

CORRELAÇÃO ENTRE TESTE INVASIVO E NÃO INVASIVO, VERIFICADOS ATRAVÉS DO MÉTODO D_{máx}, PARA ESTIMATIVA DO MÁXIMO ESTADO ESTÁVEL DE LACTATO EM INDIVÍDUOS FÍSICAMENTE ATIVOS

Danilo Mendes Shiroma^{1,2}, Claudia Renata Pinto dos Santos^{1,3},
Durval de Santana Nunes^{1,4}, André Luís Amaral Rodrigues Almeida¹

RESUMO

Neste estudo vamos associar o método D_{máx} aos métodos de deflexão da FC e ao de concentração de lactato sanguíneo e averiguar a reprodutibilidade desses testes na determinação do máximo estado estável de lactato em indivíduos ativos. **Materiais e Métodos:** 8 indivíduos homens, entre 20 e 31 anos, fisicamente ativos e saudáveis, foram submetidos a teste de esforço físico para estimativa do máximo estado estável de lactato de duas formas distintas (invasiva (i), com medidas de concentração de lactato, e não-invasiva (ni)) com análise da variação da FC. **Resultados:** os dados foram analisados através de média e desvio-padrão. Ao comparar as três variáveis estudadas nos dois testes distintos, observamos uma diferença pequena entre elas (V_i=11,4 e V_{ni}=11,2; FC_i=180,0 e FC_{ni}=176,4; EPE_i=12,3 e EPE_{ni}=11,8), porém na correlação de Pearson, apenas a variável FC teve uma significância estatística (considerando p<0,01, obtivemos pFC=0,928; pV=0,456; pEPE= 0,214). Os resultados do presente estudo sugerem que o método utilizado para análise das três variáveis (FC, V e EPE) como identificador do máximo estado estável de lactato, se mostrou possível de ser reproduzido em indivíduos ativos, quando consideradas as médias. Porém, quando correlacionadas essas variáveis, apenas a FC apresenta-se confiável na prescrição do treinamento.

Palavras-chave: Lactato, Deflexão Máxima, Frequência Cardíaca, Escala de Percepção de Esforço.

1 – Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho – Fisiologia do Exercício: Prescrição do exercício.

2 – Licenciado em Educação Física pela Universidade Nove de Julho/SP.

3 – Licenciada em Educação Física pela Academia de Educação Montenegro, Ibicaraí/Ba.

ABSTRACT

Correlation between invasive non-invasive testing and verified through the D_{máx} method to estimate the maximum lactate in steady-state individuals physically active

The present study associated the D_{máx} method with both, the Heart Rate Deflexion method and the Blood Lactate Concentration method, in order to investigate the reproducibility of these tests when determining the MLSS in active subjects. **Methods:** 8 voluntaries, males, between 20 and 31 years old, physically actives and healthy were submitted to a maximum effort test in order to estimate the MLSS by two distinct ways (invasive (i), assessing blood lactate concentration, and non-invasive (ni), assessing heart rate variation). **Results:** The mean values (and standard deviation) were considered. When comparing the three variables in both tests, a small difference between the three of them could be observed (V_i=11,4 and V_{ni}=11,2; HR_i=180,0 and HR_{ni}=176,4; EPS_i=12,3 and EPS_{ni}=11,8). Still, the Pearson test showed that only the heart rate presented a statistically significant difference (considering p<0.01, we observed pFC=0,928; pV=0,456; pEPE=0,214). **Conclusion:** Results suggests that the method used to assess the three variables (HR, V and EPS) as an identifier of the MLSS, is reproducible in active subjects, when the mean values are considered. Meanwhile, when the variables are correlated, only the HR can be a trustful variable on the exercise prescription based on the blood lactate concentration.

Key words: Lactate, Maximum deflexion, Heart Rate, Indirect Tests.

Endereço para correspondência:

dam.dms@hotmail.com

personal.renata@hotmail.com

dudanunes@terra.com.br

4 – Licenciada em Educação Física pela Universidade Camilo Castelo Branco/SP.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a importância da prática de atividade física de forma orientada é um assunto indiscutível, bem como o conhecimento de que cada indivíduo possui suas características únicas. Por isso, na prescrição de qualquer atividade física, torna-se necessária uma avaliação das respostas do organismo frente a diferentes estímulos, para então conhecer os limites e capacidades individuais.

Desta forma, é possível prescrever e realizar uma atividade física bem direcionada para se alcançar os objetivos mais rapidamente. McArdle, Katch e Katch (1992) e Robergs e Roberts (2002), afirmam que as atividades devem ser avaliadas considerando seus componentes energéticos específicos, com a finalidade de aprimorar esses sistemas de energia de forma a conseguir adaptações fisiológicas e metabólicas ótimas.

Entre as variáveis que podem ser usadas para prescrição de exercício, estão os limiares metabólicos, que correspondem ao momento onde a intensidade de exercício ainda permite um equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato no sangue. Segundo Jacobs, Kindermann, Simon e Keul; Keith, Jacobs e McLellan; Coyle, Gaskill e colaboradores e Roecker e colaboradores, citados por Okano e colaboradores (2006), e Pozzi e colaboradores (2006), os limiares metabólicos são considerados parâmetros importantes para a predição de desempenho físico, prescrição de intensidade e controle do treinamento, pois refletem uma variação na concentração de lactato sanguíneo.

A resposta utilizada para determinar o limiar de lactato durante o exercício talvez seja a forma mais precisa da mensuração da capacidade aeróbia, já que apresenta sensibilidade comprovada ao treinamento físico, além de servir como preditor de performance aeróbia (Baptista e colaboradores, 2005; Okano e colaboradores, 2006; Frainer, Oliveira, Pazin, 2006).

O que diferencia uma atividade aeróbia de uma anaeróbia é sua intensidade. Em intensidades leves e moderadas, a produção de energia provém predominantemente do metabolismo aeróbio. Com o aumento progressivo da demanda metabólica, mediante elevação da intensidade de esforço físico, o metabolismo anaeróbio

passa a suplementar a produção aeróbia de energia (Pedrosa, Melo e Saad, 1997; Ramos da Silva e Colaboradores, 2005).

