

Predição da performance de corredores de *endurance* por meio de testes de laboratório e pista

Performance prediction of endurance runners through laboratory and track tests

Kristopher Mendes de Souza¹
Ricardo Dantas de Lucas¹
Talita Grossl¹
Vitor Pereira Costa¹
Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo¹
Benedito Sérgio Denadai²

Resumo – Os objetivos deste estudo foram: determinar e comparar índices fisiológicos obtidos em teste de laboratório e pista (teste de pista da Universidade de Montreal - UMTT) em corredores de *endurance*; analisar a capacidade de predição do $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAN determinados no laboratório e no UMTT para a performance nas distâncias de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m; analisar os efeitos da distância da prova na relação entre os índices fisiológicos $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAN com a performance. Participaram deste estudo, 10 corredores moderadamente treinados que realizaram os seguintes testes: provas simuladas nas distâncias de 10.000 m, 5.000 m e 1.500 m; dois testes incrementais máximos (laboratório e pista) para determinar os índices $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAN. Não houve diferenças significativas entre o $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAN determinados em ambos os protocolos. De acordo com a análise de regressão múltipla, referente ao teste de laboratório, a $vVO_2\text{max}$ foi a única variável selecionada para explicar a performance nas provas de 1.500 e 5.000 m (62 e 35%, respectivamente). Do mesmo modo, dentre as variáveis determinadas no UMTT, somente a $vVO_2\text{max}$ explicou a performance nestas distâncias (78 e 66%, respectivamente). Por outro lado, o LAN determinado no laboratório e no UMTT explicou 38 e 52% da performance nos 10.000 m, respectivamente. Pode-se concluir que a predição da performance aeróbia de corredores de *endurance* moderadamente treinados, a partir do $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAN, determinados em laboratório e no UMTT, é dependente da distância da prova analisada.

Palavras-chave: Corridas de *endurance*; Índices fisiológicos; Metabolismo aeróbio.

Abstract – *The objectives of this study were: 1) determine and compare physiological indexes from laboratory and track tests (Université de Montréal Track Test - UMTT) in endurance runners; 2) analyze the predictive capacity of $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ and AT with the running performance at 1,500 m, 5,000 m and 10,000 m time trials; 3) analyze the effects of running distance on the relationship between the physiological indexes with aerobic performance. The study included 10 moderately trained endurance runners who performed the following series of tests on different days: 10,000 m, 5,000 m, and 1,500 m time trials on a 400 m track; two maximal incremental tests (laboratory and track) to determine the $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$, and AT. There were no significant differences between $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ and AT determined in both protocols. The multiple regression analysis revealed that $vVO_2\text{max}$ was the only index from laboratory associated with running performance at 1,500 and 5,000 m (62 and 35%, respectively). In addition, $vVO_2\text{max}$ from UMTT explained the running performance for the same previous distance (78 and 66%, respectively). On the other hand, the AT determined in both incremental tests explained 38 and 52% of performance at 10,000 m time trial, respectively. Thus, the prediction of endurance performance of long distance runners using $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ and AT determined in the laboratory and UMTT tests depends on the running distance.*

Key words: Aerobic metabolism; Endurance running; Physiological indexes.

1 Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Desportos. Laboratório de Esforço Físico. Florianópolis, SC, Brasil.

2 Universidade Estadual Paulista. Laboratório de Avaliação da Performance Humana. Instituto de Biociências. Rio Claro, SP, Brasil.

Recebido em 10/09/2013
Revisado em 21/11/2013
Aceito em 13/01/2014



Licença
Creative Commons

INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio (VO_2max) exerce uma importante relação com a performance em corridas de *endurance*¹⁻⁴. Entretanto, corredores treinados podem apresentar valores similares de VO_2max e, assim, outros índices fisiológicos como a velocidade associada ao VO_2max (vVO_2max) e o limiar anaeróbio (LAN), podem contribuir para o sucesso em eventos predominantemente aeróbios⁵⁻⁸. A vVO_2max , por exemplo, tem mostrado uma estreita relação com a performance em corridas de curta, média e longa distância²⁻⁸. O LAN, por sua vez, além de ser considerado um parâmetro imprescindível na avaliação da capacidade aeróbia⁹ e prescrição do treinamento¹⁰, tem também sido importante na predição de performance em corridas de *endurance*^{1,6,8,11}.

