

DETERMINAÇÃO DA PRIMEIRA TRANSIÇÃO METABÓLICA ATRAVÉS DA ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DA LACTACIDEMIA EM CICLOERGÔMETRO

Mateus Moraes Domingos¹; Tiago Volpi Braz¹; Noler Heyden Flausino¹; Vilmar Baldissera²; Autran José da Silva Júnior¹

¹ESEF-Muzambinho / MG; ²Departamento de Ciências Fisiológicas – UFSCar / SP

RESUMO

O 1º limiar de lactato e o 1º ventilatório são métodos comuns para a identificação do limiar aeróbio (LA), ou primeira transição metabólica, porém são métodos onerosos. Sua determinação é importante para a comunidade científica, sendo utilizado como parâmetro de aptidão aeróbia, na prescrição de treinamento e pesquisa em fisiologia do exercício. Segundo Tulppo et al. (1996), a Variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido utilizada como meio alternativo de avaliação do controle neural do coração, ocorrendo queda na VFC durante a fase do exercício em que predomina o metabolismo aeróbio como fonte de transferência de energia, sendo possível, determinar o 1º limiar a partir da análise da VFC.

Objetivo: Verificar se a carga correspondente a primeira transição metabólica identificada através do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) corresponde a mesma carga determinada através da lactacidemia em protocolo de cicloergômetro. **Metodologia:** 6 homens, 22,33 ± 3,20 anos, 71,5 ± 7,86 Kg, 172,33 ± 5,08 cm, 24,16 ± 1,83 Kg/m² e VO₂ máx estimado em 38,35 ± 4,38 ml.(Kg.min)⁻¹, realizaram um teste de esforço progressivo, todos com a mesma metodologia. 5 minutos de repouso no cicloergômetro mecânico Monark® para registro da VFC e da lactacidemia de repouso, e após, teste progressivo a 20 Km/h com carga inicial de 0,0 Kp e incremento de 0,5 Kp a cada 2 minutos até a exaustão. O LiVFC foi determinado por intermédio de dois critérios separadamente: (1) de acordo com Tulppo et al. (1998), no primeiro estágio em que a diferença entre a VFC de dois estágios consecutivos é menor que 1 ms; e (2) segundo Lima e Kiss (1999), quando a VFC atinge valor menor que 3 ms. O registro das durações dos intervalos R-R para posterior cálculo da VFC foi realizado por um cardiofrequencímetro da marca Polar®, modelo S810i, sendo a VFC calculada através do programa Polar Precision Performance por intermédio da Plotagem de Poincaré. O limiar de Lactato foi identificado na carga de menor [La]/carga (mmol/L / Kp) (BERG et al., 1990), a concentração sanguínea de lactato foi determinada a partir de amostras de sangue coletadas do lóbulo da orelha ao final da vigência de cada estágio. **Resultados:** A média dos valores obtidos para a carga de primeira transição metabólica identificada através do LiVFC segundo os critérios: Tulppo et al. (1998) e Lima e Kiss (1999) e através da lactacidemia, foram respectivamente; 1,833 ± 0,516; 1,750 ± 0,524 e 1,916 ± 0,376 Kp. Quando as médias foram tratadas estatisticamente constatou-se uma inexistência de diferenças significativas (p > 0,05) entre os critérios adotados para a identificação da primeira transição metabólica. Conclui-se mediante os resultados e limitações da presente investigação que o LiVFC pode ser adotado como uma alternativa simplificada de determinação do primeiro limiar metabólico (limiar aeróbio) em protocolo de cicloergômetro, porém mais estudos necessitam ser levantados para confirmar a associação entre primeira transição metabólica e o LiVFC.

Palavras chave: Variabilidade da frequência cardíaca, lactacidemia, cicloergômetro.

INTRODUÇÃO

O limiar anaeróbio (LA), também chamado de limiar de lactato (LL), ou ainda limiar ventilatório (LV), (dependendo do método de sua determinação), foi definido inicialmente como a intensidade do exercício logo abaixo do ponto onde a concentração sanguínea de lactato (CSL) aumenta acima dos níveis de repouso, ou em que a CSL começa a aumentar abruptamente, ocorrendo também um aumento não-linear da ventilação (VE), produção de dióxido de carbono (VCO₂) e aumento do quociente respiratório (QR) (WASSERMAN et al., 1973). Estudos posteriores aos de Wasserman et al. (1973), demonstraram a existência de não apenas um, mas dois LAs, provocando uma reavaliação da nomenclatura e conceitos utilizados até então (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979).