Os métodos tradicionalmente empregados para identificar estes momentos no metabolismo muscular são as análises da concentração sanguínea de lactato que permitem identificar os limiares de forma direta e invasiva. No entanto, recentemente, outros métodos não-invasivos, indiretos e mais acessíveis foram propostos para identificar a intensidade de esforço físico em que ocorre a suplementação da produção aeróbia de energia (Matta Silva e colaboradores, 2005; Frainer, Oliveira, Pazin, 2006).

Conconi e colaboradores (citados por Pozzi e colaboradores, 2006; Kara e colaboradores, 1992), em teste com corredores, propuseram que o ponto da quebra da linearidade da frequência cardíaca coincide com o máximo estado estável de lactato (MEEL), sendo isso um bom indicador desse limiar.

Cheng e colaboradores (1992), em teste com ciclistas sugeriram o modelo $D_{máx}$ (deflexão máxima) para a determinação do limiar de lactato e calcularam esta intensidade de forma mais objetiva, considerando todos os valores contidos na curva, no teste exponencial convencional que por sua vez é determinado por análise visual. Chegaram à conclusão que o método se mostrou confiável e reprodutível.

Kara e colaboradores (1996), em teste com sedentários sugeriram a associação dos métodos da variação da Frequência Cardíaca e $D_{máx}$, e concluíram que o método $D_{máx}$ é mais útil que o método exponencial convencional, porque, segundo Cheng (1996), o ponto de deflexão da frequência cardíaca de todos os sujeitos pode ser fácil e objetivamente encontrado por esse método.

CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O EXERCÍCIO

A principal função dos pulmões é proporcionar trocas de oxigênio e dióxido de carbono entre o ar e o sangue em qualquer nível do metabolismo. Através da eliminação de gás carbônico, os pulmões participam ativamente da regulação e manutenção do equilíbrio ácido-base do organismo. O sistema de tamponamento ácido carbônico-bicarbonato neutraliza o lactato em ácido carbônico a fim

de manter o equilíbrio apropriado (Zin e Rocco, 1999; Dangelo e Fatini, 2005).

Durante os níveis moderados de metabolismo energético, as células dispõem de bastante oxigênio. Existe um ritmo constante, pois o hidrogênio é oxidado quase no mesmo ritmo com que se torna disponível. Nesse caso não se forma lactato, pois o seu ritmo de remoção é igual ao seu ritmo de produção (McArdle, Katch e Katch, 1992).

Quando as demandas energéticas ultrapassam o fornecimento e o ritmo da utilização do oxigênio, nem todo hidrogênio produzido pode ser processado através da cadeia respiratória. Depois que o lactato é formado, se difunde rapidamente para o sangue, onde é tamponado. Essa via para a energia extra é apenas temporária, pois à medida que aumenta o lactato nos músculos e, conseqüentemente, no sangue, a regeneração do ATP não consegue acompanhar o ritmo de sua utilização, a fadiga se instala e o exercício é interrompido (Zin e Rocco, 1999; Powers, Howley, 2000).

RESPOSTA AO TREINAMENTO

Uma capacidade maior de transferência de energia se traduz diretamente em um melhor desempenho nos exercícios. As atividades devem ser avaliadas considerando seus componentes energéticos específicos, com a finalidade de aprimorar esses sistemas de forma a conseguir adaptações fisiológicas e metabólicas ótimas.

Como resposta ao treinamento, a densidade capilar, o tamanho e o número das mitocôndrias aumentam. O mesmo ocorre com a concentração de várias enzimas e agentes de transferência implicados no metabolismo aeróbio. O aprimoramento da capacidade da célula em gerar ATP aerobicamente pode ampliar o percentual sustentado antes do início do acúmulo de lactato no sangue (McArdle, Katch e Katch, 1992; Robergs e Roberts, 2002).

LIMIAR DE LACTATO

Considerando que as respostas da ventilação, lactato sanguíneo e catecolaminas durante o esforço físico fazem parte do mesmo fenômeno (o aumento da contribuição do metabolismo anaeróbio na produção de energia), justifica-se a grande procura no meio

científico por diferentes métodos que identifiquem, através dessas repostas, a participação das diversas vias metabólicas na ressíntese de ATP durante o exercício físico (Brunetto e colaboradores, 2005).

No aumento da carga de trabalho até intensidades moderadas, a produção de energia provém predominantemente do metabolismo aeróbio. Com o aumento progressivo da demanda metabólica, mediante elevação da intensidade de esforço físico, o metabolismo anaeróbio passa a suplementar a produção aeróbia de energia (Pedrosa, Melo e Saad, 1997; Ramos da Silva e Colaboradores, 2005).

Os limiares correspondem a intensidades de exercício onde ainda ocorre um equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato no sangue. São considerados parâmetros importantes para a predição de desempenho físico, prescrição de intensidade e controle do treinamento, pois refletem um aumento na concentração de lactato sanguíneo (Jacobs, Kindermann, Simon, Keul; Keith, Jacobs, McLellan; Coyle, Gaskill e colaboradores; Roecker e colaboradores citados por Okano e colaboradores, 2006; Pozzi e colaboradores, 2006).

A resposta utilizada para determinar o limiar de lactato durante o exercício talvez seja a forma mais precisa da mensuração da capacidade aeróbia, já que apresenta sensibilidade comprovada ao treinamento físico, além de servir como preditor de performance aeróbia.

Existem dois limiares metabólicos. O primeiro momento é identificado como limiar de lactato e reflete a intensidade de exercício correspondente ao início do acúmulo do lactato sanguíneo. É definido como a intensidade de esforço anterior ao aumento exponencial do lactato no sangue em relação aos níveis de repouso. O segundo momento representa a intensidade de exercício que corresponde ao Máximo Estado Estável de Lactato no sangue, ou seja, a fase na qual o equilíbrio entre a produção e remoção de lactato atinge seu limite máximo. Essa fase, na ergoespirometria, é denominada Ponto de Compensação Respiratória e é identificada por aumentos excessivos da ventilação (hiperventilação) (Baptista e colaboradores, 2005; Okano e colaboradores, 2006; Frainner, Oliveira, Pazin, 2006).

Um dos métodos tradicionalmente empregados para identificar estes momentos no metabolismo muscular são as análises da concentração sanguínea de lactato que permitem identificar os limiares de forma direta e invasiva. No entanto, recentemente, outros métodos não invasivos, indiretos e mais acessíveis foram propostos para identificar a intensidade de esforço físico em que ocorre a suplementação da produção aeróbia de energia (Matta Silva e colaboradores, 2005; Frainer, Oliveira, Pazin, 2006).