Entretanto, esses índices são normalmente determinados em protocolos de laboratório, visto que há um melhor controle do ambiente e uma maior precisão nas mensurações realizadas. Assim, uma das desvantagens da avaliação laboratorial é a dificuldade de reproduzir uma situação mais próxima da realidade diariamente vivenciada pelo atleta. Nesse contexto, o teste de pista da Universidade de Montreal (UMTT), proposto por Léger e Boucher¹², apresenta-se como um protocolo mais específico, uma vez que o mesmo permite identificar o VO_2max e a vVO_2max ^{13,14}. Além disso, embora não existam estudos que forneçam informações, pode-se hipotetizar que, por meio da identificação do ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC), conforme proposto por Conconi et al.¹⁵ e Conconi et al.¹⁶, é possível estimar o LAN no UMTT.

Diferentes estudos têm analisado a predição da performance aeróbia durante a corrida a partir dos índices citados anteriormente¹⁻⁸. Estes, no entanto, utilizaram modelos de regressão simples ou múltipla, analisando no mesmo grupo de atletas, as relações entre os índices fisiológicos com a performance em uma única distância, a qual varia, frequentemente, entre 1.500 m e 10.000 m¹⁻⁸. Com base nesses estudos, tem sido proposto que a distância da prova e, portanto, a intensidade do exercício, pode influenciar as relações entre os índices fisiológicos e a performance aeróbia na corrida⁶. Além disso, para o nosso conhecimento, nenhum estudo tem verificado a relação da performance de *endurance* obtida nos mesmos corredores, em diferentes distâncias, com dois ou mais índices determinados em testes de laboratório e pista, particularmente, utilizando o UMTT.

Como o percentual de contribuição aeróbia e a intensidade relativa à vVO_2max e ao LAN são proporcionalmente diferentes entre as provas de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m^{6,17}, algumas hipóteses foram formuladas: as relações entre os índices VO_2max , vVO_2max e LAN (determinados no laboratório e no UMTT) com a performance são dependentes da distância da prova (1.500 m, 5.000 m e 10.000 m); os índices fisiológicos que melhor predizem a performance nas provas de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m são os mesmos em ambos os protocolos (laboratório e UMTT); entretanto, os índices identificados no UMTT apresentam uma maior capacidade de

predição da performance nas provas de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m que os índices identificados no teste de laboratório.

Além disto, a ausência de informações suficientes na literatura acerca dos efeitos da distância da prova sobre a relação entre os índices fisiológicos máximos e submáximos determinados no laboratório e no UMTT com a performance aeróbia (diferentes distâncias), ressaltam a relevância da realização desta investigação. Sendo assim, os objetivos deste estudo foram: a) determinar e comparar os índices fisiológicos ($VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAn) obtidos no laboratório e no UMTT em corredores de *endurance* moderadamente treinados; b) analisar a capacidade de predição dos índices ($VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAn) obtidos no laboratório e no UMTT para a performance nas distâncias de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m; e c) analisar os efeitos da distância da prova na relação entre os índices fisiológicos $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAn com a performance nas distâncias de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Sujeitos

Participaram deste estudo 10 corredores moderadamente treinados com, no mínimo, dois anos de experiência com treinamento e provas de *endurance* ($28,3 \pm 6,8$ anos; $68,5 \pm 8,5$ kg; $173,5 \pm 7,5$ cm e; $10,6 \pm 3,1\%$ de gordura corporal). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina. Os participantes foram informados e familiarizados com todos os procedimentos do experimento, assim como os riscos e benefícios, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido.

Procedimento experimental

Inicialmente, em uma pista oficial de 400 m, os atletas realizaram três provas simuladas nas seguintes distâncias: 10.000 m, 5.000 m e 1.500 m. Na sequência, cada atleta realizou um teste incremental em laboratório para determinação do $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAn. Por último, para determinação do $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAn em pista, foi utilizado o protocolo proposto por Léger e Boucher¹² (UMTT). Todos os testes (laboratório e pista) ocorreram em situações climáticas similares (temperatura = 23-25°C; umidade relativa do ar = 60-68%), com, no mínimo, 48 h de intervalo entre cada um deles. Os atletas foram instruídos a participarem do estudo em totais condições de recuperação, hidratação e alimentação. O experimento foi concluído em duas semanas, com todos os testes ocorrendo num mesmo período do dia.

