

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ASSOCIADO EM
EDUCAÇÃO FÍSICA – UEM/UEL

DANILO FERNANDES DA SILVA

**COMPARAÇÃO ENTRE A MÁXIMA
VELOCIDADE AERÓBIA E SEU
RESPECTIVO TEMPO LIMITE
DETERMINADO POR DIFERENTES
MÉTODOS E SUA RELAÇÃO COM A
PERFORMANCE DE CORREDORES**

Maringá
2012

DANILO FERNANDES DA SILVA

**COMPARAÇÃO ENTRE A MÁXIMA
VELOCIDADE AERÓBIA E SEU
RESPECTIVO TEMPO LIMITE
DETERMINADO POR DIFERENTES
MÉTODOS E SUA RELAÇÃO COM A
PERFORMANCE DE CORREDORES**

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação
Associado em Educação Física –
UEM/UEL, para obtenção do título de
Mestre em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado

Maringá
2012

DANILO FERNANDES DA SILVA

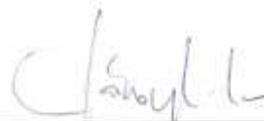
**COMPARAÇÃO ENTRE A MÁXIMA
VELOCIDADE AERÓBIA E SEU
RESPECTIVO TEMPO LIMITE
DETERMINADO POR DIFERENTES
MÉTODOS E SUA RELAÇÃO COM A
PERFORMANCE DE CORREDORES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL, na área de concentração em Desempenho Humano e Atividade Física, para obtenção do título de Mestre.

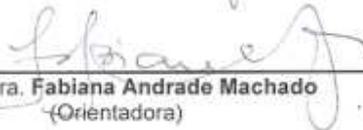
APROVADA em 19 de outubro de 2012.



Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões



Prof. Dr. Fabio Yuzo Nakamura



Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado
(Orientadora)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

9586c Silva, Danilo Fernandes da
Comparação entre a máxima velocidade aeróbia e seu respectivo tempo limite determinado por diferentes métodos e sua relação com a performance de corredores / Danilo Fernandes da Silva. -- Maringá, 2012.
76 f. : il., figs., tabs.

Orientador : Prof.ª Dr.ª Fabiana Andrade Machado.
Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Educação Física, Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física, 2012.

I. Corredores - Consumo oxigênio. 2. Corredores - Velocidade pico. 3. Corredores - Velocidade associada - Consumo máximo de oxigênio. 4. Corredores - Capacidade anaeróbia. 5. Corredores - Desempenho. I. Machado, Fabiana Andrade. II. Universidade Estadual de Maringá. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física. III. Título.

CDD 21.ed.796.422
ZSS-1474

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus familiares, especialmente a minha mãe, Maria Lúcia Fernandes Teixeira, e, ao meu pai, Davi da Silva.

Agradecimentos

Após o cumprimento da segunda etapa da minha vida acadêmica, sem dúvidas, é preciso agradecer a quem fez esse momento possível em minha vida:

Primeiramente, agradeço a Deus pelas bênçãos que tem concedido a mim e a toda minha família.

A minha família, em especial minha mãe, Maria Lúcia Fernandes Teixeira e meu pai, Davi da Silva, que sempre deram seu melhor para minha formação pessoal e profissional, me incentivando e apoiando em momentos como este.

A meu irmão Diego Fernandes da Silva, avó Edith Fernandes Teixeira, padrinho Sérgio Luís Fernandes de Souza e madrinha Maria Regina Fernandes de Souza que conviveram e muito me ajudaram nesse período de mestrado.

A minha namorada, Sara Carolina Scremin Souza, que tem sido uma grande companheira, não só por compreender a importância dos estudos para mim, mas também por me ouvir compartilhar minhas ideias e por compartilhar as suas.

A minha orientadora, Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado, pela oportunidade de trabalho em parceria, pela confiança e pela dedicação em sempre nos ajudar a fazer nosso melhor. Com ela aprendi coisas que levarei para toda a minha vida acadêmica.

Aos meus colegas de grupo, Cecília, Ana Claudia, Paulo, Julio, Samara Verri, Samara Lazarin, Guilherme, Alex e Julia que acompanharam a realização do meu projeto, em especial, a Cecília que foi minha “dupla” nesse período de mestrado, trocando ideias que ajudaram muito no meu crescimento profissional. Também agradeço a minha amiga, Josiane, que foi sempre uma grande parceira de estudos.

A Profa. Dra. Solange Marta Franzói de Moraes que foi nossa parceira, cedendo seu laboratório para realização das avaliações que fizeram parte deste estudo.

Aos Profs. Herbert Gustavo Simões e Fábio Yuzo Nakamura que prontamente aceitaram o convite para ser banca dessa defesa.

Por fim, agradeço aos corretores que fizeram parte desse estudo pela contribuição com esse trabalho e dedicação durante os testes.

“Se tens fé, cumpre saberes que tudo será possível àquele que a tem”.

Marcos, 9:23

SILVA, Danilo Fernandes da. **Comparação entre a máxima velocidade aeróbia e seu respectivo tempo limite determinado por diferentes métodos e sua relação com a performance de corredores.** 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

RESUMO

A máxima velocidade aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) são preditores da *performance* aeróbia de corredores. A velocidade associada à ocorrência do consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}) e a velocidade pico (V_{pico}) são duas variáveis referentes à MVA e são determinadas a partir de diferentes métodos. A V_{pico} , em especial, parece ser de grande relevância prática por poder ser determinada sem o uso de um analisador metabólico de gases necessário para a determinação da vVO_{2max} . Entretanto, poucos estudos a determinaram, sobretudo em conjunto com seu t_{lim} . O objetivo do presente estudo foi determinar a MVA e seu respectivo t_{lim} a partir de dois diferentes métodos. Participaram do estudo 21 corredores com idade de $41,2 \pm 6,9$ anos, massa corporal de $75,4 \pm 11,4$ kg, estatura de $173,9 \pm 7,8$ cm, índice de massa corporal de $24,8 \pm 2,4$ kg·m⁻², consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) de $54,0 \pm 7,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ e experiência em provas de distâncias entre 5 e 15 km (tempo de prática de $10,9 \pm 11,1$ anos). Os participantes foram submetidos, aleatoriamente, a dois testes incrementais contínuos de esforço máximo em laboratório (esteira ergométrica automática multiprogramável, INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brasil), com inclinação da esteira fixada em 1%, para a determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} . A vVO_{2max} foi determinada a partir da equação proposta por Lacour et al. (1990, 1991) com base no custo energético de corrida (CR), no VO_{2max} e no consumo de oxigênio de repouso (VO_{2rep}), os dois últimos determinados por meio do sistema de espirometria de circuito aberto *FitMate* (COSMED®, Roma – Itália). A V_{pico} foi determinada através de um protocolo incremental “limpo”, ou seja, sem o uso da espirometria, sendo considerada a maior velocidade atingida durante o teste. O teste incremental foi precedido de um aquecimento de três minutos a 7 km·h⁻¹ e iniciou a 9 km·h⁻¹ com incrementos de 1 km·h⁻¹ a cada três minutos. Os testes foram mantidos até exaustão voluntária e os participantes foram encorajados verbalmente a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Após cada teste incremental foram realizados, em ordem aleatória, dois testes com o objetivo de determinar o t_{lim} a 100% da vVO_{2max} e V_{pico} . Além dos testes laboratoriais, os participantes realizaram duas *performances* referentes às provas de 10 e 15 km, feitas em pista de atletismo de 400 metros. Os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão. Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados, teste *t* para amostras dependentes para comparação entre os métodos, o teste de concordância de Bland-Altman (1986) e coeficiente de correlação de Pearson; adotando-se nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados demonstraram que a vVO_{2max} ($15,5 \pm 1,7$ km·h⁻¹) foi significativamente maior que a V_{pico} ($15,2 \pm 1,4$ km·h⁻¹). Também foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre o t_{lim} na vVO_{2max} ($5,4 \pm 2,1$ min) e o t_{lim} na V_{pico} ($6,3 \pm 1,4$ min). As correlações entre a V_{pico} e as *performances* foram mais elevadas (10 km $r = 0,77$; 15 km

$r = 0,75$) que as correlações entre a vVO_{2max} e as mesmas provas (10 km $r = 0,65$; 15 km $r = 0,64$). Além disso, o t_{lim} na V_{pico} apresentou relação com a prova de 10 ($r = -0,44$) e 15 km ($r = -0,45$), relação que não foi observada entre o t_{lim} na vVO_{2max} e as *performances*. Em conclusão, a V_{pico} apresentou correlações mais elevadas com as *performances* de 10 e 15 km do que a vVO_{2max} . O t_{lim} na V_{pico} também apresentou correlação estatisticamente significativa com as *performances*, relação que não foi observada entre o t_{lim} na vVO_{2max} e as *performances*.

Palavras-chave: Consumo máximo de oxigênio, velocidade pico, velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio, capacidade anaeróbia, desempenho.

SILVA, Danilo Fernandes da. **Comparison between maximal aerobic speed and its time limit determined by different methods and its relation to performance in runners.** 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

ABSTRACT

Maximal aerobic speed (MAS) and its respective time limit (t_{lim}) are predictors of aerobic performance in runners. Velocity associated with the occurrence of maximal oxygen uptake (vVO_{2max}) and peak running speed (V_{peak}) are two variables related to MAS and are determined by different methods. The V_{peak} , in special, seems to be of great practical relevance because it can be determined without a metabolic cart necessary to the determination of vVO_{2max} . However, few studies determined it, especially with its t_{lim} . The objective of the present study was to determine MAS and its t_{lim} using two different methods. Participants were twenty one runners aged 41.2 ± 6.9 years, body mass of 75.4 ± 11.4 kg, height of 173.9 ± 7.8 cm, body mass index of 24.8 ± 2.4 $kg \cdot m^{-2}$, maximal oxygen uptake (VO_{2max}) of 54.0 ± 7.6 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ and experience in competing between 5 and 15 km (practice time of 10.9 ± 11.1 years). Participants were submitted, randomly, to two incremental continuous tests of maximal effort in laboratory (automatic ergometric treadmill with multiprogram, INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brazil), with treadmill grade set at 1%, to determine vVO_{2max} and V_{peak} . vVO_{2max} was determined with the equation proposed by Lacour et al. (1990, 1991) based on energetic cost of running (CR), on VO_{2max} and on rest oxygen uptake (VO_{2rest}), the last two variables determined by an spirometry open system Fitmate (COSMED®, Rome – Italy). V_{peak} was determined by a “clean” incremental protocol, which means, without the spirometry, being considered the higher velocity attained during the test. The incremental test was preceded by a warm up of three minutes at 7 $km \cdot h^{-1}$ and initiated at 9 $km \cdot h^{-1}$ with increments of 1 $km \cdot h^{-1}$ each three minutes. The tests were maintained until volitional exhaustion and participants were encouraged verbally to keep as long as possible in effort. After each incremental test, it was conducted, randomly, two tests to determine t_{lim} at 100% of vVO_{2max} and V_{peak} . Besides laboratorial tests, participants did two performances, one of 10 and the other of 15 km, conducted in a field track of 400 meters. Data was presented at mean \pm standard deviation. It was used the Shapiro-Wilk test to verify the normality of data distribution, t test to related samples to compare methods, concordance test of Bland-Altman (1986) and Pearson coefficient of correlation; adopting significance level of $p < 0.05$. The results showed that vVO_{2max} (15.5 ± 1.7 $km \cdot h^{-1}$) was significantly higher than V_{peak} (15.2 ± 1.4 $km \cdot h^{-1}$). It was also observed statistically significant difference between t_{lim} at vVO_{2max} (5.4 ± 2.1 min) and t_{lim} at V_{peak} (6.3 ± 1.4 min). Correlations between V_{peak} and performances were more elevated (10 km $r = 0.77$; 15 km $r = 0.75$) than correlations between vVO_{2max} and the same performances (10 km $r = 0.65$; 15 km $r = 0.64$). Besides, t_{lim} at V_{peak} presented relation with 10 ($r = -0.44$) and 15 km ($r = -0.45$), relation that was not observed between t_{lim} at vVO_{2max} and performances. In conclusion, V_{peak} presented correlations more elevated

with performances of 10 and 15 km than $v\dot{V}O_{2max}$. The t_{lim} in V_{peak} also presented correlation statistically significant with performances, relation that was not observed between t_{lim} in $v\dot{V}O_{2max}$ and performances.

Keywords: Maximal oxygen uptake, peak running velocity, velocity associated with maximal oxygen uptake, anaerobic capacity, performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre o VO_2 e a velocidade de corrida obtida em esteira e entre o VO_{2max} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a vVO_{2max} ($m \cdot min^{-1}$). Retirado do estudo de Daniels et al. (1984, apud BILLAT; KORALZTEIN, 1996).....	14
Figura 6.1 - Correlação (A) e análise de concordância de Bland-Altman (1986) (B) da V_{pico} e a vVO_{2max} para uma amostra de 21 participantes.....	36
Figura 6.2 - Correlação (A) e análise de concordância de Bland-Altman (1986) (B) do t_{lim} na V_{pico} e do t_{lim} na vVO_{2max} para uma amostra de 21 participantes.....	36

LISTA DE TABELAS

- Tabela 6.1** - Comparação entre os valores médios \pm desvio padrão (DP), diferença absoluta (Dif absoluta), diferença percentual (Dif %) e nível de significância (p) das variáveis máxima velocidade aeróbia (MVA), duração do teste incremental, frequência cardíaca máxima (FC_{max}), percepção subjetiva de esforço ao final do teste (PSE_{max}) e tempo limite (t_{lim}) na MVA a partir do protocolo de determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} (n = 21)..... 35
- Tabela 7.1** - Comparação entre os valores médios \pm desvio padrão (DP), diferença absoluta (Dif absoluta), diferença percentual (Dif %) e nível de significância (p) das variáveis máxima velocidade aeróbia (MVA), duração do teste incremental, frequência cardíaca máxima (FC_{max}), percepção subjetiva de esforço ao final do teste (PSE_{max}) e tempo limite (t_{lim}) e intensidade percentual referente à MVA mantida nas provas de 10 e 15 km a partir do protocolo de determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} (n = 21)..... 53
- Tabela 7.2** - Correlação entre a V_{pico} , vVO_{2max} , duração dos protocolos incrementais de determinação da V_{pico} e da vVO_{2max} , t_{lim} na V_{pico} e na vVO_{2max} e VO_{2max} com as velocidades médias nas provas de 10 e 15 km (n = 21)..... 54

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

cm	Centímetros
CR	Custo energético de corrida
CV	Coeficiente de variação
DC	Densidade Corporal
EC	Economia de Corrida
FC	Frequência cardíaca
FC_{max}	Frequência cardíaca máxima
FVO_{2max}	Percentual do consumo máximo de oxigênio no Limiar anaeróbio
IMC	Índice de Massa Corporal
kg	Quilogramas
kg·m⁻²	Quilogramas por metro quadrado
km·h⁻¹	Quilômetros por hora
LAn	Limiar Anaeróbio
LL	Limiar de Lactato
MAOD	<i>Maximal accumulated oxygen deficit</i> (máximo déficit acumulado de oxigênio)
MFEL	Máxima Fase Estável de Lactato
m	Metros
min	Minutos
mL·kg⁻¹·min⁻¹	Mililitros por quilograma por minuto
mm	Milímetros
mM	Milimolar
m·min⁻¹	Metros por minuto
m·s⁻¹	Metros por segundo
MVA	Máxima Velocidade Aeróbia
%G	Percentual de gordura corporal
%VO_{2max}	Percentual do consumo máximo de oxigênio
PaO₂	Pressão arterial parcial de oxigênio
PaCO₂	Pressão arterial parcial de gás carbônico
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PSE_{max}	Percepção subjetiva de esforço ao final do teste incremental
s	Segundos

SaO₂	Saturação de oxihemoglobina arterial
SE	Dobra cutânea subescapular
t_{lim}	Tempo limite
TR	Dobra cutânea tricipital
Va_{max}	Máxima velocidade de corrida em condições aeróbias
v	Velocidade
VC	Velocidade crítica
V_{LAn}	Velocidade correspondente ao limiar anaeróbio
VO_{2max}	Consumo máximo de oxigênio
VO_{2LL}	Valor absoluto do consumo máximo de oxigênio no Limiar de Lactato
VO_{2max}	Consumo máximo de oxigênio
VO_{2rep}	Consumo de oxigênio de repouso
V_{pico}	Velocidade pico
vVO_{2max}	Velocidade associada à ocorrência do consumo máximo de oxigênio
W_{lim}	Trabalho limite

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	02
2 JUSTIFICATIVA.....	04
3 OBJETIVOS	05
3.1 Objetivo geral	05
3.2 Objetivos específicos	05
4 REVISÃO DA LITERATURA	06
4.1 Máxima Velocidade Aeróbia (MVA)	06
4.2 Tempo limite (t_{lim}) na Máxima Velocidade Aeróbia (MVA).....	07
4.3 Determinação da Máxima Velocidade Aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim})	12
4.4 Relação entre a Máxima Velocidade Aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) com a <i>performance</i> de <i>endurance</i> : aplicações práticas.....	17
5 MÉTODOS.....	23
5.1 Participantes	23
5.2 <i>Design</i> experimental	23
5.3 Avaliação Antropométrica	23
5.4 Determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max})	24
5.5 Determinação da velocidade referente à ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max}) .	24
5.6 Determinação da velocidade pico (V_{pico})	25
5.7 Determinação do tempo limite (t_{lim}) referente à máxima velocidade aeróbia (MVA)	26
5.8 Análise estatística	26
6 ARTIGO ORIGINAL I	27
7 ARTIGO ORIGINAL II.....	43
8 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	63
ANEXOS.....	71
APÊNDICE	75

1 INTRODUÇÃO

Muitas são as variáveis preditoras da *performance* aeróbia de corredores descritas na literatura. Entre estas, é possível destacar os limiares relacionados à resposta do lactato sanguíneo, como o limiar de lactato (LL), limiar anaeróbio (LAn) e a máxima fase estável de lactato (MFEL), o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), a economia de corrida (EC), a velocidade referente à ocorrência do consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}) e a velocidade pico (V_{pico}) de corrida.

Em relação às duas últimas variáveis acima citadas, as discussões a respeito começaram na década de 20 quando Hill e Lupton (1923, apud BILLAT; KORALSZTEIN, 1996) ressaltaram a existência de uma velocidade na qual se pode observar a estabilização do comportamento do VO_{2max} , enquanto o funcionamento do sistema cardiorrespiratório demonstra estar próximo de seu máximo desempenho.

O termo vVO_{2max} foi introduzido por Daniels et al. (1984) caracterizando a velocidade associada à ocorrência do VO_{2max} . Na década de 80, di Prampero (1986) sugeriu o termo V_{amax} referindo-se à velocidade (intensidade) que um indivíduo pode manter durante uma corrida em condições aeróbias. Mais tarde, Lacour et al. (1991) fizeram uso de outro termo para designar esta mesma intensidade de esforço: Máxima Velocidade Aeróbia (MVA), termo que tem sido muito difundido atualmente.

Existem descritos na literatura diferentes protocolos que determinam a vVO_{2max} (BERNARD et al., 2000; HILL; ROWELL, 1996; BILLAT et al., 1994a), porém, para a aplicação desses protocolos é necessária a utilização de um analisador de gases capaz de realizar a medida direta do VO_{2max} dos participantes e, com a utilização de modelos matemáticos, determina-se a vVO_{2max} .

O termo V_{pico} remete à máxima velocidade obtida em protocolo incremental (MCLAUGHLIN et al., 2010) e passou a ser utilizado com maior frequência na década de 90 (SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). Apesar de diferentes, genericamente esses termos se referem a uma intensidade de esforço que de alguma maneira encontra-se associada à ocorrência do VO_{2max} .