Atualmente é aceito a existência de dois limiares metabólicos, o primeiro representaria o limite inferior para o treinamento aeróbio e o segundo limiar o limite superior para atividades de longa duração. Treinar abaixo do limite inferior não provocaria melhora da aptidão aeróbia e treinar acima do limite superior provocaria melhora da potência aeróbia máxima e da capacidade anaeróbia e não da tolerância ao exercício de longa duração. Apesar da grande divergência quanto à nomenclatura relacionada aos limiares metabólicos, em nossa cultura, é usual identificar o primeiro limiar como limiar aeróbio e o segundo como limiar anaeróbio (LIMA; KISS, 1999).

Estes dois limiares estariam situados entre os três domínios do exercício aeróbio, ou seja, entre os três domínios, existe obviamente, duas zonas de transição, ou dois limiares. Domínio 1 do exercício aeróbio, ou como determinado por Gaesser e Poole apud Lima e Kiss (1999) de **Exercício Moderado** – é aquele onde não há acidose láctica, o steady-state (equilíbrio metabólico dinâmico) é atingido entre 3 e 5 minutos e o exercício pode ser mantido por períodos muito longos; domínio 2 **Exercício Intenso** – é aquele onde há uma acidose láctica compensada, o steady-state é retardado, podendo transcorrer até 15-20 minutos para que ocorra, e o exercício pode ser mantido durante períodos longos. É o domínio mais utilizado em competições de longa duração e em treinamento da capacidade aeróbia; e domínio 3 **Exercício Severo** – é aquele onde há grande acidose láctica não mais tamponável não é possível atingir steady-state, portanto, o exercício pode ser tolerado apenas por breves períodos de tempo. Esse domínio corresponde às competições com duração de até 15-20 minutos e em treinamentos fracionados.

De acordo com Wilmore e Costill (2001) e McArdle, Katch e Katch (2003), as mensurações dos limiares metabólicos desempenham várias funções importantes: (1) proporcionam um indicador sensível do estado do treinamento aeróbio; (2) permite prever o desempenho de endurance, o mais das vezes com maior exatidão que a potência aeróbia máxima ($VO_{2máx}$) e (3) estabelece uma intensidade efetiva do treinamento relacionado à dinâmica metabólica aeróbia dos músculos ativos, e segundo Simões et al. (1998), os limiares metabólicos vem sendo extensivamente utilizado como um parâmetro de aptidão aeróbia, em clínica médica, na prescrição de intensidades de exercícios para o treinamento e em pesquisa na área de fisiologia do exercício.

Comumente tem-se utilizado para a determinação dos limiares metabólicos variáveis ventilatórias e variáveis metabólicas, especialmente dosagens de lactato sanguíneo, não desprezando a existência de outros biomarcadores capazes de sinalizar os limiares, como: dosagens glicêmicas (SIMÕES et al., 1998), metabólitos na saliva; sódio e potássio (ZAGATTO et al., 2004), atividade aumentada da alfa-amilase salivar e concentração de proteína total salivar (OLIVEIRA et al., 2005), entre outros. Porém, quando se utiliza destas variáveis: ventilatórias e metabólicas para a determinação dos limiares a um grande dispêndio em termos de equipamento, custo e tempo para a análise da cinética da variável empregada, tornando-a assim, uma metodologia bastante onerosa.