Determinação da performance nas provas de 10.000 m, 5.000 m e 1.500 m

Os corredores realizaram provas simuladas em uma pista de 400 m, em diferentes dias, nas distâncias de 10.000 m, 5.000 m e 1.500 m. Antes de cada prova, foi permitido aos atletas realizarem um aquecimento de intensidade moderada seguido de alongamento (15 min no total).

Determinação do VO_2max , $v\text{VO}_2\text{max}$ e LAn no laboratório

O VO_2max foi determinado utilizando-se um protocolo incremental em esteira rolante (IMBRAMED SUPER ATL, Porto Alegre, Brasil). A velocidade inicial foi de $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (1% de inclinação), com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 3 min até a exaustão voluntária⁶. Entre cada estágio, houve um intervalo de 30 s para a coleta de $25 \mu\text{l}$ de sangue do lóbulo da orelha para a dosagem do lactato sanguíneo, por meio de um analisador eletroquímico (YSI 2700 STAT, Yellow Springs, OH, USA). O VO_2 foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado (K4b², Cosmed, Roma, Itália), sendo os dados reduzidos à média de 15 s. O VO_2max foi considerado como o maior valor obtido durante o teste nestes intervalos de 15 s. Para considerar que durante o teste os indivíduos atingiram o VO_2max , foram adotados os seguintes critérios¹⁸: 1) quociente respiratório $> 1,1$; 2) concentração de lactato sanguíneo $\geq 8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; e 3) frequência cardíaca $\geq 90\%$ da frequência cardíaca máxima (FCmax) predita para a idade. A $v\text{VO}_2\text{max}$ foi considerada como sendo a menor velocidade de corrida, na qual ocorreu o VO_2max ¹⁰. O LAn foi determinado como sendo a velocidade correspondente à concentração fixa de lactato de $3,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, conforme proposto por Heck et al.⁹.

Determinação do VO_2max , $v\text{VO}_2\text{max}$ e LAn no UMTT

O VO_2max foi determinado utilizando-se o teste incremental de Léger e Boucher¹² em uma pista oficial de atletismo. A velocidade inicial foi de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 2 min até à exaustão voluntária. A velocidade de cada estágio foi controlada por sinais sonoros através de um computador e caixas de amplificação do som. Além disso, a pista foi demarcada com cones a cada 40 m, sendo que a cada sinal sonoro os atletas deveriam estar passando simultaneamente junto aos cones. O teste foi encerrado quando o atleta não conseguisse manter a velocidade exigida, sendo considerado máximo quando a frequência cardíaca final fosse igual ou superior a 90% da FCmax predita para a idade. O VO_2max foi estimado pela equação $\text{VO}_2\text{max} (\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = 0,0324x^2 + 2,134x + 14,49$; onde “x” representa a $v\text{VO}_2\text{max}$ ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)¹². A $v\text{VO}_2\text{max}$ foi determinada como a velocidade correspondente ao último estágio completo do avaliado. No entanto, se o mesmo não conseguisse completar o último estágio, a $v\text{VO}_2\text{max}$ era estabelecida de acordo com a seguinte equação: $v\text{VO}_2\text{max} (\text{km}\cdot\text{h}^{-1}) = \text{velocidade do último estágio completo} (\text{km}\cdot\text{h}^{-1}) + [t (\text{s})/\text{duração do estágio} (\text{s}) \times \text{velocidade de incremento} (\text{km}\cdot\text{h}^{-1})]$; onde “t” foi o tempo do estágio incompleto¹⁹. O LAn foi determinado como sendo a velocidade correspondente ao PDFC¹⁵, o qual foi identificado a partir do método matemático Dmax, conforme descrito por Kara et al.²⁰.

