os efeitos benéficos do exercício físico dependem não só do sujeito que irá praticá-lo, mas também do controle apurado da intensidade, duração e frequência em que este exercício é realizado (Borresen, 2008).

Os valores de pico ou máximo do consumo de oxigênio, a frequência cardíaca (FC), a percepção subjetiva de esforço e o primeiro e o segundo limiares são normalmente as variáveis fisiológicas mais utilizadas para avaliação, prescrição e controle da intensidade de treinamento.

Os limiares metabólicos possibilitam identificar três regiões metabólicas distintas – uma mais aeróbica, outra mista e outra com maior participação do metabolismo anaeróbico às quais permitem maior controle da carga por serem mais sensíveis ao treinamento físico (Faude, 2009).

Normalmente, o gold-standard utilizado para obtenção do segundo limiar (LAN) é o máximo estado estável de lactato (MEEL), porém, por questões metodológicas – como a necessidade de vários testes, por exemplo, – muitos preferem utilizar o primeiro e o segundo limiares de lactato (LL1 e LL2) e/ou ventilatórios (LV1 e LV2).

Outra possibilidade de aproximação do MEEL é a utilização do lactato mínimo (LL_{min}) proposta por Tegtbur et. Al 1993 que por permitir avaliação tanto do metabolismo aeróbico quanto anaeróbico, tem ganhado espaço na literatura (Johnson, 2009; Sotero, 2009).

Recentemente, também foi sugerida outra forma de identificação destes limiares. Ao invés de lactato ou ventilação, o chamado limiar de variabilidade da FC (Lim_{VFC}) é identificado pela medida indireta da modulação autonômica pelo comportamento da VFC.

Apesar de vantajoso por ser não-invasivo e menos dispendioso do que os métodos mais tradicionais, ainda não se sabe ao certo a qual limiar o Lim_{VFC} está associado (primeiro, segundo ou ambos). Há, portanto, a necessidade de investigar não somente os mecanismos fisiológicos do Lim_{VFC} como também se há um protocolo ideal para sua identificação, pois a maioria dos protocolos utilizados até hoje foram feitos somente com cargas crescentes de trabalho a partir do repouso (Bruneto, 2005, Cottin, 2006).

Partindo da hipótese de haver alguma associação entre o LL_{min} e o Lim_{VFC} o objetivo do presente trabalho foi verificar o grau de associação entre estas duas variáveis com a aplicação de protocolo de lactato mínimo, o que até onde sabemos ainda não está descrito na literatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de ética local - protocolo 559-2010 - e cumpriram a Resolução 196/96 de estudos com seres humanos.

Casuística

Participaram do estudo nove universitários do Curso de Educação Física, não fumantes, fisicamente ativos e que não utilizavam qualquer tipo de medicamentos. Os voluntários foram informados dos procedimentos, riscos e orientações do protocolo; responderam o Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q) e de Riscos Coronarianos (QRC) e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Avaliação Antropométrica:

A avaliação antropométrica constou de aferição de massa corporal (balança Filizola® com precisão de 0,01kg), estatura (estadiômetro Sanny® com precisão de 1mm) e dobras cutâneas (torácica, abdominal e coxa medial com adipômetro Harpenden® com precisão de 1mm).

Após obtenção dos dados antropométricos calculou-se o índice de massa corporal (IMC) e estimou-se a densidade corporal (DC) e o percentual de gordura (%G).

Testes

O teste de LL_{min} (TLL_{min}) foi realizado em bicicleta ergométrica de frenagem mecânica Monark® e constou de cinco momentos: 1) Repouso; 2) Teste de Wingate modificado (TW); 3) Teste progressivo por estágio até exaustão e; 4) Recuperação.

- 1) O repouso consistiu de cinco minutos com o sujeito sentado sobre a bicicleta.
- 2) O aquecimento para o TW constou de cinco minutos de exercício com carga zero a 60 rpm, intercalado por três estímulos de cinco segundos cada com carga correspondente a 7,5% da massa corporal (MC), seguido de dois minutos de recuperação sentado sobre a bicicleta. Após este período de aquecimento os participantes foram submetidos ao TW para a indução de hiperlactacidemia, conforme recomendação já descrita na literatura (Bar Or, 1987).
- 3) O teste progressivo teve carga inicial de 1,5 kp a 60 rpm, estágios de três minutos e implementação de 0,25 kp em cada estágio até atingir exaustão periférica. Foi considerada exaustão um ou mais dos seguintes sinais: fadiga; alcance de 95% da FC máxima prevista pela idade ($FC_{220-idade}$) e/ou a não-manutenção de 60 rpm por cinco segundos.
- 4) A recuperação foi obtida após o teste progressivo quando os participantes permaneceram pedalando por cinco minutos com carga zero e cinco minutos sentados sobre a bicicleta.