A V_{pico} é uma variável que tem recebido destaque como boa preditora dos resultados de corridas de longas distâncias para a população adulta (STRATTON et al.,

2009; SCOTT; HOUMARD, 1994; HOUMARD et al., 1991), no entanto, tem sido avaliada normalmente sob a influência da coleta de sangue para determinação das concentrações do lactato sanguíneo ou então utilizando equipamentos para determinação do VO_{2max} . Noakes, Myburgh e Schall (1990) verificaram que a V_{pico} , juntamente com o LL, foram as variáveis que melhor predisseram o desempenho de maratonistas e ultra-maratonistas em provas de 10 a 90 km. Os resultados demonstrados nesse estudo têm importantes implicações práticas, tendo em vista que a V_{pico} pode ser determinada sem a necessidade de equipamentos de custo elevado (analisador de gases) o que pode trazer benefícios para equipes, técnicos e atletas na obtenção de uma informação que encontra-se diretamente relacionada aos resultados das *performances* de corredores em provas de média e longa distâncias.

Uma variável que pode ser influenciada pelas diferenças entre os protocolos de determinação da MVA é o tempo limite (t_{lim}) associado a esta intensidade de esforço. Segundo Billat et al. (1994c), em termos fisiológicos, esta variável pode ser um indicativo da capacidade anaeróbia do indivíduo. Billat et al. (1994a) demonstraram uma boa reprodutibilidade da medida do t_{lim} , no entanto, esse é um parâmetro que apresenta grande variabilidade inter-sujeitos (coeficiente de variação – CV: 25%), sendo que o valor médio desta variável encontra-se próximo a seis minutos. Além disso, nesse mesmo estudo, foi demonstrado que o t_{lim} apresenta relação com a *performance* de corredores de média e longa distâncias.

Até onde temos conhecimento, não há estudos que determinaram o t_{lim} baseado na medida obtida em teste incremental sem a utilização de equipamentos de análise de gases e sua relação com a *performance* aeróbia de corredores em provas de 10 e 15 km. Além disso, os estudos realizados até então determinaram a MVA e seu respectivo t_{lim} a partir da vVO_{2max} (BILLAT et al., 1994a,b,c). Temos como hipótese que a MVA determinada a partir do protocolo sem a utilização do analisador de gases (V_{pico}) e seu respectivo t_{lim} podem ser preditores da *performance* desses corredores, assim como a vVO_{2max} e seu t_{lim} . Esses resultados teriam importantes implicações práticas considerando a praticidade e o baixo custo na determinação da V_{pico} em comparação à vVO_{2max} .

2 JUSTIFICATIVA

A literatura apresenta uma lacuna quanto a utilização de um protocolo “limpo” para determinar a Velocidade pico (V_{pico}) para prever a *performance* de corredores e, até onde temos conhecimento, não há estudos que avaliaram o tempo limite (t_{lim}) na máxima velocidade aeróbia (MVA) determinada a partir deste protocolo, sem uso de analisadores de gases ou coleta de sangue.

Baseando-se no baixo custo para se determinar a V_{pico} e o fato de sua avaliação não ser feita por método invasivo, a realização deste projeto pode trazer importantes contribuições para a comunidade científica e para técnicos e atletas, visto que esta é uma variável simples de ser avaliada e que não necessita de equipamentos de alto custo para sua determinação.

Entre essas contribuições, destaca-se a possível relação da V_{pico} e seu respectivo t_{lim} com as *performances* em provas de 10 e 15 km. Esse resultado poderá ter reflexos na preparação e no treinamento de corredores que competem nestas distâncias, pois essas variáveis poderão ser inseridas em sua rotina de avaliações além de serem utilizadas como parâmetro de controle e prescrição do treinamento, visando obter melhoras em sua *performance*.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Determinar a Máxima Velocidade Aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) a partir de dois diferentes métodos.

3.2 Objetivos Específicos

Comparar a MVA e seu respectivo t_{lim} determinados a partir da vVO_{2max} (com uso de espirometria) e da V_{pico} (sem uso de espirometria).

Verificar as correlações entre a V_{pico} e a vVO_{2max} determinada pelo método proposto por Lacour et al. (1990, 1991) e seus respectivos t_{lim} com *performances* em provas de 10 e 15 km.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Máxima Velocidade Aeróbia (MVA)

Os conceitos relacionados à Máxima Velocidade Aeróbia (MVA) foram inicialmente estabelecidos por Hill e Lupton (1923, apud BILLAT; KORALSZTEIN, 1996) após o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) ter sido aceito como uma variável fisiológica definida como a mais alta taxa de oxigênio consumida para realizar um esforço máximo (ASTRAND, 1952). Para Billat e Koralsztein (1996), Hill e Lupton identificaram, a partir de seus experimentos, um importante tópico de discussão da fisiologia do exercício no século passado: a aplicabilidade/significância do VO_{2max} a partir do uso da mínima velocidade para obtê-lo.

Anos após, em 1975, o termo velocidade crítica (VC) (VOLKOV et al., 1975) foi utilizado para se referir à velocidade conceituada por Hill e Lupton (1923 apud BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). Na década de 80, dois estudos trouxeram diferentes terminologias para tratar dessa intensidade de esforço. Daniels et al. (1984) introduziram o termo vVO_{2max} que se refere à estimativa/cálculo da mínima velocidade necessária para se atingir o VO_{2max} ; estimativa, pois resulta da extrapolação de valores estáveis de VO_{2max} (MCLAUGHLIN et al., 2010).

Di Prampero (1986) apresentou o termo $V_{a_{max}}$ referindo-se à máxima velocidade que um indivíduo pode manter durante uma corrida em condições aeróbias. Lacour et al. (1991) usaram um dos termos que atualmente tem sido mais difundido: Máxima Velocidade Aeróbia (MVA). Podemos evidenciar que existem trabalhos que se referem a esses conceitos tratando da mesma variável (BILLAT et al., 1994a,b); porém, para o trabalho em questão utilizaremos os termos MVA para tratar genericamente dessa velocidade e vVO_{2max} e V_{pico} para tratar de metodologias específicas de determinação da MVA.

Em termos fisiológicos, a vVO_{2max} é composta por duas importantes variáveis: o VO_{2max} e a economia de corrida (EC) (ALMARWAEY; JONES; TOLFREY, 2003; BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). Para Daniels et al. (1984), a vVO_{2max} pode explicar variações na *performance* do indivíduo que o VO_{2max} e a EC sozinhos não seriam capazes de fazer, além disso, pode ser utilizada para corredores de diversos níveis de treinamento e diversas categorias. Confirmando esta evidência, o estudo de Morgan et al. (1986) revelou que a variação no tempo da prova de 10 km pode ser mais atribuída à variação na vVO_{2max} do que à variação na EC ou no VO_{2max} . Segundo os estudos de Billat e Koralsztein (1996) e Billat et al. (1996a), a vVO_{2max} pode sofrer influência de aspectos como: nível de treinamento, gênero e tipo de ergômetro utilizado nos testes para sua determinação.

Outra variável que pode ser representativa da MVA é a Velocidade pico (V_{pico}). Este parâmetro remete à máxima velocidade obtida em protocolo incremental e reflete a medida do VO_{2max} e não sua estimativa, conforme dado pela vVO_{2max} . Por não calcular a velocidade associada ao VO_{2max} , a V_{pico} não engloba o erro relacionado à medida do custo energético e do VO_2 de repouso (VO_{2rep}) (SCRIMGEOUR et al., 1986) utilizado no cálculo da vVO_{2max} , segundo algumas metodologias (LACOUR et al., 1990; DI PRAMPERO, 1986).

A V_{pico} tem sido avaliada, normalmente, sob a influência da coleta de sangue para determinação das concentrações de lactato sanguíneo ou então utilizando equipamentos para determinação do VO_{2max} . Noakes, Myburgh e Schall (1990) verificaram que a V_{pico} , juntamente com o LL, foram as variáveis que melhor predisseram o desempenho de maratonistas e ultra-maratonistas em provas entre 10 e 90 km.

Devido a essa boa relação com a *performance* aeróbia, Saunders et al. (2010) avaliaram o impacto de determinadas variáveis fisiológicas, como o VO_{2max} , a EC e o LL sobre a *performance* de corredores bem treinados utilizando a V_{pico} como indicadora do desempenho. Os resultados demonstraram que variações na V_{pico} estiveram associadas à variações na EC e no VO_{2max} , reforçando assim o uso da V_{pico} como indicador de *performance* entre corredores.

4.2. Tempo limite (t_{lim}) na Máxima Velocidade Aeróbia (MVA)

Provas de média e longa distâncias têm por objetivo serem realizadas no menor tempo possível e por esta razão é importante que o atleta busque permanecer durante toda a prova, ou em sua maior parte, na máxima velocidade possível para se completar a distância solicitada. Para cada velocidade, em específico, o atleta é capaz de suportar um determinado tempo nessa intensidade de esforço, denominado tempo de exaustão ou tempo limite (t_{lim}) (BILLAT et al., 1994c). Alguns pesquisadores se interessaram em estudar o t_{lim} na MVA com o objetivo de verificar a relação hiperbólica existente entre intensidade e duração de esforço (PERONNET; THIBAUT, 1987; MONOD; SCHERRER, 1965). O t_{lim} na MVA pode ser utilizado para controle e prescrição do treinamento desportivo (BILLAT et al., 1999; SMITH; MCNAUGHTON; MARSHALL, 1999) além de apresentar relação com a *performance* aeróbia (BILLAT et al., 1994a).

O modelo de Monod e Scherrer (1965), em específico, busca explicar o t_{lim} na MVA e é apresentado pela seguinte equação descrita por Billat et al. (1994c):

$$P = W_{lim} / t_{lim}$$

Em que P é a potência que corredores podem sustentar até exaustão e que pode ser calculada a partir do trabalho limite (W_{lim}) e do t_{lim} . Esse modelo prediz o seguinte:

$$W_{lim} = a + b \times t_{lim}$$

Nesses termos, “b” é a velocidade crítica (termo igual, porém com significado diferente do apresentado por Volkov et al., 1975). Aqui, velocidade crítica refere-se ao LAn, segundo descrito por Le Chevallier et al. (1989), e é determinada pela curva na relação entre a distância percorrida e o t_{lim} e o intercepto y dado por “a”, que é denominado capacidade anaeróbia de corrida.

É possível afirmar que:

$$W_{lim} = a + b \times t_{lim} = P \times t_{lim}$$

No estudo de Billat et al. (1994c), P é a vVO_{2max} e t_{lim} é o tempo máximo de permanência na intensidade da vVO_{2max} . Além disso, “b” é estimada pelo percentual do VO_{2max} no LAn. Dado que “b” é então FVO_{2max} , pode-se inferir:

$$T_{lim} = a / (vVO_{2max} - FVO_{2max})$$

Em que FVO_{2max} refere-se ao percentual do VO_{2max} no LAn.

Neste modelo, os maiores valores de t_{lim} são obtidos com uma alta capacidade anaeróbia (a) e uma pequena diferença entre vVO_{2max} e FVO_{2max} ($P - b$). Assim, atletas com maiores valores de t_{lim} seriam aqueles com valores mais elevados do $\%VO_{2max}$ no LAn ou então aqueles com menores valores de vVO_{2max} .

Confirmando o modelo de Monod e Scherrer (1965), Billat et al. (1994c) avaliaram 38 homens, corredores de elite na meia maratona (velocidade média na prova = $18,2 \pm 1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $VO_{2max} = 71,4 \pm 5,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; vVO_{2max} : $21,8 \pm 1,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) e encontraram correlação inversa entre o t_{lim} na MVA e vVO_{2max} ($r = -0,36$) e o VO_{2max} ($r = -0,34$) e correlação positiva entre o t_{lim} e o LAn (expressos como $\%VO_{2max}$). Estudos anteriores aos conduzidos por Billat et al. (1994c) já haviam demonstrado a relação existente entre o t_{lim} e a potência/velocidade sustentada, sendo utilizados modelos hiperbólicos ou exponenciais nas análises (AUNOLA et al., 1990; POOLE et al., 1988; PERONNET et al., 1987; MORITANI et al., 1981; GLESER; VOGEL, 1973). Essa relação foi utilizada para estimar, por interpolação ou extrapolação, o t_{lim} referente à vVO_{2max} (LACOUR et al., 1991).

Segundo Kachouri et al. (1996) e Renoux et al. (1999), a relação inversa entre t_{lim} e a vVO_{2max} pode ser explicada pelo máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD), um indicativo da capacidade anaeróbia do indivíduo. Reforçando esta consideração, Billat et al. (1996c) observaram em 15 corredores do gênero masculino, uma relação positiva entre t_{lim} respectivo à vVO_{2max} e o MAOD ($r = 0,69$) e entre o t_{lim} a 110% da vVO_{2max} e o MAOD ($r = 0,89$).

Um dos mais recentes estudos a respeito do t_{lim} na MVA avaliou seus determinantes em corrida contínua (MIDGLEY; MCNAUGHTON; CARROLL, 2007). Segundo os autores, 74% da variação do t_{lim} em corrida contínua foi explicada pela

variação na diferença entre a vVO_{2max} e a velocidade no LAn (V_{LAn}), conforme já havia sido demonstrado por Monod e Scherer (1965) e Billat et al. (1994c).

Aumentos na V_{LAn} se dão a partir de uma demanda energética provida, principalmente, pelo metabolismo anaeróbio e quanto maior o valor absoluto do consumo de oxigênio no limar de lactato (VO_{2LAn}), maior será o consumo de energia para se atingir o VO_{2max} (BILLAT, 1998). O aumento no VO_2 a partir do LAn até que se atinja o VO_{2max} tem relação com a taxa de depleção da capacidade anaeróbia do indivíduo, portanto, é um importante determinante de t_{lim} na MVA (MIDGLEY; MCNAUGHTON; CARROLL, 2007).

Todavia, a relação entre vVO_{2max} e t_{lim} na MVA não foi observada em outros estudos. Por exemplo, Billat et al. (1994a) também avaliaram corredores de alto nível e não observaram relação entre o t_{lim} e o VO_{2max} ($r = 0,13$) e a vVO_{2max} ($r = 0,24$). No entanto, nesse mesmo estudo também foi verificada relação positiva entre o LAn e t_{lim} , expressos em $\%vVO_{2max}$ ($r = 0,74$), como também observado por Billat et al. (1994c).

Outro estudo que não observou a relação entre vVO_{2max} e t_{lim} ($r = -0,31$) e VO_{2max} e t_{lim} ($r = 0,01$) foi o de Billat et al. (1994b). Nesse trabalho os autores também não observaram relação entre a velocidade referente à máxima fase estável de lactato (MFEL) e o t_{lim} na MVA, porém outros indicativos desse parâmetro de capacidade aeróbia apresentaram correlação com o t_{lim} como, por exemplo, o $\%vVO_{2max}$ e o $\%VO_{2max}$ que apresentaram correlação de $r = 0,62$ e $r = 0,60$, respectivamente.

Smith, McNaughton e Marshall (1999) verificaram que após um período de quatro semanas de treinamento, prescrito com base na MVA e no seu respectivo t_{lim} , atletas aumentaram sua MVA (de 20,6 para 21,6 $km \cdot h^{-1}$) e também seu t_{lim} na MVA (de 248 para 318 segundos). Assim, considerando uma análise intra-sujeito, seria possível que a correlação entre MVA e seu t_{lim} não fosse mais inversa, mas se ela existisse, ela seria positiva.

Billat et al. (1994a) observaram que em amostras homogêneas de corredores com valores médios de $VO_{2max} = 69,6 \pm 4,2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (CV = 6,03%) e $vVO_{2max} = 21,25 \pm 1,10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (CV = 5,18%), o CV do t_{lim} foi de 25%. Outros estudos estão em concordância com esse alto CV do t_{lim} , como o estudo de Billat et al. (1994b) (CV = 34%), Billat et al. (1994c) (CV = 29,9%) e Midgley, McNaughton e Carroll (2007) (CV =

31%). O CV do t_{lim} é diretamente influenciado pela amplitude dos resultados das amostras avaliadas. Essa amplitude é grande e normalmente encontra-se entre 02min:30s e 11min (BILLAT et al., 1994a,b,c; BILLAT, 1992; LAVOIE; MERCIER, 1987; McLELLAN; SKINNER, 1985; GLESER; VOGEL, 1973).

Buscando uma maior compreensão a respeito dessa grande amplitude de variação do t_{lim} em atletas com valores similares de VO_{2max} , Billat et al. (1995b) avaliaram 16 corredores de alto nível com objetivo de verificar se essa grande variação estava relacionada à hipoxemia induzida pelo exercício dada pelos parâmetros: saturação de oxihemoglobina arterial (SaO_2) e pressão arterial parcial de oxigênio (PaO_2) e gás carbônico ($PaCO_2$). Para isso, foi analisada a relação desses dois parâmetros de hipoxemia com o t_{lim} nas intensidades de 90% e 105% da vVO_{2max} . Porém, as análises revelaram correlação apenas entre o t_{lim} a 90% da vVO_{2max} com a SaO_2 ($r = -0,53$) e com a PaO_2 ($r = -0,74$), mesmo que apenas o t_{lim} a 100% e 105% tenham se correlacionado com o VO_{2max} ($r = -0,50$ e $r = -0,51$, respectivamente) e com a vVO_{2max} ($r = -0,69$ e $r = -0,60$, respectivamente).

Em termos práticos, esses diferentes percentuais da vVO_{2max} podem ser representativos de diferentes capacidades. Por exemplo, nos estudos de Billat et al. (1995a) e Billat et al. (1998) o t_{lim} a 90% da vVO_{2max} apresentou uma relação positiva e significativa com a VC (relacionada ao LAn do indivíduo) quando expressa em %MVA ($r = 0,65$ e $0,64$, respectivamente) e com o LAn (relacionado ao ponto onde há aumento da concentração de lactato acima de 4mM) expresso em %MVA ($r = 0,55$ e $0,53$, respectivamente). O t_{lim} a 105% da MVA apresentou correlação positiva com a capacidade anaeróbia de corrida ($r = 0,52$) (BILLAT et al., 1995a).

Gazeau, Koralsztein e Billat (1997) estudaram a importância de parâmetros biomecânicos na explicação da grande variabilidade do t_{lim} na vVO_{2max} . A análise de regressão múltipla revelou que as variáveis: velocidade angular máxima do joelho durante flexão, aceleração angular máxima do joelho, velocidade angular máxima do quadril e velocidade angular máxima do joelho durante apoio explicaram 99,5% da variação no t_{lim} . Desse modo, foi possível concluir que corredores que mantêm um estilo de corrida estável são capazes de permanecer mais tempo na MVA devido a uma ótima eficiência motora.

Ao estudar outras modalidades esportivas, como: natação, ciclismo, remo em caiaque, além de corrida, Billat et al. (1996b) observaram que ao se somarem estas quatro modalidades foi possível observar a mesma relação inversa entre VO_{2max} e t_{lim} ($r = -0,32$). Porém, quando os atletas foram subdivididos por modalidade esportiva, apenas o VO_{2max} dos corredores apresentou correlação inversa com o t_{lim} . Entre vVO_{2max} (ou potência associada ao VO_{2max}) e t_{lim} foi observada correlação inversa e significativa apenas para os nadadores ($r = -0,77$) e corredores ($r = -0,55$). Entre as quatro modalidades, remo em caiaque foi a que apresentou os maiores valores de t_{lim} , todavia, apresentou também o menor VO_{2max} (FAINA et al., 1997; BILLAT et al. 1996b).

Billat et al. (1996c) avaliaram o efeito do gênero sobre o t_{lim} na vVO_{2max} . Os resultados observados em corredores foram diferentes dos observados nas corredoras. O único parâmetro que se correlacionou com o t_{lim} nas mulheres foi o VO_{2max} , entretanto, a correlação observada foi positiva ($r = 0,60$). Ao determinar um modelo de predição da *performance* para a prova de 1,5 km, distância que reflete de maneira praticamente igual o metabolismo aeróbio e anaeróbio (MEDBO; TABATA, 1990), para as mulheres nenhuma variável avaliada foi preditora de *performance*. Contraditoriamente, nos homens a vVO_{2max} , a V_{LAN} , o t_{lim} a 110% da vVO_{2max} e o custo energético de corrida foram os principais preditores explicando mais de 95% da variação da velocidade média na prova de 1,5 km.

Um fator que pode influenciar em todos os resultados observados nesses estudos referentes à determinação da MVA e de seu t_{lim} é o protocolo utilizado em sua avaliação. Pequenas variações podem resultar em valores maiores ou menores da MVA que conseqüentemente influenciariam no t_{lim} na MVA. Assim, é importante entender os principais métodos utilizados para determinar essas duas variáveis.