Análise estatística

Os dados estão expressos como média \pm DP e a normalidade foi verificada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*. Para comparar os índices fisiológicos determinados nos protocolos de laboratório e pista, foi utilizado o teste

t de Student para amostras pareadas. Uma análise de regressão múltipla verificou a relação entre o tempo de prova nas diferentes distâncias e os índices fisiológicos determinados em ambos os protocolos. Para comparar a velocidade média nas provas com a vVO_{2max} e o LAn, foi utilizada a análise de variância *Anova One-way*, complementada pelo teste *post hoc* LSD. Em todas as análises foi adotado um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os índices fisiológicos obtidos no laboratório e no UMTT. Não houve diferenças significativas entre o VO_{2max} , vVO_{2max} e LAn determinados em ambos os protocolos.

Tabela 1. Índices fisiológicos obtidos no teste incremental realizado no laboratório e no UMTT.

Índices fisiológicos	Laboratório	UMTT
VO_{2max} (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	64,2 ± 5,7	65,5 ± 2,3
vVO_{2max} (km.h ⁻¹)	18,4 ± 0,7	18,6 ± 0,7
LAn (km.h ⁻¹)	14,9 ± 0,7	15,1 ± 1,8
LAn (% vVO_{2max})	81,2 ± 5,6	81,0 ± 8,6

Nota: VO_{2max} = consumo máximo de oxigênio; vVO_{2max} = velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio; LAn = limiar anaeróbio; UMTT = teste incremental de pista da Universidade de Montreal¹².

Os tempos de performance nas provas de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m foram 4,8 ± 0,2 min, 18,2 ± 0,8 min e 38,6 ± 0,2 min, respectivamente. Os valores relativos (% vVO_{2max} e %LAn) das velocidades empregadas em cada uma das distâncias estão expressos na tabela 2. A velocidade média da prova de 1.500 m ($v1.500$) não apresentou diferença significativa em relação à vVO_{2max} determinada nos dois protocolos estudados. No entanto, a velocidade média que os corredores sustentaram durante os 5.000 m ($v5.000$) foi significativamente superior ($p < 0,001$) ao LAn e significativamente inferior ($p < 0,001$) à vVO_{2max} em ambos os protocolos. Na distância de 10.000 m, a velocidade média sustentada durante a prova ($v10.000$) foi significativamente diferente ($p < 0,01$) do LAn determinado no laboratório. Contudo, quando este índice fisiológico foi determinado no UMTT, não houve diferença da $v10.000$.

Tabela 2. Valores relativos das velocidades apresentadas nas distâncias de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m.

Distância (m)	Velocidade (km.h ⁻¹)	% vVO_{2max} (laboratório)	% vVO_{2max} (UMTT)	%LAn (laboratório)	%LAn (UMTT)
1.500	18,8 ± 0,8	102,3 ± 2,7	101,2 ± 1,9	126,3 ± 9,0	124,1 ± 8,7
5.000	16,5 ± 0,7	89,8 ± 3,3	88,7 ± 2,0	110,7 ± 6,6	108,8 ± 6,7
10.000	15,6 ± 0,6	84,9 ± 3,9	83,9 ± 2,5	104,6 ± 4,2	102,8 ± 5,2

Nota: vVO_{2max} = velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio; LAn = limiar anaeróbio, UMTT = teste incremental de pista da Universidade de Montreal¹².

As tabelas 3 e 4 destacam, respectivamente, os índices fisiológicos determinados no laboratório e no UMTT que apresentaram capacidade

de predição de performance nas diferentes distâncias analisadas. Para todos os casos, os índices obtidos no teste de Léger e Boucher¹² explicaram melhor a performance que os índices do teste incremental de laboratório. Contudo, referente ao teste de laboratório, a $vVO_2\text{max}$ foi a única variável selecionada para explicar a performance nas provas de 1.500 e 5.000 m (62 e 35%, respectivamente). Do mesmo modo, dentre os índices determinados no UMTT, somente a $vVO_2\text{max}$ explicou a performance nestas distâncias (78 e 66%, respectivamente). Por outro lado, o LAn determinado no laboratório e no UMTT explicou 38 e 52% da performance nos 10.000 m, respectivamente.