Os voluntários foram orientados a evitar consumo de cafeína, estimulantes em geral, bebidas alcoólicas e atividade física vigorosa no período de 24 horas antes da realização do teste. Também foram encorajados a se alimentarem e se hidratarem no período de três horas antes do teste.

Durante o protocolo experimental foram obtidas as seguintes variáveis:

- 1) FC: Foi obtida batimento-a-batimento desde o repouso inicial até a recuperação pós teste progressivo. Para sua obtenção utilizou-se o cardiofrequencímetro S810 da Polar® e o software Polar

Precision Performance 3.0[®] serviu para transmissão dos dados para o computador via interface infrared.

- 2) VFC: identificada no domínio do tempo pelo desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais de cada carga do teste, expresso em milisegundos (SDNN).
- 3) Concentração sanguínea de lactato ([Lac]): foi mensurada após aquecimento; no 8º minuto após o TW e 30 segundos antes do final de cada estágio do teste progressivo (Yelowspring 1500[®]).
- 4) Potência de pico (PP), potência média (PM), menor potência (MP) e índice de fadiga (IF%) obtidos no TW calculados a partir de filmagem (100 Hz) e posterior análise.

Identificação dos Limiares

A identificação do LL_{min} foi efetuada no menor ponto de concentração de lactato [Lac] no “U” de sua curva, i.e, imediatamente antes do início de seu incremento nas cargas subseqüentes conforme proposta do estudo original¹⁷.

O Lim_{VFC} foi identificado pela quebra da linearidade da curva dos intervalos de pulso da VFC conforme achados de estudos anteriores já realizados por nosso grupo¹.

Análise Estatística

A análise da distribuição dos dados foi realizada a partir do teste de Shapiro-Wilk o qual indicou comportamento gaussiano. Para estatística descritiva utilizou-se média e desvio padrão da média. Para verificar a significância das diferenças entre a FC (bpm) e o $\%FC_{220-idade}$ do Lim_{VFC} e do LL_{min} foi utilizado o test T-Student. Para verificar associação entre as intensidades onde os limiares (Lim_{VFC} e LL_{min}) foram identificados utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson sendo que para todas as análises a significância foi considerada quando $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Os participantes do estudo possuíam as seguintes características: $20,1 \pm 1,1$ anos de idade; $172,6 \pm 6,3$ cm de estatura; $66,7 \pm 8,0$ kg de MC; $22,4 \pm 1,9$ de IMC; e $8,6 \pm 4,2$ de %G.

Na tabela 1 encontram-se os resultados do TW. Os valores da FC expressos em valores absolutos e relativos à %FC_{220-idade} onde cada limiar foi encontrado encontram-se na tabela 2.

Tabela 1 – Média e desvio padrão das variáveis do teste de Wingate.