Apesar do interesse e evolução tecnológica, a obtenção da concentração do lactato sanguíneo durante o exercício físico é uma abordagem invasiva e desconfortável, depende de equipamentos caros, exige coleta sanguínea programada, material e profissional especializado para realizá-lo, tornando sua aplicação limitada. É importante ressaltar que tanto o volume de sangue coletado, quanto a utilização de procedimentos simples de assepsia, minimizam os riscos à saúde de avaliadores e avaliados (Ramos da Silva e Colaboradores, 2005; Matta Silva e colaboradores, 2005; Frainer, Oliveira, Pazin, 2006; Okano e colaboradores, 2006).

Diante dessas limitações, protocolos de fácil aplicação têm sido propostos como

possibilidade de utilização de testes indiretos para a determinação não invasiva dos limiares, analisando o comportamento da frequência cardíaca durante o esforço, considerando o aumento da atividade simpática (que é um mecanismo primário gerador de aceleração da glicólise anaeróbia e preditor do aumento do lactato sanguíneo) como parte do mesmo fenômeno fisiológico (Brunetto e colaboradores, 2005, Okano e colaboradores, 2006; Pozzi e colaboradores; Pires e colaboradores, 2006).

MÉTODO ALTERNATIVO DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

Conconi e colaboradores (citado por Pozzi, 2006 e Kara e colaboradores, 1996) na década de 80 apresentaram um trabalho que avaliava a linearidade da frequência cardíaca em função do tempo durante um protocolo de exercício incremental. Propuseram que o ponto da quebra da linearidade da frequência cardíaca coincide com o ponto de compensação respiratória (máximo estado estável de lactato). Assim, consideraram este fato como sendo um bom indicador do limiar em questão.

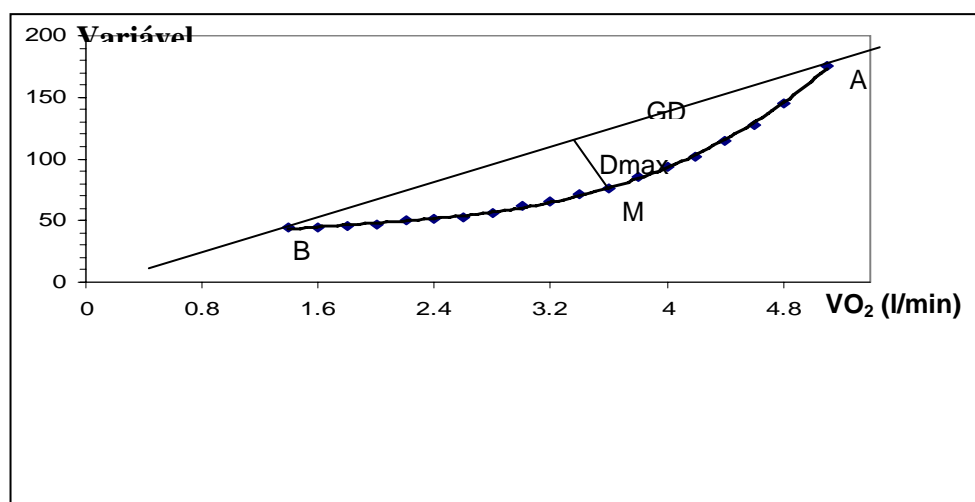


Figura 1 - A definição do método Dmáx. A curva é uma ilustração de uma regressão curvilinear de terceira ordem de qualquer das variáveis ventilatória/metabólica versus VO_2 usados no estudo. A linha formada pelos dois pontos finais da curva indica a direção geral em mudança (GD) de uma variável durante o período de teste. Os pontos na curva antes e depois do ponto M (o ponto na curva que determina a Dmax; a máxima distância da curva à linha) representam as duas diferentes tendências em mudança. De B a M os pontos vão ficando mais distantes da GD. Assim, o ponto M é o ponto do limiar (VT ou VL). Figura 1: Gráfico adaptado de Cheng e colaboradores (1992).

MÉTODO D_{máx}

Na década de 90, Cheng e colaboradores (1992) sugeriram o modelo D_{máx} (deflexão máxima) para a determinação do limiar de lactato, sob a suposição de permitir identificações mais individualizadas quando comparadas à utilização de concentrações fixas e menos subjetivas do que as análises visuais, pois calcula esta intensidade de forma objetiva considerando todos os valores contidos na curva. Conseqüentemente, o ponto identificado pelo D_{máx} está diretamente relacionado ao comportamento de toda a curva do lactato sanguíneo, durante teste incremental (Pires e colaboradores, 2006).

O principal objetivo de Cheng e colaboradores (1992) foi usar um novo critério para determinar os limiares ventilatório e de lactato, e compará-lo com métodos convencionais. Eles concluíram que o método D_{máx} para detectar os limiares ventilatório e de lactato se mostrou confiável e reprodutível.

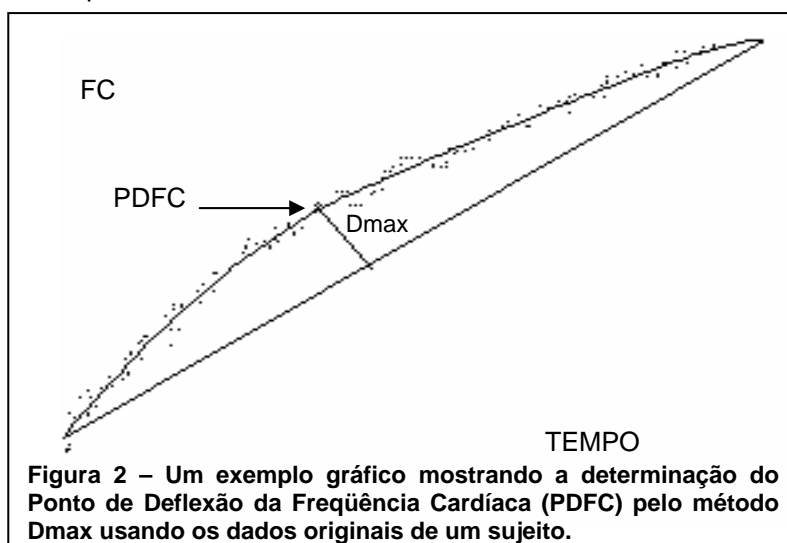
Quando as diferentes variáveis ventilatórias ou metabólicas foram tratadas com o método D_{máx}, valores similares de limiares foram obtidos e foram observadas relações muito próximas entre elas. Essa facilidade comparativa mostrada pelas variáveis usadas no método desenvolvido por Cheng e colaboradores (1992) nesse estudo, não foi mostrada por outros. Assim, eles

propuseram um critério universal para medir o limiar em todas as situações sem produzir diferenças significativas (Figura 1).