4.3. Determinação da Máxima Velocidade Aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim})

Nos últimos 30 anos, diversos protocolos foram utilizados para determinação da MVA, sendo conduzidos testes em ambiente laboratorial e em campo, utilizando para

sua determinação as medidas de VO_{2max} ou da máxima velocidade obtida em teste incremental (V_{pico}).

Os primeiros testes para determinação da MVA surgiram na tentativa de aperfeiçoar as propostas tradicionais de avaliação da aptidão aeróbia, como o teste de Cooper de 12 minutos (COOPER, 1968), capaz de estimar o VO_{2max} a partir da distância máxima que o participante é capaz de percorrer durante esse tempo. Além do teste de Cooper, o teste de Balke de 15 minutos de duração também foi muito difundido. Uma das limitações desses testes é a dificuldade de manter o participante motivado durante todo o tempo a fim de se obter a melhor *performance* possível (BALKE, 1963).

Desse modo, Léger e Boucher (1980) demonstraram a boa reprodutibilidade de um teste de campo de corrida contínua, porém, de característica incremental para prever o VO_{2max} : o teste de pista Universidade de Montreal. Nesse teste, a velocidade inicial foi pré estabelecida em $8,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, controlada por áudio, com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada dois minutos até o participante não ser mais capaz de manter o ritmo solicitado. Nesse protocolo, o VO_{2max} é predito a partir da máxima velocidade obtida no teste. Outro estudo verificou correlação entre a MVA obtida através desse protocolo de teste com a *performance* de corrida em médias distâncias de corredores de elite de ambos os gêneros ($r = 0,96$) (LACOUR et al., 1989). Somado a isso, Lacour et al. (1991) verificaram que a MVA obtida a partir do teste de pista da Universidade de Montreal foi apenas 1,2% maior ($6,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ versus $6,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) que a MVA obtida a partir de teste incremental em laboratório iniciado a $10,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com incrementos de $1,54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada quatro minutos (três minutos correndo para um minuto em repouso passivo) e altamente correlacionado a essa variável ($r = 0,92$).

No entanto, grande parte dos estudos que determinaram a MVA realizou essa avaliação em ambiente laboratorial, onde há controle de variáveis que podem influenciar os resultados (temperatura, umidade e condições do piso) (MCLAUGHLIN et al., 2010; BILLAT et al., 1994c). Além disso, é importante que o incremento na velocidade entre os estágios seja pequeno para se detectar, com a maior precisão, a MVA do indivíduo (BILLAT; KORASZTEIN, 1996).

Em laboratório também existem diferentes maneiras de se determinar a MVA. Daniels et al. (1984) determinaram a $v\dot{V}O_{2max}$ pela extrapolação da curva de regressão relacionando a velocidade de corrida e o $\dot{V}O_2$ com o $\dot{V}O_{2max}$, identificando assim a velocidade em que ocorre o $\dot{V}O_{2max}$, conforme demonstrado na figura 1.

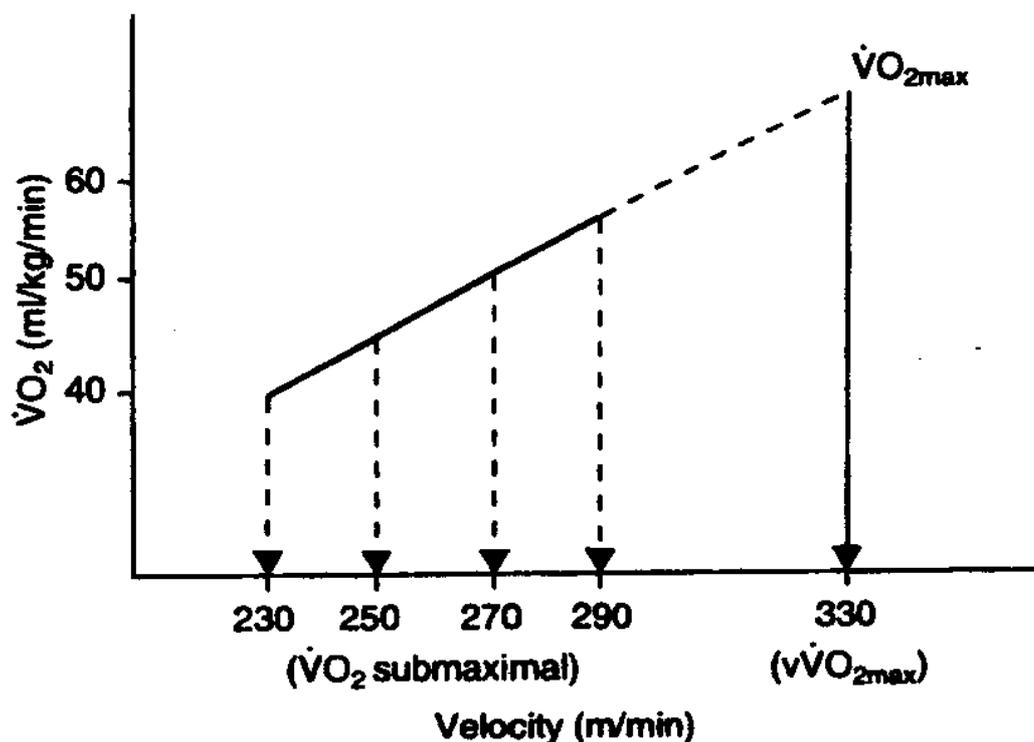


Figura 1. Relação entre o $\dot{V}O_2$ e a velocidade de corrida obtida em esteira e entre o $\dot{V}O_{2max}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e a $v\dot{V}O_{2max}$ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$). Retirado do estudo de Daniels et al. (1984, apud BILLAT; KORALSZTEIN, 1996).

Di Prampero (1986) propôs um modelo matemático para se determinar a $v\dot{V}O_{2max}$ baseado no custo energético de corrida e na potência metabólica máxima disponível, adotando a terminologia $V_{a_{max}}$. Nesse modelo, a cada velocidade é obtida a relação do estado estável do $\dot{V}O_2$, do $\dot{V}O_2$ em repouso ($\dot{V}O_{2rep}$) (medido com o participante em pé sobre a esteira antes da realização do teste) e da velocidade de corrida (v). Têm-se então a equação:

$$v\dot{V}O_{2max} = F\dot{V}O_{2max} \times CR^{-1}$$

Sendo F o máximo percentual do VO_{2max} que pode ser sustentado no período do esforço em questão e CR o custo energético de corrida. Se expandíssemos a equação, ela seria demonstrada da seguinte maneira:

$$vVO_{2max} = (VO_{2max} - VO_{2rep}) \times CR^{-1}$$

Lacour et al. (1990) propuseram uma pequena adaptação na metodologia utilizada por di Prampero (1986), subtraindo do VO_{2max} um valor de VO_{2rep} fixo ($5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), que corresponde ao intercepto da relação VO_2/v estabelecido por Medbo et al. (1988). O valor fixo corresponde ao intercepto da relação do VO_{2max} e da velocidade conforme proposto por Medbo, Mohn e Tabata (1988). Desse modo, com a transformação da unidade de medida do VO_{2rep} para $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, a equação ficaria da seguinte maneira:

$$vVO_{2max} = (VO_{2max} - 0,083) \times CR^{-1} \quad (7)$$

Outra diferença em relação à proposta feita por Lacour et al. (1990) é que o teste incremental máximo foi conduzido com inclinação fixa de 3%. Sua duração foi de aproximadamente 30 a 40 minutos e estabelecido uma relação esforço/pausa de 4:1 minutos.

Morgan et al. (1986) conduziram um teste semelhante para determinação da vVO_{2max} , no entanto, houve aumento da inclinação durante o protocolo e sua duração foi bem menor, aproximadamente sete minutos. Para determinar a velocidade associada ao VO_{2max} , foi utilizada a metodologia proposta por Daniels et al. (1984).

Billat et al. (1994a,b) investigaram a mínima velocidade para se obter o VO_{2max} . Após a condução de um protocolo incremental específico, com incrementos baseados na velocidade média da prova de 3 km dos corredores, determinaram a vVO_{2max} como a menor velocidade em que ocorreu o VO_{2max} .

No entanto, existem estudos que determinaram a MVA, muitas vezes avaliando o VO_{2max} , todavia não o utilizaram para determinação dessa intensidade de esforço.

Muitos desses estudos usaram o termo “velocidade pico em esteira” (V_{pico}) para se referir a essa variável (SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990).

Para Noakes (1988), a avaliação da V_{pico} deve ser feita com base na máxima velocidade obtida em um teste incremental, sendo possível considerar a velocidade precisa do último estágio completado pelo participante, mas caso ele tenha permanecido mais de 60 segundos no estágio incompleto (considerando a duração total de 180 segundos), pode-se adotar essa nova velocidade como a V_{pico} . Ainda é possível, conforme apontado por Billat e Koralsztejn (1996), realizar ajustes que tornem mais precisa a V_{pico} , como os propostos por Kuipers et al. (1985, 2003), considerando exatamente quantos segundos o participante permaneceu no estágio incompleto.

A V_{pico} é a medida da velocidade em que o $\text{VO}_{2\text{max}}$ ocorre, por ser definida como a mais alta velocidade obtida em um teste capaz de avaliar o $\text{VO}_{2\text{max}}$, apresentando elevada correlação entre a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e a V_{pico} ($r = 0,88$) (MCLAUGHLIN et al., 2010).

Não se tem até o momento bem estabelecido na literatura o melhor protocolo para se determinar a MVA. Uma das análises utilizadas para determinação do melhor protocolo para sua avaliação é sua relação com a *performance* aeróbia e sua aplicabilidade para controle e prescrição do treinamento desportivo.

É importante que o t_{lim} na MVA seja bem determinado, caso contrário o resultado obtido através do teste de t_{lim} não será confiável. Além disso, um erro não significativo na estimativa da MVA, considerando a relação exponencial ou hiperbólica entre a MVA e o tempo de exaustão geraria um t_{lim} significativamente diferente (BILLAT et al., 1996a).

De modo semelhante ao observado para a MVA, o t_{lim} referente a essa velocidade pode ser determinado em ambiente laboratorial (BILLAT et al., 1994a; BILLAT et al., 1994b; BILLAT et al., 1994c) ou em campo, especificamente em uma pista de atletismo (BILLAT et al., 1996; PADILLA et al., 1992; LACOUR et al., 1990).

Para os testes conduzidos em ambiente laboratorial (em esteira ergométrica) é comum a realização de um aquecimento prévio ao início do teste para se determinar o t_{lim} . Em grande parte dos estudos conduzidos esse aquecimento é realizado em uma intensidade referente a 60% da MVA obtida em teste incremental e pode ter duração de

10, 15 ou 20 minutos (MACHADO; GUGLIELMO; DENADAI, 2007; BILLAT et al., 1996a ,b; BILLAT et al., 1994a,c). Após o período de aquecimento a velocidade da esteira é imediatamente aumentada até atingir o valor referente à MVA ou um valor relativo a esta intensidade de esforço. Nesse momento, inicia-se a contagem do tempo que o participante permanecerá em esforço até que entre em exaustão.

A determinação do t_{lim} na MVA em pista foi realizada por Billat et al. (1996a) com base na MVA obtida pelo teste de pista Universidade de Montreal (LEGER; BOUCHER, 1980). Para este teste os participantes realizaram livremente um aquecimento, descansaram rapidamente e depois iniciaram o teste para determinação do t_{lim} . O ponto de partida distava 10 metros do ponto onde se iniciou a contagem do tempo em que os participantes permaneceram em esforço para que eles pudessem sair já na velocidade desejada. O ritmo foi controlado a partir do uso de um apito e cones até que os atletas se sentissem incapazes de manter o ritmo imposto e parassem de correr.

Padilla et al. (1992) e Lacour et al. (1990) observaram um t_{lim} de 8,7 minutos, tempo semelhante ao da prova de 3000 m. Billat et al.(1994a) avaliaram a reprodutibilidade do teste para determinar o t_{lim} . Tratou-se de um importante trabalho, pois a demonstração da reprodutibilidade dessa variável reforçaria seu uso. Não foi observada diferença no t_{lim} entre os dois testes realizados e a correlação entre eles foi de $r = 0,86$.

Em outro estudo, Billat et al. (1996a) avaliaram diferentes protocolos para determinação da MVA e seus respectivos t_{lim} . Foi realizado um protocolo experimental com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada dois minutos e outro protocolo com incrementos de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada minuto. Embora não tenha havido diferença estatisticamente significativa entre a MVA e seus respectivos t_{lim} verificados entre os dois protocolos, a correlação entre os dois t_{lim} não foi estatisticamente significativa demonstrando não haver linearidade nas medidas obtidas.

4.4. Relação entre a Máxima Velocidade Aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) com a *performance* de *endurance*: aplicações práticas

É fundamental compreender qual a relação que a MVA e o seu respectivo t_{lim} têm com a *performance* aeróbia e como estas variáveis podem ser utilizadas para o controle e prescrição do treinamento desportivo.

Grant et al. (1997), Billat et al. (1996a), Jones e Carter (2000), Padilla et al. (1992) e Lacour et al. (1991) demonstraram que a vVO_{2max} é um importante preditor da *performance* aeróbia de corredores de média e longa distâncias, sendo inclusive apontada em outros estudos como uma variável mais importante que o VO_{2max} e a EC, principalmente quando tratamos de atletas de alto nível (BUCHHEIT et al., 2010; MCLAUGHLIN et al., 2010; SAUNDERS et al., 2010).

Especificamente nos estudos de McLaughlin et al. (2010), Morgan et al. (1989), Murray et al. (1987) e Morgan et al. (1986) a vVO_{2max} foi considerada a melhor variável fisiológica preditora da *performance* aeróbia. A correlação entre a vVO_{2max} e a *performance* (tempo de prova) em corrida de 16 km foi de $r = -0,97$ de modo que, quando estatisticamente ajustada, esta variável foi responsável pela explicação de aproximadamente 95,4% da variação observada na *performance* (MCLAUGHLIN et al., 2010).

Já no estudo de Billat et al. (1994b), a vVO_{2max} se correlacionou com a velocidade média da prova de 21,1 km de corredores franceses de alto nível ($r = 0,73$). Daniels et al. (1984) demonstraram que a vVO_{2max} foi muito próxima da velocidade média mantida por corredoras de elite na prova de 3 km ($\pm 20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$).

Em relação à V_{pico} , podemos observar que esta variável tem recebido destaque como preditora dos resultados de algumas corridas de longa distância para a população adulta. Noakes, Myburgh e Schall (1990) verificaram que a V_{pico} , juntamente com o LL, foram os melhores preditores do desempenho de maratonistas e ultra-maratonistas em provas de 10 até 90 km. Os pesquisadores encontraram correlações que variaram de $r = -0,88$ até $r = -0,94$ da V_{pico} com a *performance* de ultra-maratonistas em todas as distâncias analisadas (10; 21,1; 42,2 e 90 km) e com a *performance* de maratonistas também em todas as distâncias, com exceção da prova de 42,2 km. Os autores concluíram que os fatores fisiológicos que determinam o resultado de uma prova de 10 km e de uma prova de 90 km não são diferentes e que a V_{pico} é uma ótima variável preditora do desempenho de corredores.

Scott e Houmard (1994) demonstraram que a V_{pico} , avaliada em condições laboratoriais, apresentou elevada correlação com a velocidade média em prova de 5 km tanto para homens ($r = 0,83$) quanto para mulheres ($r = 0,80$). De modo semelhante, Stratton et al. (2009) analisaram alguns determinantes fisiológicos da *performance* de corredores na prova de 5 km pré e pós seis semanas de treinamento. Das variáveis analisadas (V_{pico} , $VO_{2\text{max}}$, v e $VO_{2\text{LL}}$) a que apresentou correlação mais elevada com o desempenho na distância de 5 km foi a V_{pico} , tanto no momento pré ($r = 0,89$), quanto pós treinamento ($r = 0,83$).

No estudo de McLaughlin et al. (2010) foi verificada elevada correlação entre a *performance* de 16 km e a V_{pico} ($r = 0,89$). Houmard et al. (1991) também encontraram boa correlação da V_{pico} com o tempo da prova de 8 km em uma equipe de *cross-country* ($r = -0,76$). Resultados semelhantes foram observados no estudo de Scrimgeour et al. (1986) conduzido com maratonistas e ultra-maratonistas que apresentaram $VO_{2\text{max}}$ semelhante.

Os resultados demonstrados nesses estudos têm importantes implicações práticas, tendo em vista que a V_{pico} pode ser determinada sem a necessidade de equipamentos de custo elevado e/ou técnicas invasivas, o que pode beneficiar equipes, técnicos e atletas na obtenção de um resultado capaz de prever a *performance* de corredores em provas de média e longa distâncias.

Além da utilização para predição de *performance*, a $vVO_{2\text{max}}$ e a V_{pico} podem ser usadas no processo de prescrição do treinamento físico, principalmente para treinamentos intervalados (BUCHHEIT et al., 2010; MIDGLEY; NAUGHTON, 2006; BILLAT et al., 1999; SMITH; MCNAUGHTON; MARSHALL, 1999).

No treinamento desportivo, principalmente após a década de 80, a avaliação do $VO_{2\text{max}}$ passou a ser muito mais difundida em modalidades com predominância aeróbia (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). Assim, a utilização da MVA também se tornou um importante parâmetro de prescrição de treino.

Buchheit et al. (2010) monitoraram a *performance* de *endurance* de corredores utilizando para a prescrição do treinamento a MVA determinada a partir de um protocolo incremental, realizado em campo, sem o uso de um analisador de gases. Embora não tenham utilizado o termo V_{pico} , os autores avaliaram a MVA de maneira semelhante a

como essa variável é determinada (BILLAT; KORALZSTEIN, 1996) considerando-a como a velocidade atingida no último estágio completo e, caso o participante não completasse o estágio, foi utilizado o ajuste de Kuipers et al. (1985) para determinação dessa variável. Após um período de oito semanas de treinamento, foi observado aumento da MVA e melhora na *performance* de 10 km dos participantes.

Outro estudo que demonstrou a aplicabilidade da MVA para prescrição de treinamento, porém em adolescentes, foi o de Berthoin et al. (1995). Nesse trabalho, os adolescentes foram submetidos a um treinamento de 12 semanas com uma sessão semanal. Cada sessão de treino foi composta por três tipos de exercício baseados na MVA: o primeiro tipo incluiu corridas contínuas de duração de 20 a 25 minutos a 85% da MVA; o segundo, exercícios intermitentes de longa duração, sendo duas séries de três repetições com três minutos de duração cada repetição na intensidade de 90% da MVA, com um período de recuperação ativa de três minutos de corrida a 50% da MVA entre as repetições e de cinco minutos entre as séries; o terceiro, exercícios intermitentes de curta duração incluindo três séries de 10 repetições de 10 segundos a 120% da MVA, com recuperação passiva de 10 segundos entre as repetições e três minutos entre as séries. Os resultados demonstraram melhora da própria MVA nos adolescentes que realizaram o terceiro treino. Os autores concluíram que a MVA é um critério relevante para estabelecer as intensidades de treinamento adaptadas às possibilidades de cada corredor.

Além da relevância da MVA para a predição de *performance* e para controle e prescrição do treinamento desportivo, outra variável importante que pode ser incluída na avaliação de corredores é o t_{lim} na MVA (BILLAT, 1991), uma vez que pode ser um indicativo da capacidade anaeróbia do atleta (BILLAT et al., 1994c). Poucos são os estudos que analisaram a relação do t_{lim} com a *performance* em provas de média e longa duração a fim de determinar se essa é uma variável preditora do desempenho de corredores.

Billat et al. (1994a) correlacionaram o t_{lim} de corredores de alto nível com a *performance* em duas provas de média (3 km) e longa distâncias (21,1 km). Foi observada uma correlação de $r = 0,66$, sem significância estatística, entre a velocidade média mantida na prova de 3 km com o t_{lim} desses atletas. Ao expressar a velocidade

média da prova de 3 km como %MVA, a correlação com o t_{lim} foi de $r = 0,68$ também sem significância estatística. A velocidade média da prova de 21,1 km apresentou correlação positiva e significativa de $r = 0,71$ com o t_{lim} , porém ao ser expressa como %MVA a correlação observada não foi estatisticamente significativa ($r = 0,56$).