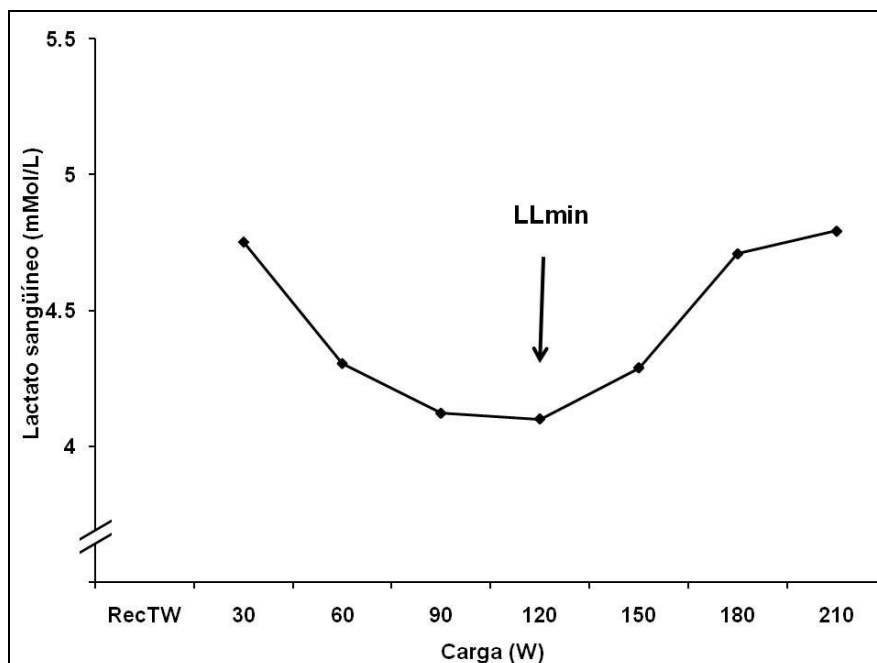
	Média		Desvio Padrão
Potência de Pico (W)	105,4	±	17,4
Potência Média (W)	86,9	±	12,6
Menor Potência (W)	63,7	±	12,8
Índice de Fadiga (%)	39,56	±	8,17
Potência de Pico (W.kg⁻¹)	1,56	±	0,15
Potência Média (W.kg⁻¹)	1,29	±	0,13

Tabela 2 – Média e desvio padrão das variáveis do teste incremental após hiperlactacidemia.

	Média		Desvio Padrão
[Lac]_{LLmin}	3,80	±	0,67
FC_{LLmin}	160,89	±	14,51
FC_{LLmin} (%FC_{220-idade})	80,44	±	6,98
FC_{LimVFC}	152,62	±	19,66
FC_{LimVFC} (%FC_{220-idade})	77,82	±	5,69

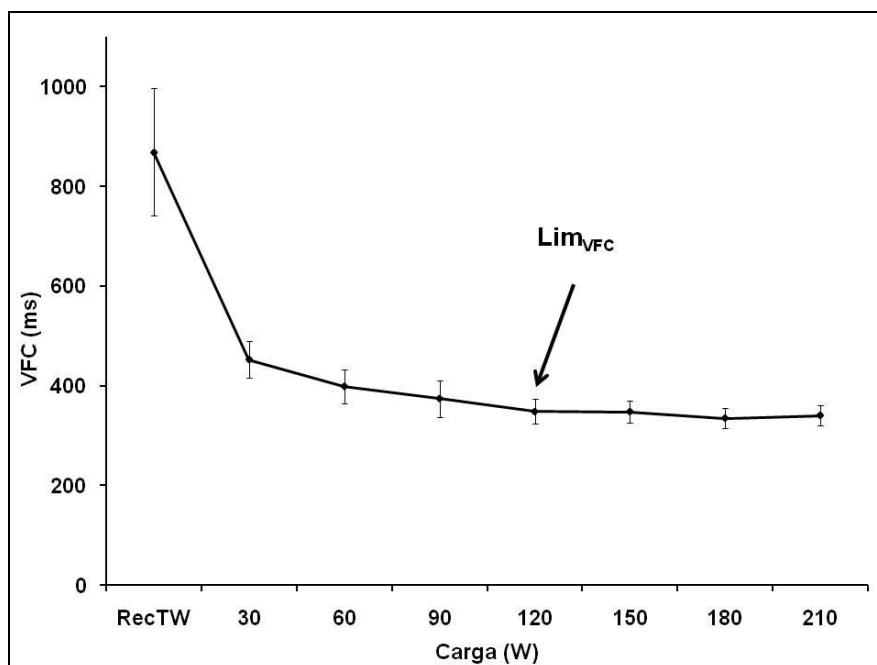
[Lac] LLmin = Concentração de lactato sanguíneo no teste de lactato mínimo; FC_{LLmin} = frequência cardíaca do limiar de lactato mínimo; FC_{LLmin(%FC_{220-idade})} = frequência cardíaca do limiar de lactato mínimo em relação ao percentual da frequência cardíaca máxima prevista pela idade; FC_{LimVFC} = frequência cardíaca do limiar de variabilidade da frequência cardíaca e FC_{LimVFC(%FC_{220-idade})} = frequência cardíaca do limiar de variabilidade da frequência cardíaca em relação ao percentual da frequência cardíaca máxima prevista pela idade.