ASSOCIAÇÃO DOS MÉTODOS: FREQUÊNCIA CARDÍACA E D_{máx}

Kara e colaboradores (1996) sugeriram a associação dos métodos Variação da Frequência Cardíaca e D_{máx}, com o objetivo de determinar o ponto de deflexão da frequência cardíaca e compará-lo com o método convencional linear com coleta de lactato. Recomendou-se nesse estudo que, para determinação exata da deflexão máxima, deve-se traçar uma reta ligando dois pontos extremos. O primeiro ponto deveria ser o menor valor entre 140 e 150 batimentos por minuto. O segundo ponto seria a máxima frequência cardíaca alcançada. A distância entre essa reta e o ponto mais distante da curva, seria o D_{máx} (Figura 2).

O comportamento da FC usado tanto no método D_{máx} como por Conconi pode ser utilizado para determinar o limiar sem a necessidade de técnicas invasivas ou de analisadores caros. Os valores de FC nos pontos de deflexão determinados pelos dois métodos foram próximos dos valores máximos de FC, aproximadamente 90% do máximo. (Kara e colaboradores, 1992; Cheng e colaboradores, 1992).



Adaptado de Kara e colaboradores (1996)

ESCALA DE PERCEPCAO SUBJETIVA DE ESFORCO

Em 1973 Borg apresentou uma escala de Percepção Subjetiva de Esforço (Tabela 1) para a avaliação do esforço percebido durante o exercício. Consiste na informação verbal, à medida que a carga de trabalho aumenta ou a medida que o tempo progride, correlacionando-se com variáveis tais como frequência cardíaca, ventilação, produção de lactato, porcentagem de VO₂ máx. e carga de trabalho (American College of Sports Medicine citado por Morrow Jr. e colaboradores, 2003).

Muitos pesquisadores procuraram relacionar a Escala de Percepção de Esforço (EPE) proposta por Borg (Borg, 1973) com concentrações fixas de Lactato, o Limiar de Lactato ou o Máximo Estado Estável de Lactato. Esta é mais uma tentativa de estimar os limiares metabólicos de forma indireta. Entretanto, os resultados encontrados são conflitantes e demonstram uma variabilidade considerável entre indivíduos quanto à idade, gênero, estado de treinamento e modalidade de exercício (Okura e Tanaka, 2001).

Em relação ao Limiar de Lactato, Okura e Tanaka (2001) relatam uma variação entre 12 e 14 na EPE quando confrontados vários estudos. Da mesma forma, também são relatadas variações consideráveis quando se tenta estimar o Máximo Estado Estável de Lactato através da EPE. Palmer e colaboradores (1999), estudando corredores treinados, encontraram uma estreita correlação entre o Máximo Estado Estável de Lactato e o valor de 13,4 na EPE. Esses mesmos autores relatam uma variação entre 12 e 15 na EPE em estudos de outros grupos de pesquisadores. Por sua vez, Swesen e colaboradores (1999), estudando ciclistas treinados encontraram correlação entre o valor de 15 na EPE e o Máximo Estado Estável de Lactato.

Como se pode observar não existe um consenso em relação à percepção subjetiva de esforço e o Máximo Estado Estável de Lactato. Por outro lado, não há pesquisas que tentaram correlacionar a EPE ao D_{máx}. Portanto, essa também é uma das propostas desse estudo.

Pelo exposto anteriormente o objetivo desse estudo é analisar a possibilidade da reprodução dos resultados com a associação do método D_{máx} nos testes de lactato sanguíneo (invasivo) e de deflexão da

Frequência Cardíaca (não-invasivo) para a determinação do Máximo Estado Estável de Lactato (MEEL) em indivíduos ativos.

Tabela 1 - Representação da escala de percepção subjetiva de esforço de Borg (EPE).

6	
7	MUITO FÁCIL
8	
9	
10	FÁCIL
11	
12	LIGEIRAMENTE DIFÍCIL
13	
14	DIFÍCIL
15	
16	LIGEIRAMENTE CANSATIVO
17	
18	CANSATIVO
19	
20	EXAUSTIVO

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a coleta de dados desta pesquisa, foram selecionados 08 indivíduos voluntários que deveriam estar de acordo com os seguintes critérios de inclusão: gênero masculino, fisicamente ativos e saudáveis e com idade entre 20 e 31 anos.

Todos os indivíduos foram submetidos a dois testes de esforço físico máximos para estimativa do Máximo Estado Estável de Lactato (MEEL) – invasivo (com coleta de lactato sanguíneo) e não-invasivo (pelo comportamento da frequência cardíaca) com pelo menos 48 horas de intervalo entre um e outro e sempre no período da manhã. Todos os testes foram realizados em esteira automática da marca Moviment modelo LX 160. Para monitoramento e verificação da frequência cardíaca de cada indivíduo, foi utilizado um cardiofrequencímetro polar da marca Timex modelo L 440 Sports. A concentração sanguínea de lactato foi obtida através da utilização de um analisador portátil de lactato, Accutrend® Lactate. Além disso, utilizou-se a escala de percepção de esforço (EPE) de Borg para análise subjetiva do esforço de cada sujeito.

A coleta das amostras de sangue foi sempre realizada pela mesma pessoa, pensando em minimizar possíveis variações

de quantidade de sangue na amostra, o que poderia tornar impossível a leitura pelo lactímetro. As amostras de sangue foram todas retiradas das pontas dos dedos dos indivíduos, e para cada coleta, foi feita a assepsia da região com algodão e álcool 70%.

O orifício foi feito com auxílio de lancetas descartáveis da marca Roche (Accucheck Softclix). A primeira gota de sangue era sempre desprezada (eliminando assim o risco desta ter sido contaminada pelo álcool, o que poderia alterar os resultados) e a segunda gota era então transferida imediatamente para a fita de análise do lactímetro.