Billat et al. (1994b) avaliaram corredores de alto nível e ao correlacionarem a velocidade média da prova de 21,1 km com o t_{lim} não foi observada correlação estatisticamente significativa entre as duas variáveis ($r = 0,27$); entretanto, quando apresentada como %MVA a velocidade média da prova de 21,1 km se correlacionou positivamente com o t_{lim} ($r = 0,77$).

Buscando determinar variáveis que pudessem prever a *performance* na prova de 1,5 km, Billat et al. (1996c) avaliaram as variáveis: VO_{2max} , MVA, t_{lim} na MVA, t_{lim} a 110% da MVA, MAOD, custo energético de corrida, V_{LAn} e EC em corredores de ambos os gêneros. Para as mulheres, nenhuma variável avaliada mostrou-se preditora para a *performance* nesta prova específica. Diferentemente nos homens a vVO_{2max} , V_{LAn} , t_{lim} a 110% da vVO_{2max} e o CR mostraram-se os principais preditores explicando mais de 95% da variação da velocidade média na prova de 1,5 km.

São escassos os trabalhos que fizeram uso do t_{lim} na MVA para prescrição e controle do treinamento (ANDERSON, 1994; BILLAT, 1991). Essa variável, de modo semelhante à MVA, pode ser utilizada para prescrição de treinos intervalados (BILLAT et al., 1999; SMITH; MCNAUGHTON; MARSHALL, 1999; BILLAT et al., 1996e).

Segundo Robinson et al. (1991), melhoras podem ser observadas com treinos realizados em intensidades que variem entre 90 e 100% da MVA, principalmente na capacidade (V_{LAn}) e potência (VO_{2max}) aeróbias; entretanto, existe uma variação do tempo em que se pode permanecer nessa intensidade durante os treinamentos intervalados, sendo muito utilizados tempos entre 30 segundos e três minutos.

Diante disso, Billat et al. (1999) avaliaram os efeitos desse tipo de treinamento com base na MVA e seu respectivo t_{lim} . Em relação ao t_{lim} , foi padronizada a seguinte relação esforço/recuperação: esforço - duração de 50% do t_{lim} à 100% da MVA; recuperação - duração de 50% do t_{lim} à 60% da MVA. Desse modo, os atletas com maior t_{lim} permaneceriam maior tempo em esforço, porém, teriam uma recuperação ativa também maior. O treinamento foi dividido em dois momentos e ocorreu no período

pré-competitivo, momento em que é comum a intensificação dos treinamentos. Num primeiro momento, os corredores realizaram a periodização “normal” de treino que já vinha sendo utilizada havia mais de dois anos. Nessa periodização, os atletas realizavam seis treinos semanais, sendo um treino intervalado em intensidades referentes ao LL e outro treino intervalado em intensidades referentes à MVA. No momento de intensificação dos treinos, ao invés de realizar apenas um treino em intensidades referente à MVA, os atletas realizaram três treinos intervalados nessa intensidade de esforço. Os resultados revelaram que o incremento do número de sessões intervaladas baseadas na MVA não apresentou, em curto prazo, mudanças expressivas nos parâmetros aeróbios. A única melhora observada foi o aumento da própria MVA que também foi verificada no período de treino “normal”.

Smith, McNaughton e Marshall (1999) aplicaram a MVA e o t_{lim} na MVA na prescrição do treinamento de corredores recreacionais, fazendo uso de duas sessões semanais de treinos intervalados: uma a 60-65% do t_{lim} na MVA e outra a 70-75% do t_{lim} na MVA, já que para se atingir o VO_{2max} correndo na intensidade da MVA é necessário permanecer em esforço por pelo menos 60% do t_{lim} na MVA (HILL; ROWELL, 1997; HILL; WILLIAMS; BURT, 1997). Uma terceira sessão semanal foi realizada entre as duas sessões intervaladas com o intuito de recuperar os corredores para a próxima sessão. Após um período curto de quatro semanas de treinamento, os participantes apresentaram melhoras significativas na própria MVA, no t_{lim} na MVA, no VO_{2max} e na *performance* de 3 km.

Diante destas evidências, é possível dizer que, além de sua relação com a *performance* aeróbia, a MVA e seu respectivo t_{lim} podem ser utilizados para prescrever o treinamento de atletas. Desse modo, estudos relacionados a essas variáveis são importantes para técnicos e corredores para contribuir na consolidação de um parâmetro de controle de treinamento.

5 MÉTODOS

5.1. Participantes

Participaram do estudo 21 corredores com idades entre 30 e 49 anos ($41,2 \pm 6,9$ anos; massa corporal de $75,4 \pm 11,4$ kg; estatura de $173,9 \pm 7,8$ cm; índice de massa corporal – IMC de $24,8 \pm 2,4$ kg·m⁻² e VO_{2max} de $54,0 \pm 7,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) experientes em provas de distâncias entre 5 e 15 km (tempo de prática de $10,9 \pm 11,1$ anos). Antes do início dos procedimentos, todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa local (#539/2011).

5.2. Design experimental

Após o processo de familiarização com o ergômetro (esteira ergométrica automática multiprogramável INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brasil) os participantes foram submetidos, aleatoriamente, a dois testes incrementais contínuos de esforço máximo, com inclinação da esteira fixada em 1%, para a determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} . Os participantes foram instruídos a não se alimentarem nas duas horas antecedentes aos testes, a se absterem do consumo de cafeína e álcool e não realizarem exercícios físicos extenuantes 48 horas antes de cada visita ao laboratório. Foi respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre cada avaliação. Após cada protocolo incremental foram realizados, em ordem aleatória, dois testes para determinar o tempo limite a 100% da vVO_{2max} e V_{pico} .

5.3. Avaliação Antropométrica

Foi realizada avaliação antropométrica e de composição corporal envolvendo as medidas de massa corporal (kg), estatura (cm), Índice de Massa Corporal (IMC em kg·m⁻²), comprimento de membros inferiores (cm) e dobras cutâneas (tricipital, subescapular, peitoral, axilar média, suprailíaca, abdominal e coxa medial em mm) para posterior determinação do percentual de gordura (%G). Esta variável foi determinada a

partir da equação proposta por Jackson e Pollock (1978), que utiliza sete dobras para o cálculo da densidade corporal (DC) e a fórmula de SIRI (1961) para o cálculo do %G:

$$DC = (1,112) - (0,00043499 \text{ (somatório das 7 dobras)}) + 0,00000055 \text{ (somatório das 7 dobras)}^2 - 0,00028826 \text{ (idade)}$$

$$\%G = [(4,85/DC) - 4,39] \times 100$$

5.4. Determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max})

O teste incremental foi precedido de um aquecimento de três minutos a $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e iniciou a $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos. Os testes foram mantidos até exaustão voluntária e os participantes foram encorajados verbalmente a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Ao final de cada estágio foram monitoradas a frequência cardíaca (FC) por meio do monitor cardíaco (Polar RS800, Kempele - Finlândia) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20 (BORG, 2000). Como critérios de exaustão foram considerados os valores da FC acima de 10 bpm do valor previsto para a idade (TANAKA et al., 2001) e PSE maior que 18 na escala de Borg. A coleta de gases para a determinação do VO_{2max} foi realizada por um sistema de espirometria de circuito aberto *FitMate* (COSMED®, Roma - Itália) que fornece informações sobre o comportamento respiratório a cada 15 segundos. Antes do início do teste incremental máximo os participantes permaneceram em repouso por 15 minutos em pé com o equipamento devidamente acoplado, para estabilização e determinação do VO_2 de repouso (VO_{2rep}) (MACHADO; GUGLIELMO; DENADAI, 2007, 2002; BILLAT et al., 1994b). Foi considerado como VO_{2max} o maior valor registrado pelo equipamento ao final do teste.

5.5. Determinação da velocidade referente à ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max})

A partir da determinação do VO_{2max} foi utilizada a fórmula proposta por di Prampero (1986), adaptada por Lacour et al. (1990, 1991) para determinação da vVO_{2max} dos participantes:

$$vVO_{2max} = (VO_{2max} - VO_{2rep}) \times CR^{-1}$$

Em que, CR é o custo energético de corrida referente a uma velocidade submáxima específica, calculado pela fórmula:

$$CR = (VO_{2vsub} - VO_{2rep}) \times v^{-1}$$

Em que, VO_{2vsub} é o VO_2 associado a uma velocidade submáxima referente a 75% do VO_{2max} conforme previamente apresentado por Billat et al. (1996c).

5.6. Determinação da velocidade pico (V_{pico})

A V_{pico} foi determinada seguindo o mesmo protocolo experimental utilizado para a determinação do VO_{2max} ; no entanto, foi conduzido um protocolo “limpo” sem a utilização de quaisquer equipamentos a não ser o frequencímetro utilizado para o monitoramento da FC durante o teste. A PSE foi informada pelo participante ao final de cada estágio (BORG, 2000). Os participantes foram incentivados a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Foram utilizados os mesmos critérios de exaustão pré-estabelecidos para o teste de determinação do VO_{2max} .

A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade de corrida atingida durante o teste incremental; caso o participante não concluísse o último estágio iniciado, calculou-se a V_{pico} com base no tempo parcial permanecido no último estágio atingido, a partir da equação proposta por Kuipers et al. (1985):

$$V_{pico} = v_{completo} + t/T \times \text{incremento de velocidade}$$

Sendo, $v_{completo}$ = velocidade ($km \cdot h^{-1}$) no último estágio completado;

t = tempo (segundos) permanecido na velocidade do estágio incompleto;

T = tempo total (segundos) estabelecido para o estágio completo;

Incremento de velocidade = taxa de aumento da velocidade em cada estágio ($km \cdot h^{-1}$).

5.7. Determinação do tempo limite (t_{lim}) referente à máxima velocidade aeróbia (MVA)

Para determinação deste parâmetro foram realizados testes em condições laboratoriais na esteira previamente referenciada, com inclinação fixada em 1%. O protocolo para determinação do t_{lim} consistiu em 15 minutos de aquecimento com intensidade equivalente a 60% da MVA, sendo que após este tempo a velocidade foi rapidamente aumentada até atingir 100% da MVA e o participante permaneceu nesta velocidade pelo maior tempo possível sob forte encorajado verbal (BILLAT et al., 1996).

5.8. Análise estatística

Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão (DP). Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados, teste t para amostras dependentes para comparação entre os métodos, teste de Bland-Altman (1986) para análise de concordância e coeficiente de correlação de Pearson; adotando-se para todas as análises nível de significância de $p < 0,05$.

6 ARTIGO ORIGINAL I

COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA MÁXIMA VELOCIDADE AERÓBIA E SEU RESPECTIVO TEMPO LIMITE EM CORREDORES

Resumo

A máxima velocidade aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) são preditores da *performance* aeróbia de corredores, podendo ser utilizados para a prescrição e controle do treinamento. A velocidade associada à ocorrência do consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}) e a velocidade pico (V_{pico}) são duas variáveis referentes à MVA e são determinadas a partir de diferentes métodos. A V_{pico} , em especial, parece ser de grande relevância prática por poder ser determinada sem o uso de um analisador metabólico de gases necessário para a determinação do vVO_{2max} . Entretanto, poucos estudos a determinaram, sobretudo em conjunto com seu t_{lim} . O objetivo do presente estudo foi comparar a MVA e seu respectivo t_{lim} determinados a partir da vVO_{2max} (com uso de espirometria) e da V_{pico} (sem uso de espirometria). Participaram do estudo 21 corredores com idade de $41,2 \pm 6,9$ anos, massa corporal de $75,4 \pm 11,4$ kg, estatura de $173,9 \pm 7,8$ cm, índice de massa corporal de $24,8 \pm 2,4$ $kg \cdot m^{-2}$, consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) de $54,0 \pm 7,6$ $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e experiência em provas de distâncias entre 5 e 15 km (tempo de prática de $10,9 \pm 11,1$ anos). Os participantes foram submetidos, aleatoriamente, a dois testes incrementais contínuos de esforço máximo em laboratório (esteira ergométrica automática multiprogramável, INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brasil), com inclinação da esteira fixada em 1%, para a determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} . A vVO_{2max} foi determinada a partir da equação proposta por Lacour et al. (1990, 1991) com base no custo energético de corrida (CR), no VO_{2max} e no consumo de oxigênio de repouso (VO_{2rep}), os dois últimos determinados por meio do sistema de espirometria de circuito aberto *FitMate* (COSMED®, Roma – Itália). A V_{pico} foi determinada através de um protocolo incremental “limpo”, ou seja, sem o uso da espirometria, sendo considerada a maior velocidade atingida durante o teste. O teste incremental foi precedido de um aquecimento de três minutos a 7 $km \cdot h^{-1}$ e iniciou a 9 $km \cdot h^{-1}$ com incrementos de 1 $km \cdot h^{-1}$ a cada três minutos. Os testes foram mantidos até exaustão voluntária e os participantes foram encorajados verbalmente a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Após cada teste incremental foram realizados, em ordem aleatória, dois testes com o objetivo de determinar o t_{lim} a 100% da vVO_{2max} e V_{pico} . Os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão. Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados, teste t para amostras dependentes para comparação entre os métodos e o teste de concordância de Bland-Altman (1986); adotando-se nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados demonstraram que a vVO_{2max} ($15,5 \pm 1,7$ $km \cdot h^{-1}$) foi significativamente maior que a V_{pico} ($15,2 \pm 1,4$ $km \cdot h^{-1}$). Também foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre o t_{lim} na vVO_{2max} ($5,4 \pm 2,1$ min) e o t_{lim} na V_{pico} ($6,3 \pm 1,4$ min). A análise de concordância revelou que a vVO_{2max} superestimou em até $1,75$ $km \cdot h^{-1}$ a V_{pico} , a duração do protocolo da vVO_{2max} subestimou a duração do protocolo incremental de determinação da V_{pico} em até 2,48 minutos e o t_{lim} na vVO_{2max} subestimou o t_{lim} na V_{pico} em até 4,25 minutos. Em conclusão, os dois métodos utilizados para determinação da MVA (vVO_{2max} e V_{pico}) apresentaram diferenças para esta variável e, conseqüentemente, para o seu respectivo t_{lim} .

Palavras-chave: Consumo máximo de oxigênio, velocidade pico, velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio, velocidade anaeróbia.

Abstract

Maximal aerobic speed (MAS) and its respective time limit (t_{lim}) are predictors of aerobic performance in runners and these variables can be used to prescribe and control training. Velocity associated with the occurrence of maximal oxygen uptake (vVO_{2max}) and peak running speed (V_{peak}) are two variables related to MAS and are determined by different methods. The V_{peak} , in special, seems to be of great practical relevance because it can be determined without a metabolic cart necessary to the determination of vVO_{2max} . However, few studies determined it, especially with its t_{lim} . The objective of the present study was to compare MAS and its t_{lim} determined by vVO_{2max} (with espirometry) and V_{peak} (without espirometry). Twenty one runners participated aged 41.2 ± 6.9 years, body mass of 75.4 ± 11.4 kg, height of 173.9 ± 7.8 cm, body mass index of 24.8 ± 2.4 $kg \cdot m^{-2}$, maximal oxygen uptake (VO_{2max}) of 54.0 ± 7.6 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ and experience in competing between 5 and 15 km (practice time of 10.9 ± 11.1 years). Participants were submitted, randomly, to two incremental continuous tests of maximal effort in laboratory (automatic ergometric treadmill with multiprogram, INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brazil), with treadmill grade set at 1%, to determine vVO_{2max} and V_{peak} . vVO_{2max} was determined with the equation proposed by Lacour et al. (1990, 1991) based on energetic cost of running (CR), on VO_{2max} and on rest oxygen uptake (VO_{2rest}), the last two variables determined by an espirometry open system Fitmate (COSMED®, Rome – Italy). V_{peak} was determined by a “clean” incremental protocol, which means, without the espirometry, being considered the higher velocity attained during the test. The incremental test was preceded by a warm up of three minutes at $7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ and initiated at $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ with increments of $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ each three minutes. The tests were maintained until volitional exhaustion and participants were encouraged verbally to keep as long as possible in effort. After each incremental test, it was conducted, randomly, two tests to determine t_{lim} at 100% of vVO_{2max} and V_{peak} . Data was presented at mean \pm standard deviation. It was used the Shapiro-Wilk test to verify the normality of data distribution, t test to related samples to compare methods, and concordance test of Bland-Altman (1986); adopting significance level of $p < 0.05$. The results showed that vVO_{2max} ($15.5 \pm 1.7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) was significantly higher than V_{peak} ($15.2 \pm 1.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). It was also observed statistically significant difference between t_{lim} at vVO_{2max} (5.4 ± 2.1 min) and t_{lim} at V_{peak} (6.3 ± 1.4 min). Analysis of concordance revealed that vVO_{2max} overestimated in until $1.75 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ V_{peak} , duration of vVO_{2max} protocol underestimated in until 2.48 minutes duration of V_{peak} protocol and t_{lim} at vVO_{2max} underestimated t_{lim} at V_{peak} in until 4.25 minutes. In conclusion, both the methods used to determine MAS (vVO_{2max} e V_{peak}) presented differences to this variable and, consequently to its respective t_{lim} .

Keywords: Maximal oxygen uptake, peak running velocity, velocity associated with the maximal oxygen uptake, anaerobic capacity.

INTRODUÇÃO

A máxima velocidade aeróbia (MVA) e o tempo limite (t_{lim}) associado a esta intensidade de esforço são considerados importantes indicadores do desempenho de corredores em provas de média e longa distâncias (JONES; CARTER, 2000; BILLAT; KORALSZTEIN, 1996; BILLAT et al., 1994a; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). A MVA reflete a integração entre o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e a economia de corrida (EC) (ALMARWAEY et al., 2003; DI PRAMPERO, 1986) e também é utilizada para a prescrição e controle do treinamento (BUCHHEIT et al., 2010; BILLAT et al., 1999; SMITH; MCNAUGHTON; MARSHALL, 1999). No entanto, sua determinação implica no uso de um analisador metabólico de gases e pode ser inviabilizada pelo alto custo deste equipamento. Já o t_{lim} na MVA é um indicativo da capacidade anaeróbia do atleta e fornece informações sobre o tempo máximo suportado nessa intensidade (BILLAT et al., 1994b). Sua determinação se faz importante para o controle do treinamento, pois auxilia na identificação da duração “ótima” das corridas realizadas em treinos intervalados que objetivam melhorar o VO_{2max} (SMITH; MCNAUGHTON; MARSHALL, 1999).

Na literatura são encontradas várias definições de MVA, baseadas em aspectos fisiológicos, que poderiam influenciar ou modificar os métodos para sua determinação (HILL; ROWELL, 1996). Uma das definições mais utilizadas define a MVA como a velocidade referente à ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max}) (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996; HILL; ROWELL, 1996). Tal termo foi introduzido por Daniels et al. (1984) e posteriormente foram propostos diferentes métodos para sua estimativa (MCLAUGHLIN et al., 2010; DI PRAMPERO, 1986; LACOUR et al., 1991). Di Prampero (1986) sugeriu calcular a vVO_{2max} a partir da divisão do VO_{2max} pelo custo energético por unidade de massa corporal referente a uma velocidade submáxima (CR). Lacour et al. (1990, 1991) introduziram o consumo de oxigênio de repouso (VO_{2rep}) para esse cálculo, subtraindo-o do VO_{2max} antes da divisão pelo CR. Independente do método utilizado para a identificação desta variável, a vVO_{2max} vem sendo considerada o parâmetro mais eficaz para prescrição e monitoramento do treinamento e também para a predição de desempenho em provas de média e longa distâncias tornando-se assim, uma

ferramenta útil para técnicos e atletas (ESFARJANI; LAURSEN, 2007; LAURSEN; JENKINS, 2002).