As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, as [Lac] nas diferentes fases do LL_{min} e os valores do intervalo de pulso da VFC durante o teste máximo. Não houve diferença significativa entre carga e %FC_{220-idade} onde os limiares foram obtidos e foi observada uma correlação significativa entre o LL_{min} e o Lim_{VFC} expressos em W ($r = 0,87$; $p < 0,05$).



LLmin = Limiar de lactato mínimo.

FIGURA 1 – Níveis de lactato (média $\pm$ dp) nas diferentes fases do protocolo de lactato mínimo.



VFC = variabilidade da frequência cardíaca; Lim_{VFC} = Limiar de variabilidade da frequência cardíaca.

FIGURA 2 – Comportamento do intervalo de pulso durante o teste progressivo máximo.

DISCUSSÃO

O principal achado deste trabalho foi demonstrar a possibilidade de identificação do Lim_{VFC} com protocolo do TLL_{min} o que, até onde sabemos, ainda não havia sido demonstrada.

A associação entre o Lim_{VFC} e o “U” na curva de lactato no TLL_{min} pode ser explicada pela concordância entre a maior oxidação de metabólitos nas cargas iniciais do teste progressivo, o que faz a concentração de lactato [La] diminuir, momento este que coincidiria com a redução da VFC por menor ativação parassimpática (Gallo, 1989). Além disso, como o aumento da intensidade leva a redução da VFC por maior ação da atividade simpática e a [La] aumenta por maior contribuição anaeróbica, estes fenômenos podem estar de alguma forma relacionados. O aumento da atividade simpática pode ser evidenciado pela maior concentração de epinefrina plasmática que segundo Mazzeo e Marshal, 1989, há relação causal entre epinefrina e lactato, com correlação entre o LL e o limiar de epinefrina plasmática (L_{EP}) durante teste progressivo de $r = 0,97$.

Embora o objetivo do presente estudo não tenha sido investigar o L_{EP} , é razoável admitir que a identificação da diminuição da atividade parassimpática e o aumento da atividade simpática pela VFC também possam aproximar o LAN pelo LL_{min} , e este último estar associado com o Lim_{VFC} .

Os pioneiros a investigar a VFC durante exercício físico foram Yamamoto et. al. 1991, que identificaram redução da atividade parassimpática desde o repouso até 60% da carga máxima e atribuíram ser este fenômeno o principal responsável pelo aumento da FC.

Tullpo et. Al. 1996 e Alonso et. al., 1998 confirmam os achados de Yamamoto et. Al. 1991 e mesmo sem terem a intenção de verificar associação entre o controle autonômico e os limiares metabólicos, pelo menos até onde sabemos, foi o primeiro passo para que isso ocorresse anos mais tarde.

A efetiva associação do comportamento da VFC como possibilidade de identificação do primeiro limiar foi proposta por Lima e Kiss, 1999, que, durante teste progressivo por estágio analisaram a VFC no domínio do tempo pelo desvio padrão dos intervalos adjacentes (SD1). A partir disso, considerando valores fixos inferiores a 3ms os autores definiram este ponto como o “ Lim_{VFC} ”.

Com metodologia análoga a de Lima e Kiss¹³, Karapetian et. al.¹² verificaram em adultos saudáveis, ativos e de ambos os gêneros o comportamento da VFC no domínio do tempo pela raiz quadrada dos desvios médios de batimentos sucessivos (RMSSD) e pelo SD1 durante exercício progressivo escalonado (50 rpm; carga inicial de 25W; incrementos de 25W a cada 3min, até exaustão). Após obtenção do LV2, LL2 e do Lim_{VFC} , mesmo encontrando diferença estatística entre o VO_2LV e o VO_2LL , os autores constataram alta correlação entre os VO_2LV , VO_2LL e o $\text{VO}_2\text{Lim}_{\text{VFC}}$ ($\text{LV} \times \text{LL } r^2 = 0,89$; $\text{Lim}_{\text{VFC}} \times \text{LV } r^2 = 0,89$; $\text{Lim}_{\text{VFC}} \times \text{LL } r^2 = 0,82$). Os autores sugerem que o Lim_{VFC} , quando obtido por inspeção visual das curvas do RMSSD e do SD1 durante teste incremental coincide com o LV e com o LL. Vale ressaltar que mesmo com diferenças de amostra, do protocolo do teste, e do critério de identificação do Lim_{VFC} entre os trabalhos de Lima e Kiss, 1999 e Karapetian et. al, 2008 o resultado da VFC foi consistente sendo que o segundo estudo procurou investigar não só o LL, mas também o LV o que até então não havia sido feito. Fronchetti et. al.⁹, assim como Lima e Kiss 1999 e Karapetian et. al 2008, também encontraram estreita relação entre a intensidade do Lim_{VFC} e a VFC. As análises dos índices SD1 ($r = 0,51$); desvio padrão dos