Recentemente foi mostrado que pela análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) pode-se identificar a primeira transição metabólica ou limiar aeróbio (TULPPO et al., 1996, 1998; ALONSO et al., 1998; LIMA; KISS, 1999). A VFC, inferências quantitativas referentes às oscilações simpatovagais sobre a atividade cronotrópica cardíaca, no domínio do tempo, pode ser calculada pela Plotagem de Poincaré. Essa técnica baseia-se no registro das durações de uma série de batimentos cardíacos sucessivos, medidas pelos intervalos R-R. A partir desse registro, relaciona-se graficamente cada intervalo R-R com o intervalo antecedente. O eixo longitudinal da elipse, chamado de desvio padrão a (STDA) ou SD2, indica a variabilidade de médio e longo prazo dos intervalos R-R da série de batimentos selecionada, caracterizado como marcador da modulação parassimpática e simpática (TULPPO et al. 1998). O eixo transversal da elipse, chamado de desvio padrão b (STDB) ou SD1 representa a variabilidade instantânea dos intervalos R-R ou batimento-a-batimento, caracterizado como marcador da modulação parassimpática (TULPPO et al., 1996). A representação gráfica do STDA e do STDB, obtida a partir da Plotagem de Poincaré, é mostrada na figura 1 em dois momentos: (1) repouso, caracterizado por uma predominância parassimpática, representado por um alto valor SD1 (VFC); e (2) carga de transição metabólica (TM), caracterizado por uma potente modulação simpática, representada por um baixo valor SD1.

Já em protocolos de exercício com cargas iniciais baixas e intensidades crescentes, observa-se uma redução do SD1 (VFC), determinado pela retirada da influência parassimpática concomitante a participação progressiva na modulação simpática no aumento da frequência cardíaca (FC), o qual produziria uma menor variação no tempo transcorrido entre os batimentos sucessivos, resultando numa diminuição da VFC até valores próximos a 0 ms (TULPPO et al., 1996; ALONSO et al., 1998; LIMA;

KISS, 1999). Tal redução não é gradual. Nas cargas iniciais, há uma redução da VFC consistente e proporcional ao aumento da intensidade até valores de aproximadamente 3 ms. A partir desse ponto, os valores de VFC tendem a se estabilizar. Segundo Lima e Kiss (1999), a carga de trabalho, em protocolo de esforço progressivo, associada a uma redução da VFC para valores inferiores a 3 ms corresponde ao limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC), o qual foi encontrado em intensidade similar ao limiar de lactato (LIMA; KISS, 1999) e ao primeiro limiar ventilatório (BRUNETTO et al., 2005). Sendo sugerida uma relação causal entre estes limiares.

Desta forma, o objetivo desta investigação foi verificar se a carga correspondente a primeira transição metabólica identificada através do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) corresponde a mesma carga determinada através da lactacidemia em protocolo de cicloergômetro.

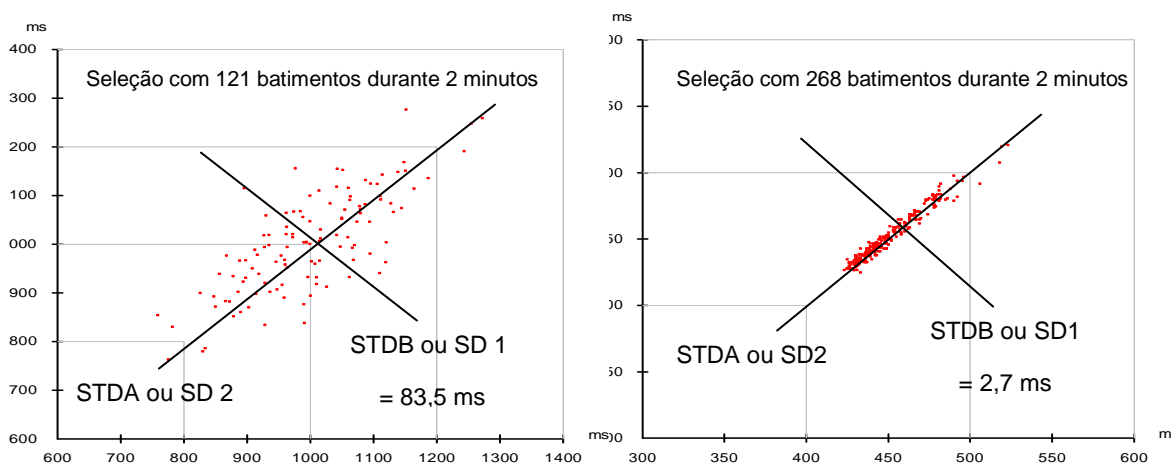


Figura 1 – Aplicação da Plotagem de Poincaré a um conjunto de Intervalos R-R; repouso e TM (Transição Metabólica).