Tabela 3. Coeficientes de correlação múltipla dos índices fisiológicos determinados em laboratório com a performance nas distâncias de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m.

Distância	Variáveis	R ²	p-valor
1.500 m	$vVO_2\text{max}$	0,62	0,004
5.000 m	$vVO_2\text{max}$	0,35	0,050
10.000 m	LAn	0,38	0,018

Nota: $vVO_2\text{max}$ = velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio; LAn = limiar anaeróbio.

Tabela 4. Coeficientes de correlação múltipla dos índices fisiológicos determinados no UMTT com a performance nas distâncias de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m.

Distância	Variáveis	R ²	p-valor
1.500 m	$vVO_2\text{max}$	0,78	0,001
5.000 m	$vVO_2\text{max}$	0,66	0,002
10.000 m	LAn	0,52	0,001

Nota: $vVO_2\text{max}$ = velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio; LAn = limiar anaeróbio.

DISCUSSÃO

Confirmando as hipóteses do presente estudo, os resultados encontrados foram: os índices fisiológicos determinados no laboratório não apresentaram diferenças significativas dos índices determinados no UMTT (tabela 1); a predição da performance a partir do $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAn, determinados em ambos os protocolos (laboratório e UMTT), foi dependente da distância da prova; os índices fisiológicos obtidos no teste de laboratório que apresentaram capacidade de prever a performance nas provas de 1.500 m, 5.000 m e 10.000 m foram similares aos índices do UMTT; os índices derivados do UMTT apresentaram maior capacidade de predição da performance que os índices derivados do teste de laboratório nas três distâncias analisadas. Contudo, apesar da duração da prova apresentar efeitos na relação do $VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$ e LAn com a performance dos atletas nessas distâncias, é importante ressaltar que o sistema aeróbio é predominante em todas as provas estudadas^{17,21}.

Referente ao $VO_2\text{max}$, não foi encontrada diferença significativa para esse índice quando comparado entre os protocolos de laboratório e pista (tabela 1). Isto está de acordo com outros estudos que também não encontraram diferenças entre o $VO_2\text{max}$ determinado no laboratório e no UMTT, em indi-

víduos heterogêneos, em termos de nível de treinamento, idade e sexo^{12,13,22,23}. Contudo, apesar do VO_2max ser considerado um determinante fisiológico da performance aeróbia de corredores de *endurance*, quando se analisam grupos homogêneos de corredores, esse índice tem apresentado pouco poder discriminatório da performance em eventos predominantemente aeróbios⁶. Isso pode ser evidenciado, também, no presente estudo, visto que não houve correlação do VO_2max com as provas analisadas. Uma das explicações para esse comportamento pode ser devido ao baixo coeficiente de variação do VO_2max (8,4 e 3,5%, respectivamente aos testes de laboratório e pista).

Além disso, quando se avaliam corredores que apresentam performances similares e baixa variabilidade do VO_2max , pode-se encontrar dificuldade na associação entre as variáveis. Um baixo coeficiente de variação para a faixa de valores de uma ou ambas as variáveis (neste caso, os tempos de prova e VO_2max) determina um coeficiente de correlação próximo de zero quando se associa uma variável com a outra. Uma vez que corredores com VO_2max similares são analisados, têm-se acreditado que a homogeneidade do grupo pode fornecer informações mais precisas quanto à capacidade de predição de performance por parte de outros índices fisiológicos (ex: vVO_2max e LAN).

Semelhante ao VO_2max , não foi encontrada diferença significativa para a vVO_2max quando esta foi comparada entre os protocolos estudados (tabela 1). Isto corrobora os estudos de Berthoin et al.^{13,23} que também não encontraram diferenças entre a vVO_2max determinada no laboratório e no UMTT em indivíduos moderadamente treinados. Em contraste, Lacour et al.¹⁸ verificaram em um grupo de corredores bem treinados que a vVO_2max no UMTT ($21,9 \pm 1,5 \text{ km.h}^{-1}$) foi levemente superior ($p < 0,05$) que no laboratório ($21,6 \pm 1,6 \text{ km.h}^{-1}$). Entretanto, é importante ressaltar que neste estudo¹⁸ a amostra era constituída por corredores de *endurance* de ambos os sexos, o que, de alguma forma, pode ter influenciado nos resultados encontrados.