Outra variável relacionada à MVA, e ainda pouco estudada em relação ao t_{lim} , é a velocidade pico (V_{pico}) que refere-se à máxima velocidade atingida em exercício máximo determinada em protocolo incremental (MCLAUGHLIN et al., 2010; TANAKA et al., 1989). A principal vantagem da utilização da V_{pico} é que sua determinação é simples e de baixo custo por não necessitar do uso do analisador de gases. Por esse motivo, pode ser determinada com maior facilidade em campo, tendo também importantes implicações práticas. Acredita-se que a V_{pico} possa ser utilizada para a determinação da MVA e seu respectivo t_{lim} em substituição aos métodos de alto custo por representar uma medida relacionada à *performance*.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo comparar a MVA e seu respectivo t_{lim} determinados a partir da vVO_{2max} (com uso de espirometria) e da V_{pico} (sem uso de espirometria). Até onde temos conhecimento, não há estudos que determinaram a V_{pico} e seu respectivo t_{lim} a partir da utilização de um protocolo “limpo”, sem o uso de um analisador de gases ou de outras análises e o compararam com uma proposta “tradicional” de determinação da vVO_{2max} .

METODOLOGIA

Participantes

Participaram do estudo 21 corredores com idades entre 30 e 49 anos ($41,2 \pm 6,9$ anos; massa corporal de $75,4 \pm 11,4$ kg; estatura de $173,9 \pm 7,8$ cm; índice de massa corporal – IMC de $24,8 \pm 2,4$ kg·m⁻² e VO_{2max} de $54,0 \pm 7,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) experientes em provas de distâncias entre 5 e 15 km (tempo de prática de $10,9 \pm 11,1$ anos). Antes do início dos procedimentos, todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa local (#539/2011).

Design experimental

Após o processo de familiarização com o ergômetro (esteira ergométrica automática multiprogramável INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brasil) os participantes foram submetidos, aleatoriamente, a dois testes incrementais contínuos de esforço máximo, com inclinação da esteira fixada em 1%, para a determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} . Os participantes foram instruídos a não se alimentarem nas duas horas antecedentes aos testes, a se absterem do consumo de cafeína e álcool e não realizarem exercícios físicos extenuantes 48 horas antes de cada visita ao laboratório. Foi respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre cada avaliação. Após cada protocolo incremental foram realizados, em ordem aleatória, dois testes para determinar o tempo limite a 100% da vVO_{2max} e V_{pico} .

Determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max})

O teste incremental foi precedido de um aquecimento de três minutos a 7 km·h⁻¹ e iniciou a 9 km·h⁻¹ com incrementos de 1 km·h⁻¹ a cada três minutos. Os testes foram mantidos até exaustão voluntária e os participantes foram encorajados verbalmente a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Ao final de cada estágio foram monitoradas a frequência cardíaca (FC) por meio do monitor cardíaco (Polar RS800, Kempele - Finlândia) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20 (BORG, 2000). Como critérios de exaustão foram considerados

os valores da FC acima de 10 bpm do valor previsto para a idade (TANAKA et al., 2001) e PSE maior que 18 na escala de Borg. A coleta de gases para a determinação do VO_{2max} foi realizada por um sistema de espirometria de circuito aberto FitMate (COSMED®, Roma - Itália) que fornece informações sobre o comportamento respiratório do participante a cada 15 segundos. Antes do início do teste incremental máximo os participantes permaneceram em repouso por 15 minutos em pé com o equipamento devidamente acoplado, para determinação do VO_2 de repouso (VO_{2rep}) (MACHADO; GUGLIELMO; DENADAI, 2007, 2002; BILLAT et al., 1994b). Foi considerado como VO_{2max} o maior valor registrado pelo equipamento ao final do teste.

Determinação da velocidade referente à ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max})

A partir da determinação do VO_{2max} foi utilizada a fórmula proposta por di Prampero (1986), adaptada por Lacour et al. (1990, 1991), para determinação da vVO_{2max} dos participantes:

$$vVO_{2max} = (VO_{2max} - VO_{2rep}) \times CR^{-1}$$

Em que, CR é o custo energético de corrida referente a uma velocidade submáxima específica, calculado pela fórmula:

$$CR = (VO_{2vsub} - VO_{2rep}) \times v^{-1}$$

Em que, VO_{2vsub} é o VO_2 associado a uma velocidade submáxima referente a 75% do VO_{2max} conforme previamente apresentado por Billat et al. (1996b).

Determinação da velocidade pico (V_{pico})

A V_{pico} foi determinada seguindo o mesmo protocolo experimental utilizado para a determinação do VO_{2max} ; no entanto, foi conduzido um protocolo “limpo” sem a utilização de quaisquer equipamentos a não ser o frequencímetro utilizado para o monitoramento da FC durante o teste. A PSE foi informada pelo participante ao final de cada estágio (BORG, 2000). Os participantes foram incentivados a se manterem em

esforço pelo maior tempo possível. Foram utilizados os mesmos critérios de exaustão pré-estabelecidos para o teste de determinação do VO_{2max} .

A V_{pico} foi considerada como a máxima velocidade de corrida atingida durante o teste incremental; caso o participante não concluísse o último estágio iniciado, calculou-se a V_{pico} com base no tempo parcial permanecido no último estágio atingido, a partir da equação proposta por Kuipers et al. (1985):

$$V_{pico} = v_{completo} + t/T * \text{incremento de velocidade}$$

Sendo, $v_{completo}$ = velocidade ($km \cdot h^{-1}$) no último estágio completado;

t = tempo (segundos) permanecido na velocidade do estágio incompleto;

T = tempo total (segundos) estabelecido para o estágio completo;

Incremento de velocidade = taxa de aumento da velocidade em cada estágio ($km \cdot h^{-1}$).

Determinação do tempo limite (t_{lim}) referente à máxima velocidade aeróbia (MVA)

Para determinação deste parâmetro foram realizados testes em condições laboratoriais na esteira previamente referenciada, com inclinação fixada em 1%. O protocolo para determinação do t_{lim} consistiu em 15 minutos de aquecimento com intensidade equivalente a 60% da MVA, sendo que após este tempo a velocidade foi rapidamente aumentada até atingir 100% da MVA e o participante permaneceu nesta velocidade pelo maior tempo possível sob forte encorajado verbal (BILLAT et al., 1996).

Análise estatística

Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão (DP). Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados, teste t para amostras dependentes para comparação entre os métodos, teste de Bland-Altman (1986) para análise de concordância e coeficiente de correlação de Pearson; adotando-se para todas as análises nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A comparação entre as variáveis: máxima velocidade aeróbia (MVA), duração do teste incremental, frequência cardíaca máxima (FC_{max}), percepção subjetiva de esforço ao final do teste (PSE_{max}) e tempo limite (t_{lim}) na MVA a partir do protocolo de determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} estão apresentadas na tabela 1. Dos 21 participantes avaliados, 12 apresentaram vVO_{2max} maior que a V_{pico} , sete apresentaram o oposto e dois apresentaram valores iguais. A análise estatística revelou que a vVO_{2max} foi significativamente maior que a V_{pico} (Dif % = $2,3 \pm 4,6$), apesar dos participantes terem permanecido mais tempo no protocolo “limpo” (Dif % = $-3,2 \pm 3,4$). Não houve diferenças estatisticamente significantes para as variáveis FC_{max} e PSE_{max} demonstrando que os participantes se esforçaram, de maneira semelhante, nos dois testes. Em relação ao t_{lim} , também foi observada diferença entre os dois métodos de modo que o t_{lim} na V_{pico} foi significativamente maior que na vVO_{2max} (Dif % = $15,0 \pm 26,8$).

Tabela 6.1. Comparação entre os valores médios \pm desvio padrão (DP), diferença absoluta (Dif absoluta), diferença percentual (Dif %) e nível de significância (p) das variáveis máxima velocidade aeróbia (MVA), duração do teste incremental, frequência cardíaca máxima (FC_{max}), percepção subjetiva de esforço ao final do teste (PSE_{max}) e tempo limite (t_{lim}) na MVA a partir do protocolo de determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} (n = 21).

Variáveis	vVO_{2max}	V_{pico}	Dif absoluta	Dif %	Valor do p
MVA ($km \cdot h^{-1}$)	$15,5 \pm 1,7^*$	$15,2 \pm 1,4$	$0,4 \pm 0,7$	$2,3 \pm 4,6$	0,033
Duração (min)	$20,7 \pm 4,1^*$	$21,5 \pm 4,2$	$-0,8 \pm 0,9$	$-4,0 \pm 4,3$	<0,001
FC_{max} (bpm)	$183,7 \pm 12,7$	$182,9 \pm 12,9$	$0,9 \pm 4,9$	$0,5 \pm 2,7$	0,431
PSE_{max} (6-20)	$19,4 \pm 0,6$	$19,5 \pm 0,6$	$-0,1 \pm 0,6$	$-0,5 \pm 3,3$	0,493
t_{lim} (min)	$5,4 \pm 2,1^*$	$6,3 \pm 1,4$	$-0,9 \pm 1,7$	$-15,0 \pm 26,8$	0,023

*p < 0,05 em relação à V_{pico} .

A correlação entre a V_{pico} e a vVO_{2max} foi de 0,91 enquanto que a correlação entre o t_{lim} na V_{pico} com o t_{lim} na vVO_{2max} foi de 0,61. A diferença média entre a vVO_{2max}

e a V_{pico} foi de $0,36 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, sendo que a análise de concordância entre os dois métodos mostrou que a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ superestimou em até $1,75 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a V_{pico} . A diferença média entre o t_{lim} na $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e o t_{lim} na V_{pico} foi de $-0,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e t_{lim} na $v\text{VO}_{2\text{max}}$ subestimou em até $4,25$ minutos o t_{lim} na V_{pico} (figura 1 A e B e figura 2 A e B).

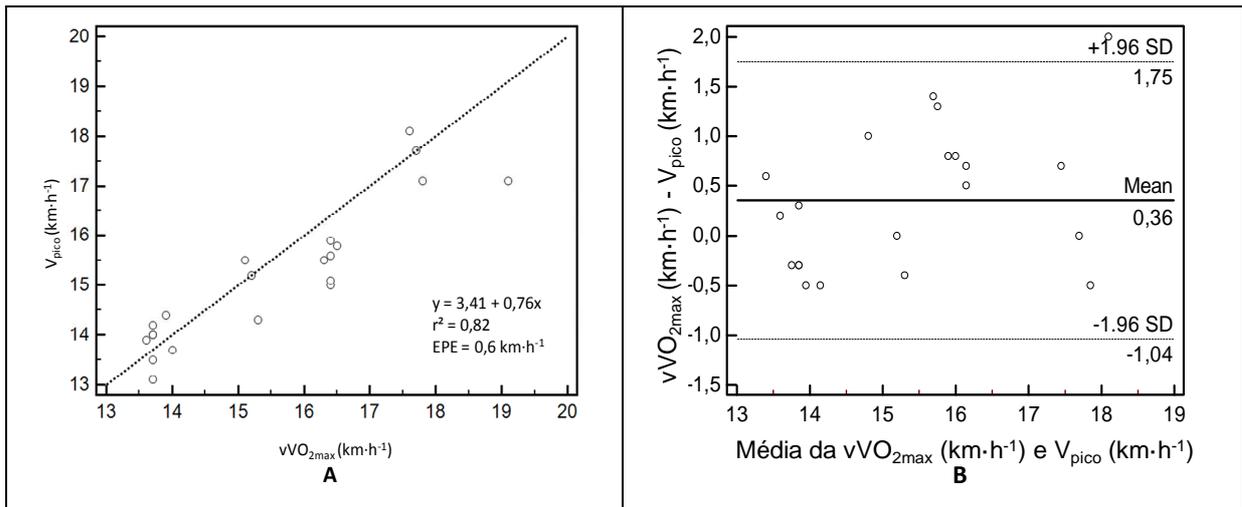


Figura 6.1. Correlação (A) e análise de concordância de Bland-Altman (1986) (B) da V_{pico} e a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ para uma amostra de 21 participantes.

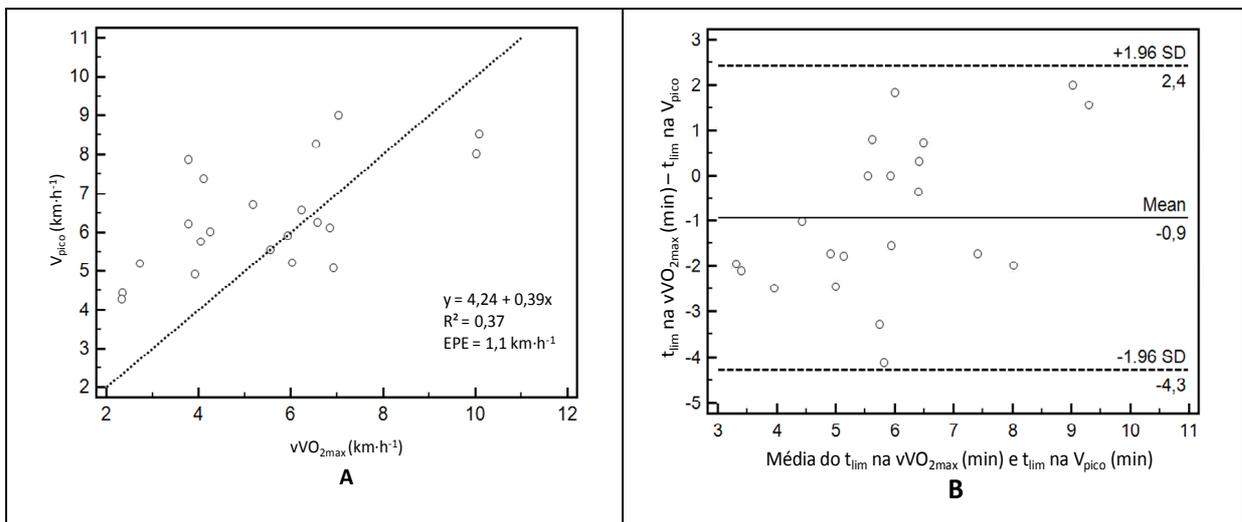


Figura 6.2. Correlação (A) e análise de concordância de Bland-Altman (1986) (B) do t_{lim} na V_{pico} e do t_{lim} na $v\text{VO}_{2\text{max}}$ para uma amostra de 21 participantes.

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar a máxima velocidade aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) determinados a partir da vVO_{2max} (com uso de espirometria) e da V_{pico} (sem uso de espirometria).

O principal achado do presente estudo foi que, apesar de apresentar respostas semelhantes em relação à FC_{max} e PSE_{max} , os métodos de determinação da V_{pico} e vVO_{2max} apresentaram diferenças para a MVA, duração do protocolo incremental e t_{lim} na MVA. A vVO_{2max} superestimou em até $1,75 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a V_{pico} , a duração do protocolo da vVO_{2max} subestimou a duração do protocolo incremental de determinação da V_{pico} em até 2,48 minutos e o t_{lim} na vVO_{2max} subestimou o t_{lim} na V_{pico} em até 4,25 minutos.

Apesar de ser esperado que o uso da máscara acoplada ao analisador de gases influenciaria na duração do protocolo incremental de determinação da MVA, até onde temos conhecimento, nenhum estudo demonstrou, de fato, o impacto do uso desse equipamento nas respostas obtidas em um teste máximo.

A partir das considerações de Hill e Rowell (1996) quanto às definições da vVO_{2max} pelo método proposto por Lacour et al. (1990, 1991) e da V_{pico} , esperava-se para o presente estudo que a vVO_{2max} fosse menor que a V_{pico} , devido ao uso da máscara e pela V_{pico} ser influenciada por um componente anaeróbio. Inclusive, Hill e Rowell (1996) consideram que esses dois parâmetros não seriam duas maneiras distintas de determinação da mesma variável (MVA), mas sim dois métodos que avaliam duas variáveis diferentes. Apesar de diferentes, tanto a vVO_{2max} como a V_{pico} são variáveis que estão associadas à ocorrência do VO_{2max} . Entretanto, observou-se um resultado oposto. Isso possivelmente está relacionado ao cálculo para determinação da vVO_{2max} que considera uma velocidade submáxima selecionada para a determinação do CR (velocidade referente à 75% do VO_{2max}).

A partir dessas diferenças podemos questionar qual dos dois métodos seria o mais adequado para ser utilizado por profissionais da área de exercícios físicos, treinamento e esportes. Para isso, seria necessária a avaliação da capacidade de cada método de predição de *performance* em provas de predominância aeróbia, o que não foi o objetivo deste estudo. Entretanto, existem na literatura informações sobre os

pontos positivos e negativos sobre a utilização desses dois métodos que podem complementar a análise de relação com a *performance* e auxiliar na tomada de decisão sobre qual método utilizar (MCLAUGHLIN et al., 2010; HILL; ROWELL, 1996; LACOUR et al., 1991; DI PRAMPERO, 1986).

O estudo clássico de Hill e Rowell (1996) avaliou cinco diferentes métodos de determinação da MVA, entre eles a vVO_{2max} proposta por Lacour et al. (1990, 1991) e a V_{pico} proposta por Noakes, Myburgh e Schall (1990). A vVO_{2max} proposta por Lacour et al. (1990, 1991) teria como principais vantagens a obtenção de um índice puramente aeróbio e que não seria influenciado pela magnitude de incrementos do teste para sua determinação. Todavia, essa velocidade seria influenciada por variações biológicas diárias que têm impacto sobre o VO_{2max} e o CR. Além disso, a seleção da velocidade submáxima considerada para o cálculo do CR poderia influenciar a vVO_{2max} (HILL; ROWELL, 1996).

As principais vantagens do uso da V_{pico} são: baixo custo, por não necessitar de nenhuma análise metabólica; facilidade em realizar testes que a determinem em campo (especialmente em pista de atletismo) e facilidade na sua determinação por não envolver outras variáveis (a não ser o ajuste do tempo permanecido no estágio incompleto do teste incremental máximo). Além disso, espera-se uma boa correlação desta variável com a *performance* em provas de predominância aeróbia por ser considerada uma medida de *performance* por si só (SAUNDERS et al., 2010; HILL; ROWELL, 1996). Entretanto, a V_{pico} parece ser influenciada pelo protocolo utilizado em sua determinação. Machado et al. (2012) verificaram que a duração dos estágios de protocolos para determinação da V_{pico} influencia no valor final desta variável de modo que a V_{pico} em estágios com duração de três minutos ($15,9 \pm 1,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) foi menor que em estágios intermediários de dois minutos ($16,7 \pm 1,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) e curtos com duração de um minuto ($18,1 \pm \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$).

A superestimação da vVO_{2max} em relação a V_{pico} em até $1,75 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pode ser um fator problemático, visto que se a MVA fosse utilizada para a prescrição de treinamento poderia haver um erro significativo, de modo que o atleta poderia treinar em velocidades acima do que seria adequado para ele prejudicando os objetivos determinados para uma sessão de treinamento. Adicionalmente, se usamos o t_{lim} como

parâmetro para prescrição de treinamento intervalado de corrida, como sugerido por Billat et al. (1999), haveria um erro ainda mais expressivo na determinação da duração das corridas na MVA, considerando a subestimação do t_{lim} na vVO_{2max} de até 4,25 minutos em relação ao t_{lim} na V_{pico} .

Na prática, além do impacto na duração da sessão de treinamento intervalado, esta diferença poderia influenciar nas respostas fisiológicas do atleta ao treinamento, principalmente naquelas relacionadas ao VO_{2max} , tanto em relação ao tempo para atingi-lo quanto em relação ao tempo permanecido nesta intensidade (HILL; ROWELL, 1997; HILL; WILLIAMS; BURT, 1997).

Em conclusão, os dois métodos utilizados para determinação da MVA apresentaram diferenças para esta variável e, conseqüentemente, para o seu respectivo t_{lim} . Assim, é importante que técnicos e atletas padronizem o método de determinação da MVA para a prescrição e controle de programas de treinamento.

Referências Bibliográficas

Almarwaey OA, Jones AM, Tolfrey K. Physiological Correlates with Endurance Running Performance in Trained Adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(3): 480-7.

Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO_{2max} with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc.* 1996b; 28(8): 1049-55.

Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Time to exhaustion at VO_{2max} and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Arch Int Physiol Biochim Biophys.* 1994a; 102: 215-9.

Billat V, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein J. Interval training at VO_{2max} : effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(1): 156-63.

Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem.* 1996. 104(3): 313-21.

Billat VL, Koralsztein JP. Significance of the velocity at VO_{2max} , and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 1996; 22: 90-108.

Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Times to exhaustion at 100% of velocity at VO_{2max} and modeling of the time-limit / velocity relationship in elite long-distance runners. *Eur J Appl Physiol.* 1994b; 69: 271-3.

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1: 307-10.