METODOLOGIA

AMOSTRA

Participaram deste estudo 6 indivíduos do sexo masculino, não-atletas, porém praticantes de exercício físico regular a mais de um ano, como: exercícios resistidos (musculação) e ciclismo. Todos os sujeitos eram hígidos, normotensos e no momento das avaliações não estavam em tratamento medicamentoso. Os voluntários foram previamente informados quanto aos procedimentos experimentais empregados e assinaram o termo de consentimento para a realização de teste de esforço. Posteriormente responderam a dois questionários acompanhados do pesquisador; teste de risco coronariano e o questionário de prontidão para atividade física (PAR-Q), dando continuidade nos procedimentos da pesquisa apenas os voluntários que obtiveram um escore menor que oito no teste de risco coronariano e que responderam não a todas as perguntas do PAR-Q, não foi excluído nenhum voluntário em resposta aos questionários. As características antropométricas e funcionais dos sujeitos envolvidos no estudo estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Características antropométricas e funcionais da amostra

	Idade (anos)	Estatura (cm)	MC (KG)	IMC (Kg/m ²)	Fcmáx (bpm)	VO2máx (ml/Kg ¹ /min ¹)
Média	22,33	172,33	71,5	24,16	192,33	38,35
DP	3,2	5,08	7,86	1,83	2,22	4,38
Mínimo	18	166	64	22	189	32,81
Máximo	28	179	85	27	196	42,25

PROCEDIMENTOS

Após confirmação na participação da pesquisa os voluntários foram orientados do local, dia e horário da realização dos testes, como também foram orientados a não ingerirem bebidas a base de cafeína por pelo menos quatro horas antes do teste de esforço físico máximo, pois de acordo com Francischi, Pereira e Lancha Júnior (2001), a cafeína estimula o sistema nervoso o qual poderia produzir modificações no comportamento normal da modulação autonômica cardíaca; a não ingerirem bebidas alcoólicas, a consumir uma refeição leve duas horas antes e a evitar esforços físicos vigorosos no dia anterior ao teste.

Foi estabelecido um horário para cada voluntário a partir das 15:30 horas, horário de chegada do primeiro voluntário, os demais voluntários chegaram ao local da realização dos testes com um espaço de tempo de 45 minutos um do outro.

Todos os voluntários ao chegar no local da realização dos testes seguiram os mesmos procedimentos que serão apresentados na ordem em que foram realizados, sendo eles: preenchimento de dois questionários acompanhados do pesquisador; teste de risco coronariano e o questionário de prontidão para atividade física (PAR-Q), dando continuidade nos procedimentos da pesquisa apenas os voluntários que obtiveram um escore menor que oito no teste de risco coronariano e que responderam não a todas as perguntas do PAR-Q, não foi excluído nenhum voluntário em resposta aos questionários; após resposta dos questionários o voluntário foi submetido à avaliação antropométrica (estatura, MC e IMC) seguindo a sistematização de Fernandes Filho (1999); levantado os dados antropométricos foi realizado a aferição da pressão arterial de acordo com Veiga et al. (2003), a qual deveria constar de um valor máximo de 129 mmHg para a pressão arterial sistólica (PAS) e 84 mmHg para a pressão arterial diastólica (PAD) o qual é considera o valor máximo de normalidade da PAS e da PAD de acordo com o National Institutes of Health apud McArdle, Katch e Katch (2003). Nenhum voluntário foi excluído da pesquisa em relação à pressão arterial (PA), sendo todos classificados como normotensos.

Logo em seguida foi realizado alongamento com ênfase aos membros inferiores, uma vez que o teste incremental seria realizado em um cicloergometro; após o alongamento foi posicionado no tórax do voluntário o transmissor codificado Polar® logo abaixo dos mamilos, sendo o voluntário já logo em seguida orientado a posicionar-se sobre o assento do banco da bicicleta ergométrica de frenagem mecânica Monark® aonde permaneceria por 5 minutos para registro da lactacidemia e da VFC de repouso.