Ao mesmo tempo em que era realizada a coleta de sangue, uma segunda pessoa verificava e anotava a frequência cardíaca do sujeito, bem como o grau de esforço relatado por ele de acordo com a escala de Borg original escalonada de seis a vinte (EPE).

Para o teste invasivo, com análise da concentração de lactato, cada sujeito foi submetido a um exercício de corrida em esteira, onde a cada 3 minutos a atividade de corrida era interrompida e imediatamente era realizada a coleta da amostra de sangue, a verificação da frequência cardíaca, escala de Borg e velocidade da esteira. Ao final da coleta o indivíduo retomava a atividade e incrementava-se a velocidade em 1 Km/h. Só

então se começava a contar um novo ciclo de 3 minutos para uma nova coleta de dados.

Para o teste não-invasivo, os sujeitos foram submetidos à mesma atividade em esteira, porém o incremento de velocidade era de apenas 0,5 Km/h e a cada 1 minuto. Os dados coletados ao final de cada minuto eram os de velocidade da esteira, frequência cardíaca e escala de Borg.

Ambos os testes eram finalizados apenas quando o indivíduo atingia ou relatava o seu limite de cansaço.

Os dados do teste invasivo foram armazenados e plotados em um gráfico de concentração de lactato versus frequência cardíaca. Para esse método, foram utilizados dados de Schuylenbergh e colaboradores (2004), que em sua pesquisa encontrou uma alta fidedignidade na estimativa do Máximo Estado Estável de Lactato quando determinado a partir do D_{máx} (Método de Deflexão Máxima). Para isso, esses autores propuseram, após a determinação de uma exponencial referente a todos os pontos de coleta do lactato, traçar uma reta ligando o ponto representado pela maior intensidade antes do aumento exponencial do lactato (Limiar de lactato), e o ponto obtido na máxima intensidade de esforço. O Máximo Estado Estável de Lactato foi estimado a partir da maior distância entre essa reta e a exponencial (método D_{máx}) (Figura 3).

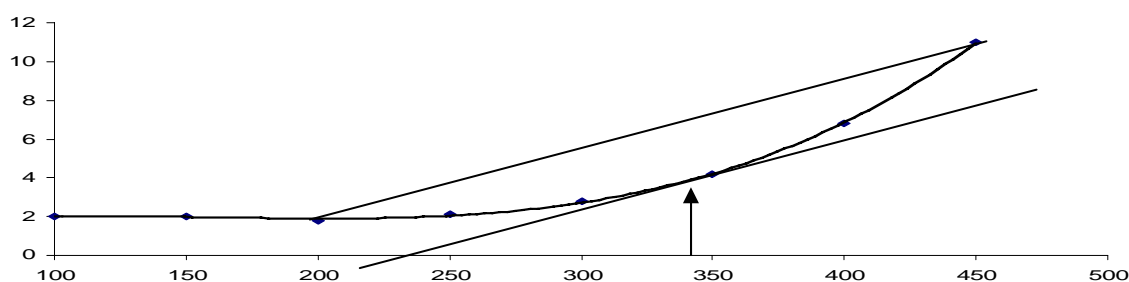


Figura 3 - Método usado para determinação do TH-Dm. Para cada indivíduo a curva do lactato foi primeiramente traçada utilizando uma equação polinomial de terceiro grau. A partir daí, a intersecção entre o ponto mais distante da curva e a tangente paralela à linha reta que liga a menor e a maior medida de concentração
Gráfico adaptado de Schuylenbergh e colaboradores (2004).

Já os dados do teste não-invasivo foram plotados em um gráfico de velocidade versus frequência cardíaca. Para esse método o Máximo Estado Estável de Lactato foi estimado a partir do proposto por Kara e

colaboradores (1996). Os resultados foram então armazenados, para posterior análise estatística.

Analise estatística

Inicialmente, para comparações de médias foi aplicado um teste de homogeneidade de variâncias (ANOVA). Dessa forma, pode-se afirmar que a variância entre os grupos experimentais estudados neste trabalho é a mesma para cada variável analisada. Para correlações foi utilizado o

método de Pearson (o nível de significância adotado foi $p < 0,05$).

RESULTADOS

A tabela 2 mostra os resultados dos testes invasivo e não-invasivo de um sujeito (como exemplo), com seus gráficos (Gráficos 1 e 2, respectivamente).

Tabela 2 - Resultados dos testes invasivo e não-invasivo

INVASIVO				NÃO-INVASIVO		
VEL (Km/h)	FC (bpm)	EPE (Borg)	LAC (mmol)	VEL (Km/h)	FC (bpm)	EPE (Borg)
6	116	6	2,7	8	147	8
7	125	7	2,8	8,5	152	8
8	139	9	3,0	9	157	9
9	141	10	3,1	9,5	162	9
10	158	11	3,7	10	167	10
11	162	13	4,1	10,5	171	11
12	177	15	4,7	11	175	11
13	179	16	5,9	11,5	177	12
14	184	19	8,3	12	180	13
				12,5	183	15
				13	186	16
				13,5	188	17
				14	191	19
				14,5	194	20