Borg GAV. Escalas para dor e esforço percebido. São Paulo: Manole, 2000.

Buchheit M, Chivot A, Parouty J. et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108:1153-67.

Daniels J, Scardina N, Hayes J, Foley P. Elite and subelite female middle- and long-distance runners. In: Sport and Elite Performers, Landers, D.M. ed. Champaign, Human Kinetics, 1984.

di Prampero PE. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med.* 1986; 7: 55-72.

Esfarjani E, Laursen PB. Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO_{2max} , the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport.* 2007 v. 10, p. 27-35, 2007.

Hill DW, Rowell AL. Running velocity at VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28(1): 114-9.

Hill DW, Rowell AL. Responses to exercise at the velocity associated with VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29(1): 113-6.

Hill DW, Williams CS, Burt SE. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with VO_{2max} . *Int J Sports Med.* 1997; 18: 325-9.

Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000; 29: 373-386.

Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, et al. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. *Int J Sports Med.* 1985; 6: 197-201.

Lacour JR, Padilla S, Barthelemy JC, et al. The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol.* 1990; 60: 38-43.

Lacour JR, Padilla S, Chatard JC, et al. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol.* 1991; 62: 77-82.

Laursen PB, Jenkins DG. The Scientific Basis for High-Intensity Interval Training. *Sports Med.* 2002; 32(1): 53-73.

Machado FA, Guglielmo LGA, Denadai BS. Velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio em meninos de 10 a 15 anos. *Rev Bras Med Esporte*. 2002; 8(1): 1-6.

Machado FA, Guglielmo LGA, Denadai BS. Effect of the chronological age and sexual maturation on the time to exhaustion at maximal aerobic speed. *Biol Sport*. 2007; 24; 21-30.

Machado FA, et al. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests. *J Sci Med Sport*. 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.08.003>.

Mclaughlin JE, Howley ET, Bassett Jr DR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of classic model for predicting endurance running performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42(5): 991-7.

Noakes TD, Myburgh KH; Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO_{2max} test predicts running performance. *J Sports Sci*. 1990; 8: 35-45.

Saunders PU, Cox AJ, Hopkins WG, Pyne DB. Physiological measures tracking seasonal changes in peak running speed. *Int J Sports Physiol Performance*. 2010; 5: 230-8.

Smith TP, Mcnaughton LR, Marshall KJ. Effects of 4-wk training using V_{max}/T_{max} on VO_{2max} and performance in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1999; 31(6): 892-6.

Tanaka K, Mimura K, Kim HS, et al. Prerequisites in distance running performance of female runners. *Ann Physiol Anthropol*. 1989; 8(2):79-87.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001; 37:153-156.

7 ARTIGO ORIGINAL II

**RELAÇÃO ENTRE A MÁXIMA VELOCIDADE AERÓBIA DETERMINADA POR DOIS
DIFERENTES MÉTODOS E SEUS RESPECTIVOS TEMPOS LIMITE COM
PERFORMANCES DE CORREDORES**

Resumo

A máxima velocidade aeróbia (MVA) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) são preditores da *performance* aeróbia de corredores. A velocidade associada à ocorrência do consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}) e a velocidade pico (V_{pico}) são duas variáveis referentes à MVA e são determinadas a partir de diferentes métodos. A V_{pico} , em especial, parece ser de grande relevância prática por poder ser determinada sem o uso de um analisador metabólico de gases necessário para a determinação do vVO_{2max} . Entretanto, poucos estudos a determinaram, sobretudo em conjunto com seu t_{lim} . O objetivo do presente estudo foi verificar as correlações entre a V_{pico} e a vVO_{2max} determinada pelo método proposto por Lacour et al. (1990, 1991) e seus respectivos t_{lim} com *performances* em provas de 10 e 15 km. Participaram do estudo 21 corredores com idade de $41,2 \pm 6,9$ anos, massa corporal de $75,4 \pm 11,4$ kg, estatura de $173,9 \pm 7,8$ cm, índice de massa corporal de $24,8 \pm 2,4$ kg·m⁻², consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) de $54,0 \pm 7,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ e experiência em provas de distâncias entre 5 e 15 km (tempo de prática de $10,9 \pm 11,1$ anos). Os participantes foram submetidos, aleatoriamente, a dois testes incrementais contínuos de esforço máximo em laboratório (esteira ergométrica automática multiprogramável, INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brasil), com inclinação da esteira fixada em 1%, para a determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} . A vVO_{2max} foi determinada a partir da equação de Lacour et al. (1990, 1991) com base no custo energético de corrida (CR), no VO_{2max} e no consumo de oxigênio de repouso (VO_{2rep}), os dois últimos determinados por meio do sistema de espirometria de circuito aberto *FitMate* (COSMED®, Roma – Itália). A V_{pico} foi determinada através de um protocolo incremental “limpo”, ou seja, sem o uso da espirometria, sendo considerada a maior velocidade atingida durante o teste. O teste incremental foi precedido de um aquecimento de três minutos a 7 km·h⁻¹ e iniciou a 9 km·h⁻¹ com incrementos de 1 km·h⁻¹ a cada três minutos. Os testes foram mantidos até exaustão voluntária e os participantes foram encorajados verbalmente a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Após cada teste incremental foram realizados, em ordem aleatória, dois testes com o objetivo de determinar o t_{lim} na vVO_{2max} e V_{pico} . Além dos testes laboratoriais, os participantes realizaram duas *performances* referentes às provas de 10 e 15 km, feitas em pista de atletismo de 400 metros. Os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão. Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados, teste *t* para amostras dependentes para comparação entre os métodos e o coeficiente de correlação de Pearson; adotando-se nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados demonstraram que a vVO_{2max} ($15,5 \pm 1,7$ km·h⁻¹) foi maior que a V_{pico} ($15,2 \pm 1,4$ km·h⁻¹). Também foram observadas diferenças entre o t_{lim} na vVO_{2max} ($5,4 \pm 2,1$ min) e o t_{lim} na V_{pico} ($6,3 \pm 1,4$ min). As correlações entre a V_{pico} e as *performances* foram mais elevadas (10 km $r = 0,77$; 15 km $r = 0,75$) que as correlações entre a vVO_{2max} e as mesmas provas (10 km $r = 0,65$; 15 km $r = 0,64$). O t_{lim} na V_{pico} apresentou relação com a prova de 10 ($r = -0,44$) e 15 km ($r = -0,45$), o que não foi observada entre o t_{lim} na vVO_{2max} e as *performances*. Em conclusão, a V_{pico} e o t_{lim} na V_{pico} mostraram-se melhores preditores da *performance* em provas de 10 e 15 km que a vVO_{2max} e o t_{lim} na vVO_{2max} .

Palavras-chave: Consumo máximo de oxigênio, velocidade pico, velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio, capacidade anaeróbia, desempenho.

Abstract

Maximal aerobic speed (MAS) and its respective time limit (t_{lim}) are predictors of aerobic performance in runners. Velocity associated with the occurrence of maximal oxygen uptake (vVO_{2max}) and peak running speed (V_{peak}) are two variables related to MAS and are determined by different methods. The V_{peak} , in special, seems to be of great practical relevance because it can be determined without a metabolic cart necessary to the determination of vVO_{2max} . However, few studies determined it, especially with its t_{lim} . The objective of the present study was to verify the correlations between V_{peak} and vVO_{2max} determined by the method proposed by Lacour et al. (1990, 1991) e its respective t_{lim} with performances in 10 and 15 km. Twenty one runners participated aged 41.2 ± 6.9 years, body mass of 75.4 ± 11.4 kg, height of 173.9 ± 7.8 cm, body mass index of 24.8 ± 2.4 $kg \cdot m^{-2}$, maximal oxygen uptake (VO_{2max}) of 54.0 ± 7.6 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ and experience in competing between 5 and 15 km (practice time of 10.9 ± 11.1 years). Participants were submitted, randomly, to two incremental continuous tests of maximal effort in laboratory (automatic ergometric treadmill with multiprogram, INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brazil), with treadmill grade set at 1%, to determine vVO_{2max} and V_{peak} . vVO_{2max} was determined with the equation proposed by Lacour et al. (1990, 1991) based on energetic cost of running (CR), on VO_{2max} and on rest oxygen uptake (VO_{2rest}), the last two variables determined by an spirometry open system Fitmate (COSMED®, Rome – Italy). V_{peak} was determined by a “clean” incremental protocol, which means, without the spirometry, being considered the higher velocity attained during the test. The incremental test was preceded by a warm up of three minutes at 7 $km \cdot h^{-1}$ and initiated at 9 $km \cdot h^{-1}$ with increments of 1 $km \cdot h^{-1}$ each three minutes. The tests were maintained until volitional exhaustion and participants were encouraged verbally to keep as long as possible in effort. After each incremental test, it was conducted, randomly, two tests to determine t_{lim} at 100% of vVO_{2max} and V_{peak} . Besides laboratorial tests, participants did two performances, one of 10 and the other of 15 km, conducted in a field track of 400 meters. Data was presented at mean \pm standard deviation. It was used the Shapiro-Wilk test to verify the normality of data distribution, t test to related samples to compare methods, and Pearson coefficient of correlation; adopting significance level of $p < 0.05$. The results showed that vVO_{2max} (15.5 ± 1.7 $km \cdot h^{-1}$) was significantly higher than V_{peak} (15.2 ± 1.4 $km \cdot h^{-1}$). It was also observed statistically significant difference between t_{lim} at vVO_{2max} (5.4 ± 2.1 min) and t_{lim} at V_{peak} (6.3 ± 1.4 min). Correlations between V_{peak} and performances were more elevated (10 km $r = 0.77$; 15 km $r = 0.75$) than correlations between vVO_{2max} and the same performances (10 km $r = 0.65$; 15 km $r = 0.64$). Besides, t_{lim} at V_{peak} presented relation with 10 ($r = -0.44$) and 15 km ($r = -0.45$), relation that was not observed between t_{lim} at vVO_{2max} and performances. In conclusion, V_{peak} and t_{lim} at V_{peak} showed to be better predictors of performance of 10 and 15 km than vVO_{2max} and the t_{lim} at vVO_{2max} .

Keywords: Maximal oxygen uptake, peak running velocity, velocity associated with maximal oxygen uptake, anaerobic capacity, performance.

INTRODUÇÃO

O estudo dos fatores responsáveis pelo desempenho atrai o interesse de pesquisadores há muito tempo. Diante disso, diversas variáveis foram propostas para prever o desempenho em corridas de média e longa distâncias; entre elas é possível destacar os limiares relacionados à resposta do lactato sanguíneo, como o limiar de lactato (LL), limiar anaeróbio (LAn) e a máxima fase estável de lactato (MFEL), o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), a economia de corrida (EC), a velocidade referente à ocorrência do consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}) e a velocidade pico em corrida (V_{pico}) ou potência pico em ciclismo. O interesse em especial pelas duas últimas variáveis, que se encontram de alguma maneira associadas ao VO_{2max} (MCLAUGHLIN et al., 2010), teve início na década de 20 com o estudo de Hill e Lupton (1923, apud BILLAT; KORALSZTEIN, 1996) ressaltando a existência de uma velocidade na qual se podia observar a estabilização do comportamento do VO_{2max} , enquanto que o funcionamento do sistema cardiorrespiratório demonstrava estar próximo de seu máximo desempenho. Essa velocidade foi mais tarde denominada de máxima velocidade aeróbia (MVA) (LACOUR et al., 1991).

A vVO_{2max} e a V_{pico} são termos utilizados para se referir à MVA de um indivíduo. A terminologia vVO_{2max} foi introduzida por Daniels et al. (1984) e refere-se a uma variável que pode ser calculada a partir de diferentes métodos. Di Prampero (1986) sugeriu o cálculo da vVO_{2max} a partir da divisão do VO_{2max} pelo custo energético (CR) de corrida. Mais tarde, Lacour et al. (1991) propuseram a subtração do VO_{2max} pelo consumo de oxigênio de repouso (VO_{2rep}) antes da divisão pelo CR. Por outro lado, a V_{pico} remete à máxima velocidade obtida em protocolo incremental e passou a ser utilizada com maior frequência no final da década de 80 e início da década de 90 (MCLAUGHLIN et al., 2010; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990; TANAKA et al., 1989).

Billat et al. (1996a,b,c) realizaram estudos a respeito da vVO_{2max} e demonstraram que esta variável pode sofrer influência de fatores como o nível de treinamento e gênero. Billat et al. (1994b) ressaltaram a vVO_{2max} como uma importante variável preditora da *performance* aeróbia de corredores de alto nível, especialmente para as provas de 21,1 km. McLaughlin et al. (2010) determinaram a vVO_{2max} utilizando o

método proposto por Daniels et al. (1984) a partir da extrapolação da relação linear entre valores estáveis de consumo de oxigênio (VO_2) e da velocidade de corrida e verificaram correlação entre a vVO_{2max} e a *performance* na prova de 16 km. Bragada et al. (2010) verificaram que a vVO_{2max} determinada a partir do método proposto por di Prampero (1986) predisse os resultados da prova de 3 km em corredores de alto nível. O método proposto por Lacour et al. (1990, 1991) apresentou relação com as *performances* de 1,5; 3 e 5 km sendo considerado um bom modo de analisar mudanças na *performance*. Além disso, as análises de Lacour et al. (1990) mostraram que a vVO_{2max} corresponde à velocidade média da prova de 3 km.

A V_{pico} é uma variável que também tem recebido destaque como boa preditora da *performance* em corridas de longas distâncias para a população adulta (STRATTON et al., 2009; SCOTT; HOUMARD, 1994; HOUMARD et al., 1991); no entanto, tem sido avaliada normalmente sob a influência da coleta de sangue para determinação das concentrações do lactato sanguíneo ou então utilizando equipamentos para determinação do VO_{2max} . Noakes, Myburgh e Schall (1990) verificaram que a V_{pico} , juntamente com o limiar anaeróbio (LAN) determinado a partir das concentrações de lactato sanguíneo, foram as variáveis que melhor predisseram o desempenho de maratonistas e ultra-maratonistas em provas de 10 a 90 km.

Outra variável também demonstrada como preditora da *performance* aeróbia é o tempo limite (t_{lim}) referente à MVA (BILLAT et al., 1996c; BILLAT et al., 1994a). Segundo Billat et al. (1994c), em termos fisiológicos, esta variável é considerada um indicativo da capacidade anaeróbia do indivíduo e pode ser utilizada para a prescrição de treinamento e avaliação de sua efetividade (SMITH; MCNAUGHTON; MARSHALL, 1999). Billat et al. (1994a) demonstraram que há boa reprodutibilidade da medida do t_{lim} , entretanto, este é um parâmetro que apresenta grande variabilidade inter-sujeitos (coeficiente de variação – CV: 25%), sendo que o valor médio desta variável encontra-se próximo a seis minutos. Além disso, nesse mesmo estudo, foi demonstrado que o t_{lim} apresentou relação direta com a *performance* de corredores de média e longa distâncias.

Até onde temos conhecimento, não há estudos que tenham relacionado os diferentes métodos de determinação da MVA com a *performance* aeróbia em uma

mesma amostra. Somado a isso, também não há estudos que determinaram o t_{lim} baseado na medida obtida em teste incremental sem a utilização de equipamentos de análise de gases e sua relação com a *performance* aeróbia de corredores em provas de predominância aeróbia.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi verificar as correlações entre a V_{pico} e a vVO_{2max} determinada pelo método proposto por Lacour et al. (1990, 1991) e seus respectivos t_{lim} com *performances* em provas de 10 e 15km.

METODOLOGIA

Participantes

Participaram do estudo 21 corredores com idade entre 30 e 49 anos ($41,2 \pm 6,9$ anos; massa corporal de $75,4 \pm 11,4$ kg; estatura de $173,9 \pm 7,8$ cm; índice de massa corporal – IMC de $24,8 \pm 2,4$ kg·m⁻² e VO_{2max} de $54,0 \pm 7,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) experientes em provas de distâncias entre 5 e 15 km (tempo de prática de $10,9 \pm 11,1$ anos). Antes do início dos procedimentos, todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e o protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa local (#539/2011).

Design experimental

Após o processo de familiarização com o ergômetro (esteira ergométrica automática multiprogramável INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brasil) os participantes foram submetidos, aleatoriamente, a dois testes incrementais contínuos de esforço máximo, com inclinação da esteira fixada em 1%, para a determinação da vVO_{2max} e da V_{pico} . Os participantes foram instruídos a não se alimentarem nas duas horas antecedentes aos testes, a se absterem do consumo de cafeína e álcool e não realizarem exercícios físicos extenuantes 48 horas antes de cada visita ao laboratório. Foi respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre cada avaliação. Após cada protocolo incremental foram realizados, em ordem aleatória, dois testes para determinar o tempo limite a 100% da vVO_{2max} e V_{pico} .

Determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max})

O teste incremental foi precedido de um aquecimento de três minutos a 7 km·h⁻¹ e iniciou a 9 km·h⁻¹ com incrementos de 1 km·h⁻¹ a cada três minutos. Os testes foram mantidos até exaustão voluntária e os participantes foram encorajados verbalmente a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Ao final de cada estágio foram monitoradas a frequência cardíaca (FC) por meio do monitor cardíaco (Polar RS800, Kempele - Finlândia) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20 (BORG, 2000). Como critérios de exaustão foram considerados

os valores da FC acima de 10 bpm do valor previsto para a idade (TANAKA et al., 2001) e PSE maior que 18 na escala de Borg. A coleta de gases para a determinação do VO_{2max} foi realizada por um sistema de espirometria de circuito aberto *FitMate* (COSMED®, Roma - Itália) que fornece informações sobre o comportamento respiratório a cada 15 segundos. Antes do início do teste incremental máximo, os participantes permaneceram em repouso por 15 minutos em pé com o equipamento devidamente acoplado, para determinação do VO_2 de repouso (VO_{2rep}) (MACHADO; GUGLIELMO; DENADAI, 2007; MACHADO; GUGLIELMO; DENADAI, 2002; BILLAT et al., 1994c). Foi considerado como VO_{2max} o maior valor registrado pelo equipamento ao final do teste.

Determinação da velocidade de ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max})

A partir da determinação do VO_{2max} foi utilizada a fórmula proposta por di Prampero (1986), adaptada por Lacour et al. (1990, 1991), para determinação da vVO_{2max} dos participantes:

$$vVO_{2max} = (VO_{2max} - VO_{2rep}) \times CR^{-1}$$

Em que, CR é o custo energético de corrida referente a uma velocidade submáxima específica, calculado pela fórmula:

$$CR = (VO_{2vsub} - VO_{2rep}) \times v^{-1}$$

Em que, VO_{2vsub} é o VO_2 associado a uma velocidade submáxima referente a 75% do VO_{2max} conforme previamente apresentado por Billat et al. (1996c).

Determinação da velocidade pico (V_{pico})

A V_{pico} foi determinada seguindo o mesmo protocolo experimental utilizado para a determinação do VO_{2max} ; no entanto, foi conduzido um protocolo “limpo” sem a utilização de nenhum equipamento a não ser o frequencímetro, utilizado para o monitoramento da FC durante o teste. Além deste parâmetro, a PSE foi informada pelo

participante ao final de cada estágio (BORG, 2000). Os participantes foram incentivados a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. Foram utilizados os mesmos critérios de exaustão pré-estabelecidos para o teste de determinação do VO_{2max} .

A V_{pico} foi considerada como a máxima velocidade de corrida atingida durante o teste incremental; caso o participante não concluísse o último estágio iniciado, calculou-se a V_{pico} com base no tempo parcial permanecido no último estágio atingido, a partir da equação proposta por Kuipers et al. (1985):

$$V_{pico} = v_{completo} + t/T * \text{incremento de velocidade}$$

Sendo, $v_{completo}$ = velocidade ($km \cdot h^{-1}$) no último estágio completado;

t = tempo (segundos) permanecido na velocidade do estágio incompleto;

T = tempo total (segundos) estabelecido para o estágio completo;

Incremento de velocidade = taxa de aumento da velocidade em cada estágio ($km \cdot h^{-1}$).