O registro dos intervalos R-R para posterior cálculo da VFC realizada mediante análise quantitativa da Plotagem de Poincaré que oferece informações quanto: (1) ao desvio padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento (SD1); (2) ao desvio padrão a longo prazo de intervalos R-R contínuos (SD2); e (3) à razão SD1/SD2, que durante esforço incremental pode ser usado como um indicador do aumento da modulação simpática; repouso e durante toda a vigência do teste incremental, foi realizado por um cardiofreqüencímetro Polar®, modelo S810i, a partir do terceiro minuto de repouso sobre o assento do cicloergômetro e durante todo o teste incremental. Depois de decorrido os 5 minutos de repouso dava-se início ao teste.

Determinação da concentração sanguínea de lactato (CSL) – Utilizando-se de luvas cirúrgicas, e após assepsia local com álcool, foi feita punção do lóbulo da orelha por meio de lanceta descartável. A primeira gota de sangue de cada coleta foi sempre desprezada para evitar contaminação com lactato eliminado no suor produzido pelas glândulas sudoríparas, e a seguir 25 microlitros (μ l) de sangue arterializado foram coletados, utilizando-se de capilares de vidro heparinizados e calibrados. As coletas foram realizadas no repouso e sempre no final de cada estágio. O sangue coletado foi depositado em tubos ependorfs contendo 50 μ l de fluoreto de sódio 1%. A análise do lactato foi realizada através do lactímetro YSC SPORT 1500 no laboratório de ciências fisiológicas da Universidade Federal de São Carlos.

Estrutura do teste – o teste iniciava-se a 0,0 quilopond (Kp) com uma velocidade constante de 20 Km/h e com incrementos de 0,5 Kp a cada dois minutos até um esforço físico máximo ou próximo do máximo, o teste era interrompido mediante exaustão voluntária (fadiga pela atividade), sensação de desconforto principalmente torácico com o aumento da intensidade (carga) ou quando era ultrapassada a FC_{máx} estimada através da equação 208 – $(0,7 \times \text{idade})$ de Tanaka et al. apud Barbosa P et al. (2004).

Determinação da transição metabólica – O LiVFC foi determinado por intermédio de dois critérios separadamente: (1) de acordo com Tulppo et al. (1998), no primeiro estágio em que a diferença

entre o SD1 de dois estágios consecutivos é menor que 1 ms; e (2) segundo Lima e Kiss (1999), o LiVFC é determinado quando o SD1 atinge valor menor que 3 ms. O limiar de lactato foi identificado na carga de menor valor do equivalente de lactato.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Foi utilizado para o tratamento dos dados o pacote estatístico SPSS for Windows versão 8.0, analisados por meio dos seguintes recursos estatísticos: (1) Estatística Descritiva: média, desvio-padrão, valor mínimo e máximo; e (2) teste “t” de Student para as diferenças nas médias da carga de transição metabólica entre os critérios; nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A figura 2 ilustra o comportamento médio do SD1, da relação CSL carga de trabalho e da CSL durante o teste incremental.

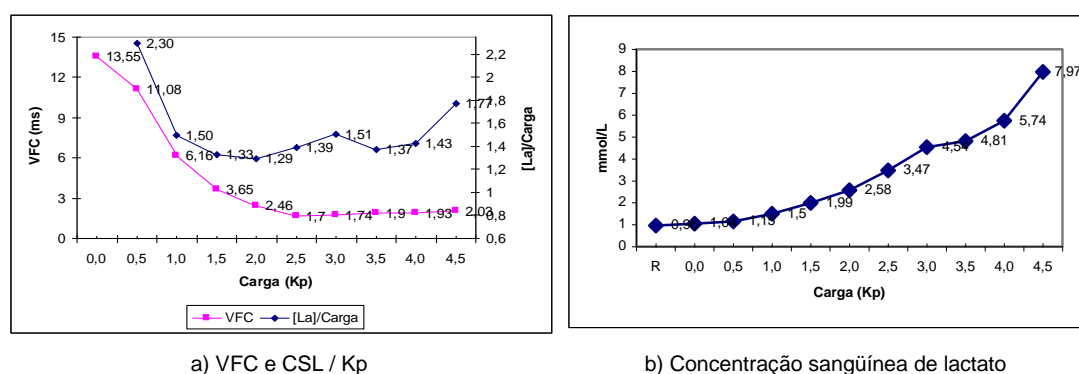


Figura 2 – a) Variabilidade da frequência cardíaca e relação CSL carga de trabalho; e b) Concentração sanguínea de lactato, durante teste progressivo por estágios, em cicloergômetro, com carga inicial de 0 Kp e incremento de 0,5 Kp a cada dois minutos (média).