Referente à capacidade de predição de performance da vVO_2max , este índice fisiológico, determinado em ambos os protocolos, foi o único selecionado para explicar a performance nas provas de 1.500 m e 5.000 m (tabelas 3 e 4). Nessas distâncias, a vVO_2max determinada em laboratório explicou 62% e 35% da variação da performance, respectivamente. Contudo, em uma maior proporção, a vVO_2max determinada no UMTT explicou a variação de performance em 78% para o 1.500 m e 66% para o 5.000 m.

Com referência à prova de 1.500 m, o presente estudo corrobora outros estudos que verificaram a relação da vVO_2max , determinada no laboratório e no UMTT, com a performance de corredores de *endurance* nessa distância^{6,11,18,24,26}. Lacour et al.^{11,18} encontraram uma correlação significativa entre a vVO_2max obtida em esteira rolante e a performance de corredores na prova de 1.500 m ($r = -0,62$ e $r = -0,90$, respectivamente). Do mesmo modo, também quando determinada em protocolo de laboratório, a vVO_2max explicou 67% e 64% da variação da performance na prova de 1.500 m para um grupo de corredores bem treinados²⁴ e um grupo de corredores moderadamente treinados⁶, respectivamente. Quando a vVO_2max

foi obtida por meio do protocolo de Léger e Boucher¹² em corredores de *endurance* bem treinados, Lacour et al.²² encontraram uma alta correlação ($r = 0,96$) entre esse índice e a $v1.500$.

Na prova de 5.000 m, os resultados encontrados confirmam os achados de outros estudos que verificaram a relação da $vVO_2\max$ com a performance de corredores de *endurance* nessa distância^{8,11,25,26}. Tanaka et al.⁸ verificaram uma correlação significativa entre a $vVO_2\max$ e a performance de corredores na distância de 5.000 m em diferentes fases de um programa de treinamento de *endurance* (coeficientes de correlação entre -0,67 e -0,79). Analisando, também, os 5.000 m, Lacour et al.¹¹ observaram uma correlação significativa ($r = 0,86$) entre a $vVO_2\max$ e a $v5.000$. Adicionalmente, quando estimada a partir da relação submáxima entre VO_2 e velocidade de corrida, a $vVO_2\max$ também tem sido correlacionada ($r = -0,63$) com a prova de 5.000 m²⁶. Por outro lado, em um grupo de corredores moderadamente treinados, Mercier e Léger²⁵ verificaram uma alta correlação ($r = -0,98$) entre a $vVO_2\max$ determinada no UMTT e a performance na prova de 5.000 m. No entanto, essa alta correlação pode ser explicada pela característica heterogênea da amostra estudada²⁵.

A resposta do lactato sanguíneo também apresenta uma importante relação com a performance em corridas de *endurance*¹⁷. Isso foi confirmado no presente estudo, visto que o LAn foi o único índice que explicou a performance na prova de 10.000 m (tabelas 3 e 4). Além disso, a $v10.000$ foi muito similar ao LAn determinado nos dois protocolos estudados (tabela 2). De fato, o LAn tem apresentado associações significativas com a performance de corredores de *endurance* nos 10.000 m^{5,8}. Dessa forma, com base nas informações apresentadas, pode-se inferir que a performance nesta distância é altamente dependente da capacidade aeróbia.

Contudo, embora o lactato sanguíneo seja um parâmetro fisiológico importante de capacidade aeróbia¹⁷, existe uma grande dificuldade para a sua determinação no cotidiano esportivo em decorrência de diversos fatores (ex: alto custo financeiro, procedimentos invasivos, etc.). Em contrapartida, a resposta da frequência cardíaca, embora ainda muito contraditória²⁷, tem apresentado uma relação direta com a resposta do lactato sanguíneo durante o exercício^{15,16}. Baseado nesta relação, hipotetizou-se, no presente estudo, que por meio da identificação do PDFC no teste de Léger e Boucher¹², seria possível estimar o LAn segundo o método de Heck et al.⁹ para protocolos incrementais com estágios de 3 min de duração. Isto pôde ser confirmado, visto que não foi encontrada diferença significativa para este índice quando comparado entre o protocolo de laboratório e o UMTT (tabela 1).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados, pode-se concluir que a predição da performance aeróbia de corredores de *endurance* moderadamente treinados, a partir do $VO_2\max$, $vVO_2\max$ e LAn (determinados no laboratório e no UMTT), é dependente da distância da prova analisada (1.500m, 5.000m e