intervalos sucessivos (SD2) ($r = 0,46$), RMSSD ($r = 0,48$), percentual de intervalos de pulsos abaixo de 50ms (pNN50) ($r = 0,55$) da banda de alta frequência (HF) ($r = 0,50$) e a razão entre os componentes de alta e baixa frequência da VFC (LF/HF) ($r = -0,56$) encontrados pelos autores sugerem que a elevada atividade vagal de repouso posterga o aumento da predominância simpática em exercício progressivo.

Cottin et. al.⁷ analisaram a VFC de adultos jovens com alto nível de condicionamento aeróbico ($VO_{2máx} = 68,2 \pm 6,3$ ml/kg/min) durante teste incremental (dois minutos de aquecimento a 60 e a 75W; incrementos de 15 e 25W/min, respectivamente para ciclistas e triatletas, e rpm entre 70 e 100 rpm de acordo com preferência do avaliado) e pela análise da Transformada Rápida de Fourier (FFT), também chamada de pseudo distribuição de Wigner-Ville, obtiveram o componente HF, o pico de frequência do HF (fHF) e o produto dos dois (HFxfHF). Após plotagem de todas as variáveis sobre a carga de trabalho obtida no teste, os autores identificaram os LV1, LV2, LHF1 (obtido no primeiro incremento na curva HFxfHF) e o LHF2 (obtido aumento abrupto da curva HFxfHF) onde nenhuma diferença estatística foi encontrada entre os LV1 e LHF1 ($p = 0,975$) e os LV2 e LHF2 ($p = 0,956$). As correlações foram de LV1 vs LHF1; $r^2 = 0,94$, $p < 0,001$ e LV2 vs LHF2 $r^2 = 0,97$, $p < 0,001$) e confirmaram a possibilidade de identificação do LV1 e LV2 pela análise das séries temporais dos iRR e pela VFC.

No presente estudo, a ocorrência do Lim_{VFC} a $77,82 \pm 5,69\%$ da $FC_{220-idade}$ assemelha-se aos achados dos estudos supracitados os quais encontraram os limiares metabólicos entre 50 e 85% da $FC_{máx}$.

Apesar da concordância entre o Lim_{VFC} e outros limiares encontrada por diferentes estudos, Brunetto et. al 2005, diferente da maioria, após análise da VFC de adolescentes eutróficos com baixo nível de aptidão aeróbica, não encontraram correlação entre o Lim_{VFC} e o LV durante teste incremental. Neste caso a justificativa para tal resultado pode estar nas características dos sujeitos investigados já que algumas evidências sugerem que o nível de aptidão física, a idade e o gênero influenciam a modulação autonômica.

Pode-se afirmar então que em amostras razoavelmente semelhantes parece haver grande associação entre o Lim_{VFC} e os limiares de lactato e ventilatório, independente do modelo de análise da VFC (tempo ou frequência).

Com a mesma finalidade de verificar o grau de associação entre o controle autonômico e os limiares metabólicos, utilizando um outro protocolo, Zanatta et. al., 2008 analisaram o comportamento da VFC durante o teste de MEEL em adultos jovens de ambos os sexos com variados níveis de aptidão aeróbica. Após mostrarem falta de associação entre o MEEL e o Lim_{VFC} os autores sugeriram que o Lim_{VFC} não corresponderia ao LL.

Apesar de Zanatta et. al., 2008, terem tido o brilhantismo de verificar associação do Lim_{VFC} com o goldstandart para o segundo limiar que é o MEEL, antes de se aceitar que eles realmente não têm associação se faz necessário destacar alguns aspectos metodológicos do trabalho. Além da amostra heterogênea, o critério de MEEL utilizado no estudo também não foi ideal, pois ao invés da carga ser mantida por 30 minutos como recomenda a literatura (Beneke, 2003), os autores utilizaram apenas 15 minutos. Neste caso, ao nosso ver, tanto a amostra utilizada como a interpretação do resultado do MEEL devem ser vistas até certo ponto com ressalvas.