Tabela 2 - Comportamento da VFC (SD1) durante teste progressivo por estágio

Tempo	Carga (Kp)	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
R		6	44,95	12,1	29,8	58,3
2'	0,0	6	13,55	6,66	6	24,9
4'	0,5	6	11,08	5,21	4,5	15,7
6'	1,0	6	6,16	3,6	2,5	12
8'	1,5	6	3,65	2,25	1,6	7,5
10'	2,0	6	2,46	1,7	1,2	5,8
12'	2,5	6	1,7	0,32	1,4	2,2
14'	3,0	5	1,74	0,15	1,5	1,9
16'	3,5	4	1,9	0,45	1,5	2,5
18'	4,0	3	1,93	0,58	1,5	2,6
20'	4,5	3	2,03	0,41	1,7	2,5

A tabela 2 apresenta os valores descritivos (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) do comportamento da VFC (SD1) durante o teste progressivo por estágio.

Um exemplo representativo quanto à identificação do limiar de lactato (LL), identificado pela carga de menor valor do equivalente de lactato e dos LiVFC de um dos sujeitos envolvidos no estudo encontra-se na figura 3. o LiVFC de acordo com os dois critérios ocorreu em carga idêntica ao LL.

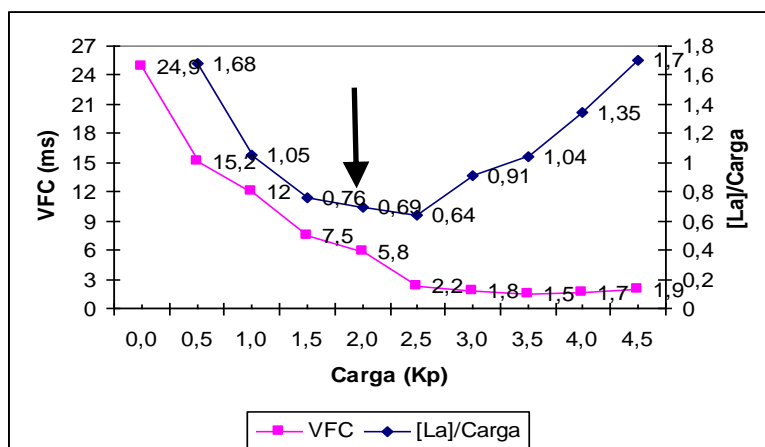


Figura 3 – Exemplo representativo da identificação do LL e dos LiVFC. Os limiares ocorreram na mesma intensidade de esforço. A seta indica a carga em que foram identificados os limiares.

A tabela 3 apresenta os valores médios \pm desvios-padrão do limiar de lactato (LL) e dos limiares de VFC (LiVFC) relatados em valores da carga, frequência cardíaca (FC), intervalo R-R (R-R), percepção subjetiva de esforço (PSE) e concentração sanguínea de lactato (CSL) de ocorrência.

Tabela 3 - Valores médios \pm DP das variáveis observadas na carga de transição metabólica

	Carga (Kp)	FC (bpm)	R-R (ms)	PSE	CSL (mmol/L)
LL (Critério de Berg et al.)	1,916 \pm 0,376	143 \pm 13,16	422 \pm 39,41	13,5 \pm 2,51	2,06 \pm 0,64
LiVFC (Critério de Tulppo et al.)	1,833 \pm 0,516	138,8 \pm 14,7	436 \pm 44,60	13,16 \pm 2,4	2,02 \pm 0,66
LiVFC (Critério de Lima e Kiss)	1,750 \pm 0,524	137 \pm 13,23	441,1 \pm 39,9	13 \pm 2,19	2,07 \pm 0,66