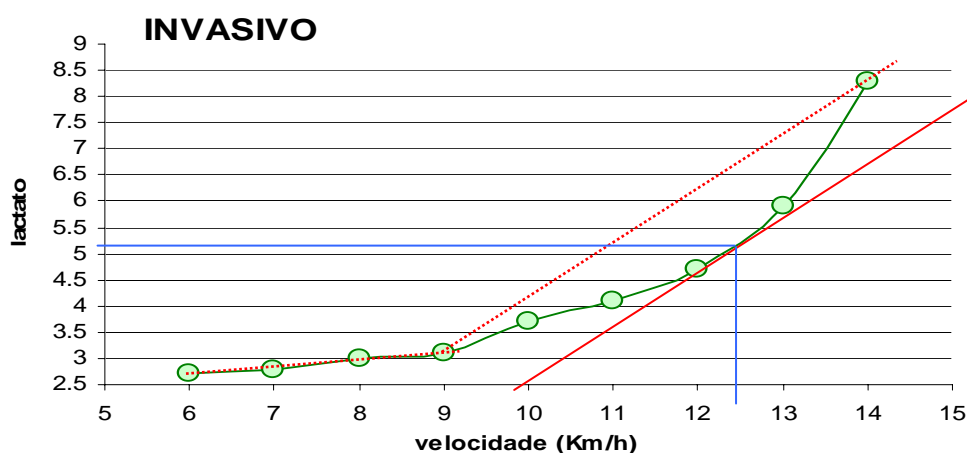


Gráfico 1- Relação entre velocidade e concentração de lactato

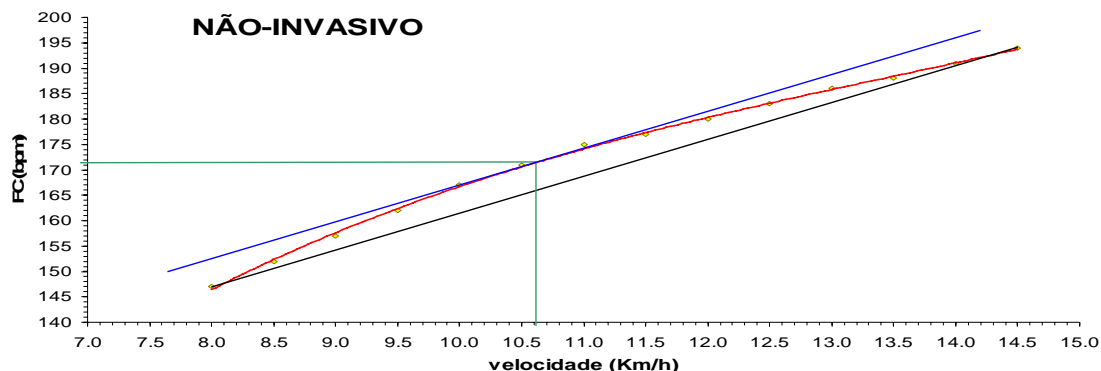


Gráfico 2 - relação entre velocidade e frequência cardíaca

Na Tabela 3 podemos observar os valores das médias e respectivos desvios-padrão das variáveis idade, peso e altura de todos os sujeitos, bem como o valor médio do $VO_2\max$, que foi calculado para identificar que os indivíduos eram ativos.

Tabela 3 - Dados de altura, peso, idade e $VO_2\max$ de cada indivíduo com resultados expressos como média \pm DPM (n = 8)

VARIÁVEIS	MÉDIA \pm DPM
Altura (m)	1,8 \pm 0,1
Peso (Kg)	78,3 \pm 9,9
Idade (anos)	26,4 \pm 3,1
$VO_2\max^*$ (ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	51,4 \pm 2,0

* $VO_2\max$ estimado indiretamente segundo a ACSM 2006.

Na tabela 4, são mostrados os valores médios com o desvio-padrão respectivo de cada variável (velocidade, frequência cardíaca

e EPE), no momento em que os sujeitos atingiram o máximo estado estável de lactato. Considerando-se a média, houve uma comparação positiva entre as variáveis Velocidade, Frequência Cardíaca e Escala de Percepção de Esforço.

Tabela 4 - Dados de Comparação das médias das variáveis dos testes invasivo e não-invasivo.

	Média \pm DPM	
	INVASIVO	NÃO-INVASIVO
Velocidade	11,4 \pm 1,5	11,2 \pm 1,0
FC	180,0 \pm 9,1	176,4 \pm 7,4
EPE	12,3 \pm 2,6	11,8 \pm 2,8

Os gráficos 3 a 5 ilustram essas comparações dos valores médios das três variáveis nos dois métodos (invasivo e não-invasivo).

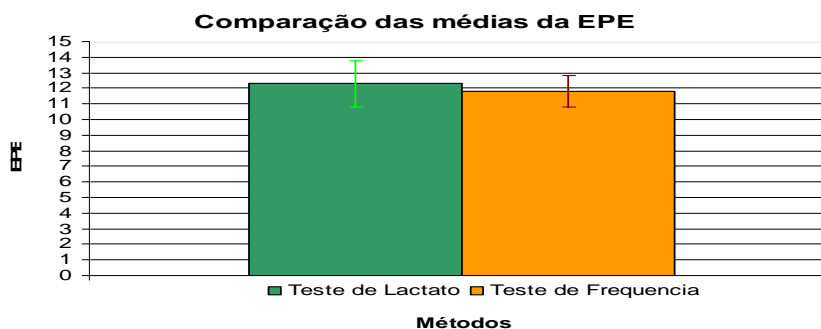


Gráfico 5 - Comparação das EPE com resultados expressos em média \pm DPM. Não houve diferença estatisticamente significativa.

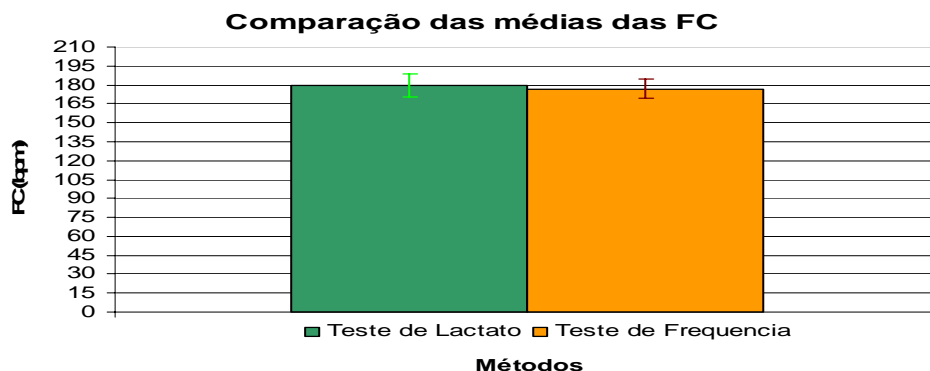


Gráfico 4 - Comparação das frequências cardíacas com resultados expressos em média \pm DPM. Não houve diferença estatisticamente significativa.