10.000m). Além disso, não foram observadas diferenças nos valores médios dos índices obtidos entre os protocolos, embora os índices determinados no UMTT apresentassem maior poder de predição de performance do que os índices determinados no laboratório, confirmando, assim, a validade ecológica do teste proposto por Léger e Boucher¹².

REFERÊNCIAS

1. Brandon LJ. Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Med* 1995;19(4):268-77.
2. Schabert EJ, Killian SC, St Clair Gibson A, Hawley JA, Noakes TD. Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(4):844-9.
3. McLaughlin JE, Howley ET, Bassett Jr. DR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of the classic model for predicting *endurance* running performance. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42(5):991-7.
4. Santos TM, Rodrigues AI, Greco CC, Marques AL, Terra BS, Oliveira BRR. VO₂max estimado e sua velocidade correspondente predizem o desempenho de corredores amadores. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2012;14(2):192-201.
5. Morgan DW, Baldini FD, Martin PE, Kohrt WM. Ten kilometer performance and predict velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(1):78-83.
6. Denadai BS, Ortiz MJ, Mello MT. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de *endurance*: efeitos da duração da prova. *Rev Bras Med Esporte* 2004;10(5):401-4.
7. Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *J Sports Sci* 1990;8(1):35-45.
8. Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K, Kumagai S, Sun SO, et al. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1984;16(3):278-82.
9. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6(3):117-30.
10. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztejn JP. Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and over training markers. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):156-63.
11. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthélémy JC, Dormois D. The energetics of middle distance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;60(1):38-43.
12. Léger L, Boucher R. An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track test. *Can J Appl Sport Sci* 1980;5(2):77-84.
13. Berthoin S, Pelayo P, Lensele-Corbeil G, Robin H, Gerbeaux M. Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *Int J Sports Med* 1996;17(7):525-9.
14. Basset FA, Chouinard R, Boulay MR. Training profile counts for time to exhaustion performance. *Can J Appl Physiol* 2003;28(4):654-66.
15. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982;52(4):869-73.
16. Conconi F, Grazi G, Casoni I, Guglielmini C, Borsetto C, Ballarin E, et al. The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med* 1996;17(7):509-19.
17. Billat VL. Interval training for performance: a scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Med* 2001;31(1):13-31.
18. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Chatard JC, Arsac L, Barthélémy JC. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup*

- Physiol 1991;62(2):77-82.
19. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med* 1985;6(4):197-201.
 20. Kara M, GökbeL H, Bediz C, Ergene N, Uçok K, UysaL H. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. *J Sports Med Phys Fitness* 1996;36(1):31-4.
 21. Spencer MR, Gastin PB. Energy system contribution during 200 to 1500m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(1):157-62.
 22. Lacour JR, Montmayeur A, Dormois D. Validation of the UMTT test in a group of elite middle-distance runners. *Sci Mot* 1989;7:3-8.
 23. Berthoin S, Gerbeaux M, Turpin E, Guerrin F, LenseL-Corbeil G, Vandendorpe F. Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *J Sports Sci* 1994;12(4):355-62.
 24. Billat VL, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO_2 max with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(8):1049-55.
 25. Mercier D, Léger L. Prediction of the running performance with the maximal aerobic power. *Staps* 1986;14:5-28.
 26. Paavolainen LM, Nummela AT, Rusko HK. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):124-30.
 27. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med* 2003;33(7):517-38.

Endereço para correspondência

Kristopher Mendes de Souza
Universidade Federal de Santa
Catarina (UFSC)
Centro de Desportos – Laboratório de
Esforço Físico (LAEF) – Bloco V
Trindade.
88040-900, Florianópolis, SC
E-mail: kristophersouza@yahoo.com.br