Embora o objetivo do presente estudo não tenha sido investigar o MEEL propriamente dito, Johnson, Sharpe e Brown, 2009 e MacIntosh, Esau e Svedahl, 2002, afirmam ser possível a aproximação do MEEL pela obtenção do LL_{min} . A partir desta afirmação, considerando que nosso trabalho demonstra forte associação entre Lim_{VFC} e LL_{min} , ao contrário dos achados de Zanatta et. al., 2008, poderíamos supor que há sim uma estreita relação entre o Lim_{VFC} e o MEEL. Apesar disso, admitimos que para comprovar tal pressuposto ainda se faz necessária a elaboração de outros estudos que permitam elucidar os mecanismos fisiológicos responsáveis pelo Lim_{VFC} o que até o momento não foi feito.

CONCLUSÃO

Embora os mecanismos fisiológicos do Lim_{VFC} não estejam completamente elucidados, demonstramos que ele possui forte associação com o TLL_{min} e por ser não-invasivo e menos dispendioso torna-se mais uma alternativa para identificação do segundo limiar metabólico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABAD, CCC, DE-OLIVEIRA FR, KISS MAPDM, LIMA JRP. (2000), “Limiar de variabilidade da frequência cardíaca em jogadores de futebol”. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, São Paulo. Anais... Celafiscs*:147.
2. ALONSO DO, et al. (1998), “Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo Maximo”. *Arq Brás Cardiol*, 71(6):782-92.
3. BAR OR, O. (1987), “The Wingate anaerobic test: an update on methodology, reliability and validity”. *Sports Med*, 4:381-94.
4. BENEKE, R. (2003), “Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing”. *Eur J Appl Physiol*,(1):95-9.
5. BORRESEN, J; LAMBERT, MI. (2008), “Autonomic control of heart rate during and after exercise measurements and implications for monitoring training status”. *Sports Med.*;38(8):633-46.
6. BRUNETTO, AF.et al. (2005), “Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes”. *Rev Bras Med Esporte*,11(1):22-7.
7. COTTIN. et al. (2006), “Assessment of Ventilatory Thresholds from Heart Rate Variability in Well-Trained Subjects during Cycling”. *Int J Sports Med*,27(12): 959-67
8. FAUDE, O, KINDERMANN, W, MEYER, T. (2009), “Lactate threshold concepts: how valid are they?” *Sports Med.*,39(6):469-90.
9. FRONCHETI, L et al. (2006), “Indicadores de regulação autonômica cardíaca em repouso e durante exercício progressivo aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca”. *Rev Port Cien Desp*.6(1):21–28.
10. GALLO Junior. (1989), “Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. *Brazilian journal of medical and biological research*”,22(5):631-43.
11. JOHNSON, MA; SHARPE, GR; BROWN, PI. (2009) “Investigations of the lactate minimum test”. *Int J Sports Med.*,30(6):448-54.
12. KARAPETIAN, GK; ENGELS, HJ; GRETEBECK, RJ. (2008), “Use of heart rate variability to estimate LT and VT”. *Int J Sports Med.*,29(8):652-7.
13. LIMA, J. R. P.; KISS, M. (1999), “Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*”, 4(1):29-38.
14. MACINTOSH, BR; ESAU, SVEDAHL, K. (2002), “The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state”. *Can J Appl Physiol.*,27(3):232-49.
15. MAZZEO, R.S., MARSHAL, P. (1989), “Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise”. *J Appl Physiol.*,67:1319-22.
16. SOTERO, R ; PARDONO, E; CAMPBELL, CS; SIMÕES, HG. (2009), “Indirect assessment of lactate minimum and maximal blood lactate steady-state intensity for physically active individuals”. *J Strength Cond Res.*,23(3):847-53.
17. TEGTBUR, U; BUSSE, MW, BRAUMANN, KM. (1993), “Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise”. *Med Sci Sports Exerc.* 25(5):620-7.

18. TULPPO, MP. et al. (1996), "Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise". *Am J Physiol.*,271(1 Pt 2):H244-52.
19. YAMAMOTO, Y; HUGHSON, RL; PETERSON, JC. (1991), "Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis". *J Appl Physiol.* ,71(3):1136-42.
20. ZANATTA,C et al. (2008), "Limiar de Variabilidade da Frequência Cardíaca e resposta do lactato sanguíneo em exercícios de carga constante". *Revista da Educação Física*,19:251-60.