Determinação do tempo limite (t_{lim}) referente à MVA

Para determinação destes parâmetros foram realizados testes em condições laboratoriais na esteira previamente referenciada, com inclinação fixada em 1%. O protocolo para determinação do t_{lim} consistiu em 15 minutos de aquecimento com intensidade equivalente a 60% da MVA, sendo que após este tempo a velocidade foi rapidamente aumentada até atingir 100% da MVA e o participante permaneceu nesta velocidade pelo maior tempo possível sob forte encorajamento verbal (BILLAT et al., 1996a).

Teste de campo: *Performances* de 10 e 15 km

Foram realizados dois testes de campo para verificação das velocidades médias de *performance* dos corredores em provas de 10 e 15 km. Assim como para os testes laboratoriais, foi respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre os testes. As *performances* foram conduzidas em pista oficial de atletismo (400 m) após um período de 10 minutos de aquecimento; sendo computado o tempo de prova para o cálculo da velocidade média.

Análise estatística

Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão (DP). Foi realizado teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados. As comparações foram feitas a partir do teste t para amostras dependentes e para a correlação entre as variáveis do estudo foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson; adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Na tabela 1 encontram-se os resultados das variáveis: MVA ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), duração do protocolo incremental (min), frequência cardíaca máxima (FC_{max}), PSE logo após o fim do teste incremental (PSE_{max}), t_{lim} na MVA (min) e intensidade percentual referente à MVA (%MVA) mantida nas provas de 10 e 15 km. A análise estatística revelou que a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ foi significativamente maior que a V_{pico} , apesar dos participantes terem permanecido mais tempo no protocolo da V_{pico} . Não houve diferenças estatisticamente significantes para a FC_{max} e PSE_{max} demonstrando que os participantes se esforçaram, de maneira semelhante, nos dois testes. Em relação ao t_{lim} , também foi observada diferença entre os dois métodos de modo que o t_{lim} na V_{pico} foi significativamente maior que na $v\text{VO}_{2\text{max}}$. O % $v\text{VO}_{2\text{max}}$ mantido nas *performances* de 10 e 15 km foi significativamente menor que o % V_{pico} mantido na mesma prova, o que é esperado devido à $v\text{VO}_{2\text{max}}$ ter sido maior que a V_{pico} .

Tabela 7.1. Comparação entre os valores médios \pm desvio padrão (DP), diferença absoluta (Dif absoluta), diferença percentual (Dif %) e nível de significância (p) das variáveis máxima velocidade aeróbia (MVA), duração do teste incremental, frequência cardíaca máxima (FC_{max}), percepção subjetiva de esforço ao final do teste (PSE_{max}) e tempo limite (t_{lim}) e intensidade percentual referente à MVA mantida nas provas de 10 e 15 km a partir do protocolo de determinação da $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e da V_{pico} ($n = 21$).

Variáveis	$v\text{VO}_{2\text{max}}$	V_{pico}	Dif absoluta	Dif %	Valor do p
MVA ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$15,5 \pm 1,7^*$	$15,2 \pm 1,4$	$0,4 \pm 0,7$	$2,3 \pm 4,6$	0,033
Duração (min)	$20,7 \pm 4,1^*$	$21,5 \pm 4,2$	$-0,8 \pm 0,9$	$-4,0 \pm 4,3$	<0,001
FC_{max} (bpm)	$183,7 \pm 12,7$	$182,9 \pm 12,9$	$0,9 \pm 4,9$	$0,5 \pm 2,7$	0,431
PSE_{max} (6-20)	$19,4 \pm 0,6$	$19,5 \pm 0,6$	$-0,1 \pm 0,6$	$-0,5 \pm 3,3$	0,493
t_{lim} (min)	$5,4 \pm 2,1^*$	$6,3 \pm 1,4$	$-0,9 \pm 1,7$	$-15,0 \pm 26,8$	0,023
%MVA (10 km)	$76,5 \pm 9,2^*$	$78,1 \pm 8,4$	$-1,6 \pm 3,3$	$-2,15 \pm 4,2$	0,035
%MVA (15 km)	$71,9 \pm 9,1^*$	$73,5 \pm 8,5$	$-1,6 \pm 3,1$	$-2,15 \pm 4,2$	0,034

*p < 0,05 em relação à V_{pico} .

As velocidades médias nas *performances* de 10 e 15 km foram $11,9 \pm 1,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $11,2 \pm 1,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente, apresentando elevada correlação entre si ($r = 0,97$).

Na tabela 2 encontram-se as correlações entre a V_{pico} , $v\text{VO}_{2\text{max}}$, duração dos protocolos incrementais de determinação da V_{pico} e da $v\text{VO}_{2\text{max}}$, t_{lim} na V_{pico} e na $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e $\text{VO}_{2\text{max}}$ com as velocidade médias nas provas de 10 e 15 km. A V_{pico} apresentou correlação com as *performances* de 10 e 15 km maiores que as correlações entre $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e as mesmas provas. Além disso, o t_{lim} na V_{pico} apresentou relação com as *performances* avaliadas, algo que não foi observado para o t_{lim} na $v\text{VO}_{2\text{max}}$. Além disso, o $\text{VO}_{2\text{max}}$ também apresentou relação com a prova de 10 e 15 km.

Tabela 7.2. Correlação entre a V_{pico} , $v\text{VO}_{2\text{max}}$, duração dos protocolos incrementais de determinação da V_{pico} e da $v\text{VO}_{2\text{max}}$, t_{lim} na V_{pico} e na $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e $\text{VO}_{2\text{max}}$ com as velocidades médias nas provas de 10 e 15 km ($n = 21$).

Variáveis	V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$v\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	Dur. V_{pico} (min)	Dur. $v\text{VO}_{2\text{max}}$ (min)	t_{lim} V_{pico} (min)	t_{lim} $v\text{VO}_{2\text{max}}$ (min)	$\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\frac{\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}}{\text{min}}$)
10 km ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	0,77*	0,65*	0,77*	0,78*	-0,44*	-0,21	0,69*
15 km ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	0,75*	0,64*	0,75*	0,76*	-0,45*	-0,20	0,74*
V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	---	0,91*	1,00*	---	-0,16	---	0,82*
$v\text{VO}_{2\text{max}}$ ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	---	---	---	0,92*	---	-0,50*	0,83*
t_{lim} V_{pico} (min)	---	---	-0,16	---	---	0,61*	-0,21
t_{lim} $v\text{VO}_{2\text{max}}$ (min)	---	---	---	-0,22	---	---	-0,32

* $P < 0,05$

Dur. = Duração.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar as correlações entre a V_{pico} e a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ determinada pelo método proposto por Lacour et al. (1990, 1991) e seus respectivos t_{lim} com *performances* em provas de 10 e 15 km.

O principal achado do presente estudo foi que a V_{pico} apresentou correlações mais elevadas com as *performances* de 10 e 15 km do que a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ para os corredores que compuseram a amostra. O t_{lim} na V_{pico} também apresentou correlação estatisticamente significativa com as *performances*, relação que não foi observada entre o t_{lim} na $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e as *performances*. Adicionalmente, na comparação entre o método que fez uso do analisador de gases ($v\text{VO}_{2\text{max}}$) e o protocolo “limpo” (V_{pico}) foram observadas diferenças para a MVA, t_{lim} , duração do teste incremental e %MVA nas provas de 10 e 15 km.

Quanto à relação entre os dois valores referentes à MVA e as *performances*, outros estudos que avaliaram a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ verificaram resultados semelhantes aos do presente estudo (JONES; CARTER, 2000; GRANT et al., 1997; BILLAT et al., 1996a; BILLAT et al., 1994b) assim como para a relação entre a V_{pico} e as *performances* (STRATTON et al., 2009; SCOTT; HOUMARD, 1994; NOAKES, MYBURCH, SCHALL, 1990). Entretanto, McLaughlin et al. (2010) reportaram correlação mais elevada entre a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e o tempo na *performance* de 16 km ($r = -0,97$) comparada à correlação entre a V_{pico} e a mesma *performance* ($r = -0,89$), contrariamente ao observado no presente estudo, em que as correlações entre a V_{pico} e as velocidades médias das *performances* de 10 ($r = 0,77$) e 15 km ($r = 0,75$) foram mais elevadas que as correlações entre a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ e as velocidades médias das *performances* de 10 ($r = 0,65$) e 15 km ($r = 0,64$). É importante ressaltar que McLaughlin et al. (2010) fizeram uso da metodologia proposta por Daniels et al. (1984) para determinação da $v\text{VO}_{2\text{max}}$, na qual esta velocidade é resultado da extrapolação de valores estáveis submáximos de VO_2 e sua relação com a velocidade da esteira.

Para McLaughlin et al. (2010), a $v\text{VO}_{2\text{max}}$ é a “estimativa” da velocidade associada ao $\text{VO}_{2\text{max}}$, enquanto que a V_{pico} é a “medida” dessa mesma velocidade (com a utilização de um protocolo horizontal de corrida). Apesar dos principais determinantes

da V_{pico} ainda não serem conhecidos, Noakes, Myburgh e Schall (1990) acreditam que o $VO_{2\text{max}}$ não seria um deles, pois caso fosse, esse parâmetro apresentaria elevada correlação com a *performance*, da mesma forma que V_{pico} . No presente estudo, o $VO_{2\text{max}}$ se correlacionou com as *performances* de 10 e 15 km, além disso sua relação com a V_{pico} foi elevada. Entretanto, quanto mais elevado é o nível do atleta, menor é a sensibilidade do $VO_{2\text{max}}$ em prever a *performance*, sendo outras variáveis como a EC e a MVA (que contempla o componente de EC) mais importantes para predição da *performance* aeróbia (DAVISON; SOMEREN; JONES, 2009).

A diferença entre a V_{pico} e a $vVO_{2\text{max}}$ e suas diferenças ao se correlacionarem com as *performances* de 10 e 15 km podem ser explicadas devido a utilização da equação que determina a $vVO_{2\text{max}}$ que seria influenciada por variações biológicas diárias que têm impacto sobre o $VO_{2\text{max}}$ e o CR e também pela seleção da velocidade submáxima para o cálculo do CR (HILL; ROWELL, 1996; DI PRAMPERO, 1986).

Isso é exemplificado quando relacionamos a duração do teste da $vVO_{2\text{max}}$ com as *performances* de 10 e 15 km e observamos correlações mais elevadas ($r = 0,781$ e $r = 0,766$) quando comparadas com as correlações entre a própria $vVO_{2\text{max}}$ e as *performances* para as mesmas distâncias ($r = 0,65$ e $r = 0,64$, respectivamente). A V_{pico} , por outro lado, é determinada a partir da duração do teste incremental, portanto, apresentou relação mais elevada com as *performances* avaliadas (10 km $r = 0,77$; 15 km $r = 0,75$).

Até onde temos conhecimento, nenhum estudo avaliou a relação entre o t_{lim} na MVA e a *performance* em provas de 10 e 15 km. Os estudos que determinaram a relação entre o t_{lim} na MVA e a *performance* aeróbia utilizaram para isso as provas de 1,5; 3 e 21,1 km. No presente estudo, observou-se que o t_{lim} na V_{pico} apresentou relação inversa com as *performances* de 10 ($r = -0,44$) e 15 km ($r = -0,45$), relação que não foi observada entre o t_{lim} na $vVO_{2\text{max}}$ e as mesmas provas (10 km $r = -0,21$; 15 km $r = -0,20$). Billat et al. (1994b) avaliaram corredores de alto nível e ao correlacionarem a velocidade média da prova de 21,1 km com o t_{lim} na $vVO_{2\text{max}}$, não foi observada correlação significativa entre as duas variáveis ($r = 0,27$); entretanto, quando apresentada como $\%vVO_{2\text{max}}$, a velocidade média da prova de 21,1 km correlacionou-se positivamente com o t_{lim} na $vVO_{2\text{max}}$ ($r = 0,77$).

Buscando determinar variáveis que pudessem prever a *performance* na prova de 1,5 km, Billat et al. (1996c) avaliaram as variáveis: VO_{2max} , MVA, t_{lim} na MVA, t_{lim} a 110% da MVA, MAOD, custo energético de corrida, V_{LAn} e EC em corredores de ambos os gêneros. Para as mulheres, nenhuma variável avaliada mostrou-se preditora para a *performance* nesta prova específica. Diferentemente, nos homens, a vVO_{2max} , V_{LAn} , t_{lim} a 110% da vVO_{2max} e o CR mostraram-se os principais preditores explicando mais de 95% da variação da velocidade média na prova de 1,5 km.

Em outro estudo, Billat et al. (1994a) correlacionaram o t_{lim} na vVO_{2max} de corredores de alto nível com a *performance* em duas provas de média (3 km) e longa distâncias (21,1 km). Foi observada uma correlação positiva ($r = 0,66$) sem significância estatística entre a velocidade média mantida na prova de 3 km com o t_{lim} dos atletas. Ao expressar a velocidade média da prova de 3 km como $\%vVO_{2max}$, a correlação com o t_{lim} na vVO_{2max} foi de $r = 0,68$, também sem significância estatística. A velocidade média da prova de 21,1 km apresentou correlação positiva e significativa de $r = 0,71$ com o t_{lim} na vVO_{2max} , porém ao ser expressa como $\%vVO_{2max}$ a correlação observada não foi estatisticamente significativa ($r = 0,56$).

A correlação inversa entre o t_{lim} na V_{pico} e as *performances* observada no presente estudo, e a correlação positiva entre o t_{lim} na vVO_{2max} e a *performance* verificada no estudo de Billat et al. (1994a), poderiam ser explicadas pelo diferente nível de *performance* dos atletas. Os corredores avaliados no presente estudo mantiveram velocidade média na prova de 15 km de $11,2 \pm 1,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, enquanto que os atletas avaliados por Billat et al. (1994a) mantiveram velocidade média na prova de 21 km de $18,0 \pm 0,7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Considerando que o t_{lim} na MVA é um indicativo da capacidade anaeróbia do atleta (BILLAT et al., 1994c), parece que em atletas de nível moderado a contribuição da capacidade anaeróbia não é grande; portanto, permanecer mais tempo na MVA não ajudaria a explicar melhores *performances* de 10 e 15 km, contrariamente ao observado no estudo de Billat et al. (1994a) para a *performance* de 21,1 km. Em termos práticos, os resultados encontrados são importantes, pois dão indicativos para a prescrição do treinamento para atletas de níveis intermediários e alto nível, principalmente no que diz respeito às sessões de treinamento para a melhora da capacidade anaeróbia.

O modelo de Monod e Scherrer (1965) foi utilizado por Billat et al. (1994c) para explicar o t_{lim} na vVO_{2max} e seus determinantes. Segundo o modelo, esta variável poderia ser explicada a partir da divisão da capacidade anaeróbia (a) pela subtração da vVO_{2max} e o percentual do VO_{2max} no LAn (indicativo da capacidade aeróbia), conforme demonstrado abaixo:

$$t_{lim} = \text{capacidade anaeróbia (a)} / (vVO_{2max} - \text{percentual do } VO_{2max} \text{ no LAn})$$

De acordo com a fórmula, quanto maior a vVO_{2max} , menor seria seu t_{lim} na vVO_{2max} . Billat et al. (1994c) verificaram essa relação em seu estudo ($r = -0,36$) assim como no presente estudo ($r = -0,50$). Entretanto, se houvesse um aumento da MVA do participante a partir do treinamento, sua capacidade aeróbia provavelmente não permaneceria constante. Além disso, seria mais provável que estudos que observassem aumento da MVA com o treinamento verificassem também redução do t_{lim} na MVA, resultado que não foi observado em estudos prévios (BILLAT et al., 1999; SMITH; MCNAUGHTON; MARSHALL, 1999). Assim, é possível que a alteração na capacidade aeróbia do atleta possa influenciar a relação entre a MVA e o t_{lim} na MVA e explicar a ausência de relação entre o t_{lim} na V_{pico} e a própria V_{pico} .

Em conclusão, a V_{pico} e o t_{lim} na V_{pico} mostraram-se melhores preditores da *performance* em provas de 10 e 15 km que a vVO_{2max} e o t_{lim} na vVO_{2max} . Os resultados demonstrados neste estudo têm importantes implicações práticas, tendo em vista que a V_{pico} pode ser determinada sem a necessidade de equipamentos de custo elevado (analisador de gases) o que pode trazer benefícios para equipes, técnicos e atletas na obtenção de uma informação que encontra-se diretamente relacionada aos resultados das *performances* de corredores em provas de média e longa distâncias.

Referências Bibliográficas

Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO_{2max} with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc.* 1996c; 28(8): 1049-55.

Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Time to exhaustion at VO_{2max} and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Arch Int Physiol Biochim Biophys.* 1994b; 102: 215-9.

Billat V, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, Faccini P, Angelis M, Koralsztein J, Dalmonte A. A comparison of time to exhaustion at VO_{2max} in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics.* 1996b; 39(2): 267-77.

Billat V, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein J. Interval training at VO_{2max}: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(1): 156-63.

Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem.* 1996a. 104(3): 313-21.

Billat VL, Koralsztein JP. Significance of the velocity at VO_{2max}, and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 1996; 22: 90-108.

Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Reproducibility of running time to exhaustion at VO_{2max} in subelite runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1994a; 26(2): 254-7.

Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Times to exhaustion at 100% of velocity at VO_{2max} and modeling of the time-limit / velocity relationship in elite long-distance runners. *Eur J Appl Physiol.* 1994c; 69: 271-3.

Borg GAV. Escalas para dor e esforço percebido. São Paulo: Manole, 2000.

Bragada JA, Santos PJ, Maia JA, et al. Longitudinal study in 3000 m male runners: relationship between performance and selected physiological parameters. *J Sports Sci Med.* 2010; 9: 439-44.

Daniels J, Scardina N, Hayes J, Foley P. Elite and subelite female middle- and long-distance runners. In: Sport and Elite Performers, Landers, D.M. ed. Champaign, Human Kinetics, 1984.

Davison RR, Someren KAV, Jones AM. Physiological monitoring of the Olympic athlete. *J Sports Sci.* 2009; 27(13): 1433-42.

di Prampero PE. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med.* 1986; 7: 55-72.

Grant S, Craig I, Wilson J, Aitchison T. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *J Sports Sci.* 1997; 15: 403-10. v. 15, p. 403-410, 1997.

Houmard JA, Craib MW, O'brien KF, Smith LL, Israel RG, Wheeler WS. Peak running velocity, submaximal energy expenditure, VO_{2max} , and 8 km distance running performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 1991; 31(3): 345-50.

Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000; 29: 373-386.

Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, et al. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. *Int J Sports Med.* 1985; 6: 197-201.

Lacour JR, Padilla S, Barthelemy JC, et al. The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol.* 1990; 60: 38-43.

Lacour JR, Padilla S, Chatard JC, et al. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol.* 1991; 62: 77-82.

Machado FA, Guglielmo LGA, Denadai BS. Velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio em meninos de 10 a 15 anos. *Rev Bras Med Esporte.* 2002; 8(1): 1-6.

Machado FA, Guglielmo LGA, Denadai BS. Effect of the chronological age and sexual maturation on the time to exhaustion at maximal aerobic speed. *Biol Sport*. 2007; 24; 21-30.

Mclaughlin JE, Howley ET, Bassett Jr DR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of classic model for predicting endurance running performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42(5): 991-7.

Monod H, Scherrer J. The work capacity of synergy muscular groups. *Ergonomics*. 1965; 8: 329-38.

Noakes TD, Myburgh KH; Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO_{2max} test predicts running performance. *J Sports Sci*. 1990; 8: 35-45.

Scott BK, Houmard JA. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *Int J Sports Med*. 1994; 15: 504-7.

Smith TP, Mcnaughton LR, Marshall KJ. Effects of 4-wk training using V_{max}/T_{max} on VO_{2max} and performance in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1999; 31(6): 892-6.

Stratton E, O'brien BJ, Harvey J, Blitvich J, Mcnicol AJ, Janissen D, Paton C, Knez W. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. *Int J Sports Med*. 2009; 30: 40-5.

Tanaka K, Mimura K, Kim HS, et al. Prerequisites in distance running performance of female runners. *Ann Physiol Anthropol*. 1989; 8(2):79-87.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001; 37:153-156.