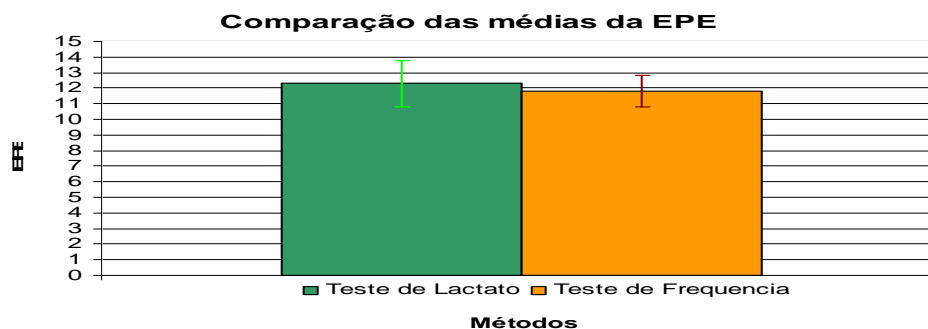


Gráfico 5 - Comparação das EPE com resultados expressos em média \pm DPM. Não houve diferença estatisticamente significativa

Para verificar se essas diferenças entre os valores de cada variável são estatisticamente significativas, aplicou-se o teste de Pearson. Verificamos que a única variável cuja diferença foi considerada estatisticamente significativa foi a de frequência cardíaca. O resultado está representado na Tabela 5. O p adotado para esse trabalho foi $p < 0,01$.

Tabela 5 - Correlação de Pearson

INVASIVO/ NÃO-INVASIVO	FC	Velocidade	EPE
FC	0,928*	-	-
Velocidade	-	0,456	-
EPE	-	-	0,214

*Significância ($p < 0,01$)

DISCUSSÃO

Conconi e colaboradores (citado por Pozzi, 2006), na década de 80 propuseram que o máximo estado estável de lactato (MEEL) coincide com o ponto da quebra da linearidade da frequência cardíaca no teste não-invasivo. Cheng e colaboradores (1992) realizaram testes em ciclistas e determinaram um método matemático para calcular o máximo estado estável de lactato de forma objetiva, considerando todos os pontos da curva (método Dmáx). Concluíram que o método é confiável e reproduzível.

Kara e colaboradores (1996), ao analisar sedentários em bicicleta ergométrica, associaram dois métodos: método alternativo de variabilidade da FC e método Dmáx.

Concluíram que essa associação é vantajosa, pois possibilita a determinação do máximo estado estável de lactato com maior precisão.

O presente estudo apresentou resultados que confirmam que a associação proposta por Kara e colaboradores (1996) pode ser usada para avaliar indivíduos ativos. Isso amplia a possibilidade de utilização do método em indivíduos com diferentes níveis de condicionamento físico.

No que diz respeito à idade dos indivíduos estudados, podemos dizer que o método é confiável para adultos, porém nada se pode afirmar em relação a crianças e adolescentes, pois são fases em que o nível maturacional tem grande influência nas respostas fisiológicas (Brunetto e colaboradores, 2005 e Frainer, Oliveira e Pazin, 2006). Já em idosos ativos, Pozzi e colaboradores (2006), concluíram que é possível identificar o máximo estado estável de lactato por modelos matemáticos, diferentes do usado no presente estudo, com resultados positivos e semelhantes aos obtidos através do padrão ouro (ergoespirometria).

Foi observado que o valor das médias quando comparadas isoladamente entre os dois métodos (invasivo e não invasivo) não apresentam grande diferença. Isso acontece para as três variáveis (frequência cardíaca, velocidade e escala de percepção de esforço). Porém a única variável com correlação estatisticamente significativa foi a frequência cardíaca entre os dois testes. Talvez isso possa ser explicado pelo fato de que uma pequena variação na velocidade da esteira durante o teste pode gerar um aumento considerável do esforço do indivíduo, alterando também as suas respostas metabólicas de maneira significativa.

Em relação à frequência cardíaca, as oscilações devem ser maiores para se considerar que esse aumento (ou diminuição) seja uma resposta ao estímulo dado pelos testes.

É importante enfatizar que muitas vezes um considerável ganho no condicionamento aeróbio pode não ter uma relação direta com os limiares metabólicos, e sim refletir outras variáveis bioquímicas do desenvolvimento motor. Como exemplo, podemos citar o aprendizado do movimento solicitado no teste, que em um primeiro momento exige um maior gasto energético,

mas com a repetição do gesto, esse gasto diminui.

O consumo máximo de oxigênio parece ser limitado por fatores centrais ou cardiovasculares, como débito cardíaco e volume de ejeção, enquanto o limiar de lactato está relacionado a fatores periféricos, como a densidade mitocondrial e tipo de fibra muscular predominante.

Durante teste incremental, sujeitos com maior condicionamento aeróbio conseguem se manter durante um período prolongado em baixas concentrações de lactato, postergando o início do aumento progressivo desta variável, o que gera um aumento exponencial na curva, associado a maior capacidade dos sistemas tampão, melhor remoção ou menor taxa de oxidação de lactato nesses indivíduos durante o exercício (Kindermann, Simon, Keul; Pfitzinger, Freedson; Yamamoto, Higson, Nakamura; Perini, Veicsteinas; Mourot e colaboradores e Camerena e colaboradores citados por Brunetto, Moreira Silva e Rosenguini, 2005).

De acordo com Pires e colaboradores (2006), o efeito do treinamento não é na produção de lactato e sim na sua remoção do sangue. Durante muito tempo, o músculo esquelético foi visto principalmente como local da produção de lactato. Mais recentemente, foi reconhecido que sua importância não é apenas na produção do lactato, mas também na eliminação deste (Hall, 2000).

Batista e colaboradores (2005), Pires e colaboradores (2006), e Ramos da Silva e colaboradores (2005), afirmaram que a detecção dos limiares é altamente dependente do protocolo de testes utilizados (modelo de teste, tempo, tipo de exercício avaliado, faixa etária dos voluntários e condicionamento), justificando o cuidado que se deve ter na escolha do protocolo para sua determinação.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que o método utilizado para análise das três variáveis (frequência cardíaca, velocidade e escala de percepção de esforço) como identificador do máximo estado estável de lactato, se mostrou possível de ser reproduzido em indivíduos ativos, quando consideradas as médias. Porém, quando correlacionadas essas variáveis, apenas a

freqüência cardíaca apresenta-se confiável na prescrição do treinamento.