Na tabela 4 pode ser observado que não ocorreram diferenças significativas ($p > 0,05$) na carga de transição metabólica entre o LL e os dois critérios utilizados para identificar o LiVFC, nas demais variáveis (FC, R-R, PSE e CSL) também não se constatou diferenças significativas (dados não tabulados). Independente do critério, a transição metabólica ocorreu há um valor médio de CSL discretamente superior a 2,0 mmol/L, concentração fixa comumente utilizada como marcador da primeira transição metabólica. Outro referencial que sustenta a adoção do LiVFC como marcador da primeira transição metabólica é o fato dele ter sido identificado a uma PSE 13, pois segundo os estudos de Demello et al., Feriche et al., Green et al., Hill et al., Mahon et al. apud Silva (2005), que buscaram estimar o primeiro limiar por meio da PSE constataram que esse se encontrava entre os níveis 12-15 na escala de Borg.

Tabela 4 - Valores “p” na comparação da carga de transição metabólica entre os critérios

	LL (Critério de Berg et al.)	LiVFC (Critério de Tulppo et al.)	LiVFC (Critério de Lima e Kiss)
LL (Critério de Berg et al.)	—	0,363	0,175
LiVFC (Critério de Tulppo et al.)	0,363	—	0,363
LiVFC (Critério de Lima e Kiss)	0,175	0,363	—

DISCUSSÃO

O comportamento da curva de VFC foi bastante similar ao comportamento encontrado por Tulppo et al. (1996) e por Lima e Kiss (1999), onde em seus trabalhos a VFC decresceu acentuadamente nas cargas mais baixas iniciais até aproximadamente 50% da carga de pico, a partir desse ponto a VFC tende a estabilizar-se em valores próximos a 2 ms, demonstrando que a curva de

VFC durante teste incremental não é linear. No estudo de Yamamoto, Hughson e Peterson (1991), eles observaram que a VFC diminui significativamente até aproximadamente 60% da carga de pico, sendo as elevações da FC após esta carga governada pelo sistema nervoso simpático. Na presente pesquisa a VFC decresceu acentuadamente até a carga de 2,5 Kp correspondente a 55% da carga de pico, estabilizando-se em valores próximo a 2 ms, ficando entre o que foi citado por Tulppo et al. (1996) e Lima e Kiss (1999) e por Yamamoto, Hughson e Peterson (1991).

Esses resultados de VFC encontrados sugerem que a taquicardia do exercício é vago-dependente nos primeiros instantes, e simpático-dependente nos períodos mais tardios (durante exercício incremental). A retirada vagal que controla o coração no início do exercício tem sido explicada pela irradiação cortical sobre a região controladora da FC no Bulbo, enquanto que a intensificação simpática no coração tem sido explicada pela ação de catecolaminas circulantes e pela ação metabolorreflexa aferente iniciada na musculatura esquelética ativa. Todos esses mecanismos agem em sintonia para atender a demanda metabólica dos músculos ativos, seja ela na forma de nutrientes ou na oferta de oxigênio, aumentados pela realização do esforço físico (GALLO JR et al. apud ALONSO et al. 1998).

Durante o exercício incremental, a produção de lactato aumenta em proporção direta com o número de fibras musculares recrutadas e com a intensidade de sua ativação. Ao mesmo tempo aumenta também a remoção de lactato do sangue, fazendo com que, nos primeiros estágios do exercício, o aumento da CSL seja pequeno, podendo até mesmo diminuir. Com o aumento das concentrações de catecolaminas, que acompanham o aumento da intensidade do exercício, cresce o recrutamento de fibras rápidas, a glicólise e conseqüentemente a produção de lactato, ao mesmo tempo decresce a remoção por outros tecidos, resultando em expressivos aumentos da CSL (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Em relação à ocorrência simultânea na carga dos LiVFC e do LL, Mazzeo e Marshall apud Brunetto et al. (2005), encontraram alta correlação entre o LL e o aumento da concentração plasmática de catecolaminas, considerando que as catecolaminas estimulam a glicólise e a glicogenólise, sendo assim o aumento da atividade simpática é um mecanismo primário gerador de aceleração das reações glicolíticas, aumentando dessa forma o lactato sanguíneo durante um teste de esforço incremental, fazendo também com que diminua a VFC pela maior participação simpática ao mesmo tempo em que ocorre diminuição da atividade parassimpática cardíaca, pelo incremento na carga de trabalho, fenômenos que possivelmente seriam os responsáveis pela simultaneidade na carga de ocorrência dos limiares.

Sendo assim, considerando que as respostas para a manutenção da homeostase durante o esforço físico fazem parte do mesmo fenômeno, justifica-se a identificação da transição metabólica por diversos métodos. A escolha do método mais adequado talvez deva levar em consideração aspectos práticos como disponibilidade de equipamento, especificidade, reprodutibilidade, acurácia e se a técnica é invasiva (BRUNETTO et al., 2005).

CONCLUSÃO

Mediante os resultados encontrados no presente estudo, conclui-se que foi possível identificar com clareza a carga relacionada ao LiVFC em protocolo de cicloergômetro, segundo os critérios adotados para tal determinação, Tulppo et al. (1998) e Lima e Kiss (1999) o qual esta associado à primeira transição metabólica, e que não foram encontradas diferenças significativas quando comparado a primeira transição metabólica identificada através da lactacidemia. Sendo assim, nossos resultados fortalecem a adoção da análise da VFC durante teste incremental realizado em cicloergômetro mecânico como sendo uma alternativa não-invasiva e bem mais acessível de determinação da carga correspondente a primeira transição metabólica, porém mais estudos necessitam ser levantados para confirmar a associação entre primeira transição metabólica e o LiVFC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, D. O. et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. São Paulo, v. 71, n. 6, p. 787-792, 1998.
- BARBOSA P et al. Estudo comparativo de equações de estimativa da frequência cardíaca máxima. **Revista Fitness & Performance Journal**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 108-114, jan./fev. 2004.
- BERG, A. et al. Actuelle aspekto der modernen ergometrie. **Pneumologie**. n. 44, p. 02-13, 1990.
- BRUNETTO, A. F. et al. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. **Rev. Bras. Med. Esporte**. V. 11, n. 1, p. 22-27, jan./fev. 2005.
- FERNANDES FILHO, J. **A prática da avaliação física: testes, medidas e avaliação física em escolares, atletas e academias de ginástica**. Rio de Janeiro: Editora Shape, 1999.
- FRANCISCHI, R. P.; PEREIRA, L. O.; LANCHÁ JÚNIOR, A. H. Exercício, comportamento alimentar e obesidade: revisão dos efeitos sobre a composição corporal e parâmetros metabólicos. **Rev. Paul. Educ. Fís.** São Paulo, v. 15, n. 2, p. 117-140, jul./dez. 2001.
- KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur. J. Appl. Physiol.**, n. 42, p. 25-34, 1979.
- LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. M. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. Londrina, v. 4, n. 1, p. 29-38, 1999.
- MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003.
- OLIVEIRA, V. N. et al. Biomarcadores salivares na avaliação do limiar anaeróbio. **Revista Fitness & Performance Journal**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 85-89, mar./abr., 2005.
- SILVA C, André et al. Estimativa do limiar de Conconi por meio da escala de Borg em cicloergômetro. **Revista Fitness & Performance Journal**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, p. 215-219, jul./ago., 2005.
- SIMÕES, H. G. et al. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Rev. Paul. Educ. Fís.** São Paulo, v. 12, n. 1, p. 17-30, jan./jun. 1998.
- TULPPO, M. P. et al. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics exercise. **American Journal of Physiology**. Bethesda, v. 271, n.7, p. 244-252, 1996.
- TULPPO, M. P. et al. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **American Journal of Physiology**. Bethesda, v. 274, n.2, p. 424-429, 1998.
- VEIGA, E. V. et al. Avaliação de técnicas da medida da pressão arterial pelos profissionais de saúde. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. Niterói, v. 80, n. 1, p. 83-89, 2003.
- WASSERMAN, K. et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J. Appl. Physiol.**, n. 35, p. 236-243, 1973.
- WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Manole, 2001.
- YAMAMOTO, Y.; HUGHSON, R. L.; PETERSON, J. C. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **J. Appl. Physiol.** v. 71, p. 1136-1142, 1991.
- ZAGATTO, A. M. et al. Comparação entre a utilização de saliva e sangue para determinação do lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço em mesa-tenistas. **Rev. Bras. Med. Esporte**. V. 10, n. 6, p. 475-480, nov./dez. 2004.