REFERÊNCIAS

- 1- Baptista, R.R.; Oliveira, L.G.; Figueiredo, G.B.; Contieri, J.R.; Loss, J.F.; Oliveira, A.R.. Limiar de lactato em remadores: comparação entre dois métodos de determinação. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Niterói. Vol. 11. Núm. 04. 2005. p. 247-250.
- 2- Borg, G.. Perceived exertion: a note on "history" and methods. Med Sci Sports. Vol. 5. 1973. p. 90-93.
- 3- Brunetto, A.F.; Silva, B.M.; Roseguini, B.R.; Hirai, D.M.; Guedes, D.P. Limiar ventilatório e variabilidade da freqüência cardíaca em adolescentes. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Niterói. Vol. 11. Num. 01. 2005. p. 22-27.
- 4- Cheng, B.; Kuipers, H.; Snyder, A.C.; Keizer, H.A.; Jeukendrup, A.; Hesselink, M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. Int. J. Sports Med. George Thieme Verlag Stuttgart – New York. Vol.13. 1992. p. 518-522.
- 5- Dangelo, J.G.; Fattini, C.A. Sistema respiratório. In: Anatomia humana sistêmica e segmentar. São Paulo. Editora Atheneu. 2ª edição. 2005. p. 106-120.
- 6- Frainer, D.E.S.; Oliveira, F.R.; Pazin, J. Influência da maturação sexual, idade cronológica e índices de crescimento no limiar de lactato e no desempenho da corrida de 20 minutos. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Niterói. Vol. 12. Num. 03. 2006. p. 139- 144.
- 7- Hall, G.V. Lactate as a fuel for mitochondrial respiration. Acta Physiol. Scand. Vol. 168. 2000. p. 643-656.
- 8- Kara, M.; Gokbel, H.; Bediz, C.; Ergene, N.; Uçok, K.; Unysal, H. Detemination of the heart rate deflection point by the DMÁX method. The journal of sports medicine and fitness. Thurkiye. Vol. 36. Num. 01. 1996. p. 31-34.
- 9- Matta Silva, L.G.; Pacheco, M.E.; Campbell, C.S.G.; Baldissera, V.; Simões, H.G.. Comparação entre protocolos diretos e indiretos de avaliação da aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Niterói. Vol. 11. Num. 04. 2005. p. 219 – 223.
- 10- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch. V.L.. Diferenças individuais e mensuração das capacidades energéticas. In: Fisiologia do exercício: Energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro. Editora Guanabara.3ª edição. 1992. p. 129-149.
- 11- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch. V.L.. Estrutura e funções pulmonares. In: Fisiologia do exercício: Energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro. Editora Guanabara.3ª edição. 1992. p. 153-163.
- 12- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch. V.L.. Medida do consumo energético humano. In: Fisiologia do exercício: Energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro. Editora Guanabara.3ª edição. 1992. p. 94-101.
- 13- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch. V.L.. Transferência de energia no corpo. In: Fisiologia do exercício: Energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro. Editora Guanabara.3ª edição. 1992. p. 66-79.
- 14- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch. V.L.. Transferência de energia no exercício. In: Fisiologia do exercício: Energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro. Editora Guanabara.3ª edição. 1992. p. 80-93.
- 15- Morrow Jr. J.R.; Jackson, A.W.; Disch, J.G.; Mood, D.P.. Avaliação da atividade física e da aptidão física em adultos. In: Medida e Avaliação do Desempenho Humano. São Paulo. Editora Artmed. 2003. p. 176-213.
- 16- Okano, A.H.; Altimari, L.R.; Simões, H.G.; Moraes, A.C.; Nakamura, Y.; Cyrino, E.S.; Burini, R.C. Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. Revista Brasileira de Medicina esportiva. Niterói. Vol. 12. Num. 01. 2006. p. 39-44.
- 17- Okura, T.; Tanaka, K.. A unique method for predicting cardiorespiratory fitness using rating

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

of perceived exertion. *Journal Physiol Anthropol.* Vol. 20. Num. 05. 2001. p. 255-26.

18- Palmer, A.S.; Potteiger, J.A.; Nau, K.L.; Tong, R.J. A 1-day maximal lactate steady-state assessment protocol for trained runners. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 31. Núm. 09. 1999. p. 1336-1341.

19- Pedrosa, R.C.; Melo, M.F.V.; Saad, E.A.. Limiar anaeróbio detectado pela curva-“V” na cardiopatia chagásica crônica. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.* Vol. 30. Num. 02. 1997. p. 129-138.

20- Pires, F.O.; Lima Silva, A.E.; Gagliardi, J.F.L.; Barros, R.V.; Kiss, M.A.P.D.M.. Caracterização da curva do lactato sanguíneo e aplicabilidade do modelo D_{máx} durante protocolo progressivo em esteira rolante. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Niterói.* Vol. 12. Num. 2. 2006. p. 71-75.

21- Powers, S.K.; Howley, E.T. Metabolismo do exercício. In: *Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento ao desempenho.* Barueri. Editora Manole. 3ª Edição. 2000. p. 45-62.

22- Pozzi e colaboradores. Determinação do limiar de anaerobiose de idosos saudáveis: comparação entre diferentes métodos. *Revista Brasileira de Fisioterapia. São Carlos.* Vol. 10. Num. 3. 2006. p. 333-338.

23- Ramos da Silva, A.S.; Corrêa dos Santos, F.N.; Santhiago, V.; Gobatto, C.A.. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Niterói.* Vol. 11. Num. 04. 2005. p. 233-237.

24- Robergs, R.A.; Roberts, S.O.. Adaptações metabólicas ao exercício. In: *Princípios fundamentais de Fisiologia do Exercício para aptidão, desempenho e saúde.* São Paulo. Phorte editora. 1ª Edição. 2002. p. 110-141.

25- Schuylenbergh, R.V.; Eynde, B.V.; Hespel, P. Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclist. *Sports Medicine.* Vol. 25. p. 403-408.

26- Swensen, T.C.; Harnish, C.R.; Beitman, L.; Keller, B.A. Noninvasive estimation of the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 31. Núm. 05. 1999. p. 742-746.

27- Zin, W.A.; Rocco, P.R.M.. Fisiologia respiratória em condições especiais. In: *Aires e colaboradores. Fisiologia.* Rio de Janeiro. Editora Guanabara. 2ª edição. 1999. p. 553-558.

28- Zin, W.A.; Rocco, P.R.M.. Regulação respiratória do equilíbrio ácido-base. In: *Aires e colaboradores. Fisiologia.* Rio de Janeiro. Editora Guanabara. 2ª edição. 1999. p. 546-548.

Recebido para publicação em 14/07/2009
Aceito em 11/09/2009