8 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados no presente estudo conclui-se que:

a) Os dois métodos utilizados para determinação da MVA (vVO_{2max} e V_{pico}) apresentaram diferenças para esta variável e, conseqüentemente, para o seu respectivo t_{lim} . Apesar de apresentar respostas semelhantes em relação à FC_{max} e PSE_{max} , a vVO_{2max} superestimou em até $1,75 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a V_{pico} , a duração do protocolo para determinação da vVO_{2max} subestimou a duração do protocolo incremental de determinação da V_{pico} em até 2,48 minutos e o t_{lim} na vVO_{2max} subestimou o t_{lim} na V_{pico} em até 4,25 minutos.

b) A V_{pico} apresentou correlações mais elevadas com as *performances* de 10 e 15 km do que a vVO_{2max} . O t_{lim} na V_{pico} também apresentou correlação estatisticamente significativa com as *performances*, relação que não foi observada entre o t_{lim} na vVO_{2max} e as *performances*.

Sendo assim, a V_{pico} e o t_{lim} na V_{pico} mostraram-se melhores preditores da *performance* em provas de 10 e 15 km que a vVO_{2max} e o t_{lim} na vVO_{2max} .

REFERÊNCIAS

Almarwaey OA, Jones AM, Tolfrey K. Physiological Correlates with Endurance Running Performance in Trained Adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(3): 480-487.

Anderson O. To optimize your performance, train "A la Veronique". *Running Res.* 1994; 12: 1-3.

Astrand PO. Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen: Munksgaard, 1952.

Aunola S, Alanen E, Marniemi J, Rusko H. The relation between cycling time to exhaustion to anaerobic threshold. *Ergonomics.* v. 33, p. 1027-42, 1990.

Balke B. A simple field test for the assessment of physical fitness. Civil Aeromedical Research Institute Report 63-18. Oklahoma City (OK): Federal Aviation Agency, 1963.

Bernard O, Quattara S, Maddio F, Jimenez C, Charpenet A, Melin B, Bittel J. Determination of the velocity associated with VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(2): 464-70.

Berthoin S, Manteca F, Gerbeaux M, Lenseil-Corbeil G. Effect of a 12-week training programme on Maximal aerobic speed (MAS) and running time to exhaustion at 100% of MAS for students aged 14 to 17 years. *J Sports Med Phys Fitness.* 1995; 35: 251-6.

Billat V. Can physiology help in training to improve sport performance? Significance of the velocity at VO_{2max} and time to exhaustion at this velocity. *Med Sport.* 1998; 51: 247-50.

Billat V. Course de fond et performance. Editions Chiron, Paris, p. 103-242, 1991.

Billat V. Determination d'une puissance critique aerobie par l'evolution de la lactatemie en regime continu d'exercice musculaire. *Sci Motricite.* 1992; 16: 3-11.

Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO_{2max} with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc.* 1996c; 28(8): 1049-55.

Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Time to exhaustion at VO_{2max} and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Arch Int Physiol Biochem Biophys.* 1994b. 102: 215-9.

Billat V, Binsse V, Petit B, Koralsztein J. High level runners are able to maintain a VO_2 steady-state below VO_{2max} in all-out run over their critical velocity. *Arch Physiol Biochem.* v. 1998; 106(1): 38-45.

Billat V, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, Faccini P, Angelis M, Koralsztein JP, Dalmonte A. A comparison of time to exhaustion at VO_{2max} in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics.* 1996b; 39(2): 267-77.

Billat V, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein J. Interval training at VO_{2max} : effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(1): 156-63.

Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem.* 1996; 104(3): 313-21.

Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Reproducibility of running time to exhaustion at VO_{2max} in subelite runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1994a. 26(2): 254-7.

Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Times to exhaustion at 100% of velocity at VO_{2max} and modeling of the time-limit / velocity relationship in elite long-distance runners. *Eur J Appl Physiol.* 1994c; 69: 271-3.

Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Times to exhaustion at 90, 100 and 105% of velocity at VO_{2max} (maximal aerobic speed) and critical speed in elite long-distance runners. *Arch Physiol Biochem.* 1995a; 103(2): 129-35.

Billat V, Renoux J, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein J. Hypoxemie et temps limite a la vitesse aerobie maximale chez des coureurs de fond. *Can J Appl Physiol.* 1995b; 20(1): 102-11.

Billat VL, Koralsztein JP. Significance of the velocity at VO_{2max} , and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 1996; 22: 90-108.

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1: 307-10.

Borg GAV. Escalas para dor e esforço percebido. São Paulo: Manole, 2000.

Buchheit M, Chivot A, Parouty J. et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108: 1153-67.

Cooper KH. A mean of assessing maximal oxygen intake. *JAMA.* 1968; 203: 201-4.

Daniels J, Scardina N, Hayes J, Foley P. Elite and subelite female middle- and long-distance runners. In: *Sport and Elite Performers*, Landers, D.M. ed. Champaign, Human Kinetics, 1984.

di Prampero PE. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med.* 1986; 7: 55-72.

Faina M, Billat V, Squadrone R, Angelis M, Koralsztein J, Dalmonte A. Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakists and swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 1997; 76: 13-20.

Gazeau F, Koralsztein J, Billat V. Biomechanical events in the time to exhaustion at maximum aerobic speed. *Arch Physiol Biochem.* 1997; 105(6): 583-90.

Gleser MA, Vogel JA. Endurance capacity for prolonged exercise on the bicycle ergometer. *J Appl Physiol.* 1973; 34: 438-42.

Grant S, Craig I, Wilson J, Aitchison T. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *J Sports Sci.* 1997; 15: 403-10.

Hill DW, Rowell AL. Running velocity at VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28(1): 114-9.

Hill DW, Rowell AL. Responses to exercise at the velocity associated with VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29(1): 113-6.

Hill DW, Williams CS, Burt SE. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with VO_{2max} . *Int J Sports Med.* 1997; 325-9.

Houmard JA, Craib MW, O'brien KF, Smith LL, Israel RG, Wheeler WS. Peak running velocity, submaximal energy expenditure, VO_{2max} , and 8 km distance running performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 1991; 31(3): 345-50.

Issekutz B, Birkhead NC, Rodahl K. Use of respiratory quotients in assessment of aerobic work capacity. *J Appl Physiol.* 1962; 17: 47-50.

Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978; 40: 497-504.

Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000; 29: 373-86.

Jones AM, Doust JH. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci.* 1996; 14: 321-7.

Kachouri M, Vandewalle H, Billat V, Huet M, Thomaidis M, Jousselin, Monod H. Is the exhaustion time at maximal aerobic speed an index of aerobic endurance? *Arch Physiol Biochem.* 1996; 104(3).

Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med.* 2003; 24: 486-91.

Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, et al. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. *Int J Sports Med.* 1985; 6: 197-201.

Lacour JR, Montmayeur A, Dormois D, et al. Validation of the UMTT test in a group of elite middle-distance runners. *Sci Motricite*. 1989; 7: 3-8.

Lacour JR, Padilla S, Barthelemy JC, et al. The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol*. 1990; 60: 38-43.

Lacour JR, Padilla S, Chatard JC, et al. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol*. 1991; 62: 77-82.

Lavoie NF, Mercier TH. Incremental and constant load determinations of VO_{2max} and maximal constant load performance time. *Can J Appl Physiol*. 1987; 12: 229-32.

Le Chevallier, JM, Vandewalle H, Chatard JC, Moreaux A, Gandrieu V, Besson F, Monod H. Relationship between the 4mMol running velocity, the time-distance relationship and the Leger-Boucher's test. *Arch Int Physiol Biochem*. 1989; 97: 355-60.

Lee J, Basset Jr DR, Thompson DL. et al. Validation of the Cosmed Fitmate for prediction of maximal oxygen consumption. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(9): 2573-9.

Leger L, Boucher M. An indirect continuous running multistage field test, the University of Montreal track test. *Can J Appl Sports Sci*. 1980; 5: 77-84.

Machado FA, et al. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests. *J Sci Med Sport* 2012; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.08.003>.

Machado FA, Guglielmo LGA, Denadai BS. Velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio em meninos de 10 a 15 anos. *Rev Bras Med Esporte*, 2002; 8(1): 1-6.

Machado FA, Guglielmo LGA, Denadai BS. Effect of the chronological age and sexual maturation on the time to exhaustion at maximal aerobic speed. *Biol Sport*. 2007; 24: 21-30.

Mclaughlin JE, Howley ET, Bassett Jr DR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of classic model for predicting endurance running performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42(5): 991-7.

McLellan TM, Skinner JS. Submaximal endurance performance related to the ventilation thresholds. *Can J Appl Sports Sci.* 1985; 10(2): 81-7.

Medbo JI, Mohn AC, Tabata I. Anaerobic capacity determined by accumulated O₂ deficit. *J Appl Physiol.* 1988; 64: 50-60.

Medbo JI, Tabata I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1990; 67: 1881-6.

Midgley AW, Mcnaughton LR. Time at or near VO_{2max} during continuous and intermittent running. A review with special reference to considerations for the optimisation of training protocols to elicit the longest time at or near VO_{2max}. *J Sports Med Phys Fitness.* 2006; 46(1): 1-14.

Midgley AW, Mcnaughton LR, Carroll S. Physiological determinants of time to exhaustion during intermittent treadmill running at vVO_{2max}. *Int J Sports Med.* 2007; 28: 273-80.

Monod H, Scherrer J. The work capacity of synergy muscular groups. *Ergonomics.* 1965; 8: 329-38.

Morgan DW, Martin PE, Kohrt WM. Relationship between distance-running performance and velocity at VO_{2max} in well-trained runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1986; 18: 537.

Morgan DW, Baldini FD, Martin PE, et al. Ten kilometer performance and predicted velocity at VO_{2max} among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1989; 21(1): 78-83.

Moritani T, Nagata A, De Vries HA, Muro M. Critical Power as a measure of physical working capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics.* 1981; 24:339-50.

Murray T, Eldridge J, Zinkgraf S, et al. Correlates of success in distance running performance: comparison of collegiate vs. elite runners (abstract). *Med Sci Sports Exerc.* 1987; 19: 47.

Nieman DC, Austin MD, Benezra L, et al. Validation of Cosmed's fitmate in measuring oxygen consumption and estimating resting metabolic rate. *Res Sports Med.* 2006; 14: 89-96.

Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20: 319-30.

Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO_{2max} test predicts running performance. *J Sports Sci.* 1990; 8: 35-45.

Padilla S, Bourdin M, Barthelemy JC, Lacour JR. Physiological correlates of middle-distance running performance. *Eur J Appl Physiol.* 1992; 65: 561-6.

Peronnet F, Thibault G. Analyse physiologique de la performance en course a pied: Revision du modele hyperbolique. *J Physiol.* 1987; 82: 52-60.

Peronnet F, Thibault G, Rhodes EC, Mckenzie DC. Correlation between ventilator threshold and endurance capability in marathon runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1987; 6: 610-5.

Poole DC, Ward SA, Gardner GW, Whipp BJ. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics.* 1988; 31: 1265-79.

Renoux JC, Petit B, Billat V, Koralsztein J. Oxygen deficit is related to the exercise time to exhaustion at maximal aerobic speed in middle distance runners. *Arch Physiol Biochem.* 1999; 107(4): 280-5.

Robinson DM, Robinson SM, Hume PA, Hopkins WG. Training intensity of elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1991; 23: 1078-82.

Saunders PU, Cox AJ, Hopkins WG, Pyne DB. Physiological measures tracking seasonal changes in peak running speed. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010; 5: 230-8.

Scott BK, Houmard JA. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *Int J Sports Med.* 1994; 15: 504-7.

Scrimgeour AG, Noakes TD, Adams B. et al. The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *Eur J Appl Physiol.* 1986; 55: 202-9.

Siri WE. Techniques for measuring body composition. Washington (DC): National Academy Press; 1961.

Smith TP, Mcnaughton LR, Marshall KJ. Effects of 4-wk training using V_{\max}/T_{\max} on $VO_{2\max}$ and performance in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(6): 892-6.

Stratton E, O'brien BJ, Harvey J, Blitvich J, Mcnicol AJ, Janissen D, Paton C, Knez W. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. *Int J Sports Med.* 2009; 30: 40-5.

Tanaka K, Mimura K, Kim HS, et al. Prerequisites in distance running performance of female runners. *Ann Physiol Anthropol.* 1989; 8(2):79-87.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001; 37:153-156.

Volkov NI, Shirkovets EA, Borilkevich VE, et al. Assessment of aerobic and anaerobic capacity of athletes in treadmill running tests. *Eur J Appl Physiol.* 1975; 34: 121-30.

ANEXOS



ANEXO I - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Caro (a) atleta/participante

Gostaríamos de convidá-lo a participar como voluntário do estudo de dissertação de mestrado “COMPARAÇÃO ENTRE A MÁXIMA VELOCIDADE AERÓBIA E SEU RESPECTIVO TEMPO DE EXAUSTÃO DETERMINADO POR DIFERENTES MÉTODOS E SUA RELAÇÃO COM A PERFORMANCE DE CORREDORES FUNDISTAS”, desenvolvido por mim e orientado pela professora Dra. Fabiana Andrade Machado. O referido projeto encontra-se vinculado ao projeto de pesquisa nº 9433/2010. Procederemos a aplicação de testes físicos e laboratoriais para determinação de variáveis relacionadas à performance. Tais testes visam pesquisar alguns parâmetros fisiológicos que possibilitem aumentar o conhecimento de suas respostas em praticantes de corrida sendo os resultados utilizados como parâmetros para determinação da intensidade adequada de treinamento, predição de performance, indicativos do estado saudável e parâmetros para acompanhamento longitudinal da prática de exercícios físicos e esporte.

Local de realização dos testes

Os testes de laboratório e demais procedimentos serão realizados no Laboratório de Fisiologia do Esforço (LABFISE – UEM, Bloco H-79 Sala 107) junto ao Departamento de Ciências Fisiológicas da Universidade Estadual de Maringá (DFS/UEM). Os testes de campo ocorrerão na pista de atletismo do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Maringá (DEF/UEM) e serão realizados em datas previamente agendadas devendo os participantes comparecerem devidamente alimentados e preparados para tal.

Procedimentos dos testes

Inicialmente, serão aferidas medidas antropométricas referentes à massa corporal, estatura e percentual de gordura corporal. Serão conduzidos quatro testes em laboratório, sendo dois incrementais e dois constantes.

1) Os testes laboratoriais serão realizados em esteira rolante (INBRAMED Super ATL, Porto Alegre-BR).

1.1) Para os testes incrementais de determinação da velocidade de pico e da velocidade referente ao consumo máximo de oxigênio, respectivamente, haverá um aquecimento prévio de três minutos a sete km/h, iniciando o protocolo a uma velocidade de nove km/h com incrementos de um km/h a cada três minutos, sendo mantida uma inclinação constante durante todo o teste equivalente a 1%. Os testes serão mantidos até a exaustão dos participantes, que serão encorajados verbalmente a se manterem em exercício pelo maior tempo possível.

1.2) Para a determinação do tempo limite em cada velocidade obtida pelos testes incrementais, serão realizados mais dois testes onde o indivíduo deverá permanecer correndo pelo maior tempo possível até que entre em exaustão.

2) Para determinação da performance dos atletas, serão realizados, após o aquecimento habitual, provas simuladas de 10km e 15km em pista de atletismo de 400 metros. Os sujeitos serão instruídos a correr na maior velocidade possível por toda distância, sendo encorajados verbalmente ao longo da prova. Os tempos serão registrados por meio de um cronômetro manual para cálculo da velocidade média das duas performances.

Durante os testes será monitorada a frequência cardíaca por meio do monitor cardíaco Polar RS800, e os atletas serão instruídos a indicar o valor correspondente à tabela de percepção subjetiva de esforço (BORG, 2000).

Divulgação dos resultados obtidos

Os atletas, bem como seus técnicos, tomarão conhecimento de todos os resultados obtidos no trabalho. Todos os dados advindos da pesquisa serão de propriedade do pesquisador e serão divulgados em congressos e revistas de caráter científico pertinentes a área de aplicação na forma de artigos, para tanto, sempre se resguardará a identidade dos atletas/participantes não havendo nenhum outro interesse que não o científico na divulgação dos resultados.

Para tanto, necessitamos do consentimento dos senhores tanto para a realização dos testes quanto para que os dados obtidos possam ser divulgados na literatura científica da área.

Informamos que a participação é totalmente voluntária, com plena liberdade para negarem o consentimento ou retirarem-se do estudo a qualquer momento. Também informamos que os participantes não receberão nenhuma forma de pagamento por participarem como sujeitos nos testes.

Responsabilidade sobre os procedimentos experimentais

Os responsáveis pelos testes comprometem-se em realizá-los dentro dos padrões e normas de segurança, mostrando-se conhecedores dos procedimentos a serem realizados. Os possíveis desconfortos sentidos após a realização dos testes (como: cansaço, posterior dor muscular, transpiração, etc) serão semelhantes aos sentidos pelos senhores durante as sessões de treino de rotina.

Qualquer pergunta ou dúvidas em relação aos procedimentos utilizados no projeto deverão ser dirigidas aos responsáveis pela realização dos mesmos que estarão sempre à disposição para maiores esclarecimentos: Prof. Danilo Fernandes da Silva Tel. (44) 9823-7927; Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado; end: DEF – UEM, Bloco M06 sala 06 Tel. (44) 8834-4038. Dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa poderão ser esclarecidas pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM; end: Universidade Estadual de Maringá – Av. Colombo 5790, Campus Sede da UEM. Bloco da Biblioteca Central (BCE) Tel (44) 3261 – 4444. E-mail: copep@uem.br

Eu, _____, portador do documento de identidade nº _____, após ter lido, entendido e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo, CONCORDO VOLUNTARIAMENTE em participar como sujeito do projeto autorizando a realização de todos os procedimentos e consentindo com a posterior divulgação científica dos dados obtidos.

Data:

Assinatura do (a) atleta/participante

Danilo Fernandes da Silva

Prof. Dra. Fabiana Andrade Machado

ANEXO II: Parecer do COPEP



Fundação Universidade Estadual de Maringá
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos

CAAE Nº. 0387.0.093.000-11

PARECER Nº. 539/2011

Pesquisador(a) Responsável: Fabiana Andrade Machado
Centro/Departamento: CCS / Departamento de Educação Física
Título do projeto: Comparação entre a máxima velocidade aeróbia e seu respectivo tempo de exaustão determinado por diferentes métodos e sua relação com a performance de corredores fundistas
<p>Considerações:</p> <p>O projeto tem como objetivo geral determinar a velocidade aeróbia máxima ($V_{a_{max}}$) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) a partir do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e da velocidade de pico (V_{pico}) e relacioná-los com a performance de 10 e 15 km em corredores fundistas, e como objetivos específicos: verificar e comparar a $V_{a_{max}}$ de corredores fundistas a partir do VO_{2max} e da V_{pico}; verificar e comparar o t_{lim} de corredores fundistas na VO_{2max} e na V_{pico}; correlacionar as $V_{a_{max}}$ e seus respectivos t_{lim} com performance de 10 e 15km em corredores fundistas.</p> <p>A metodologia prevê a participação de 30 voluntários do sexo masculino com idade entre 30 e 40 anos e experiência com corrida superior a seis meses. Esses participantes serão analisados concomitantemente com atividade física pré-determinada utilizando: esteira ergométrica automática com comando programável, analisador de gases, balança, estadiômetro, fita antropométrica, compasso de dobras cutâneas, cronômetro e frequencímetro.</p> <p>O cronograma de execução foi apresentado, prevendo uma duração total do estudo de 18 meses, com precisão para o encaminhamento e aprovação pelo COPEP no segundo mês. O orçamento do estudo é de R\$ 150,00, segue com informação de que será subsidiada pelos pesquisadores.</p> <p>No projeto é apresentado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dirigido aos participantes da pesquisa, convidando-os para participar do projeto, em duas páginas numeradas, com uma minuciosa descrição dos procedimentos previstos no projeto, esclarecendo que a participação é voluntária, podendo os participantes recusar-se ou desistir de participar a qualquer momento sem ônus ou prejuízo, sendo garantido o sigilo e confidencialidade. Informa que “os responsáveis pelos testes comprometem-se em realizá-los dentro dos padrões e normas de segurança”, e que “os possíveis desconfortos sentidos após a realização dos testes (como: cansaço, posterior dor muscular, transpiração, etc) serão semelhantes aos sentidos pelos senhores durante as sessões de treino de rotina”.</p> <p>Em anexo são apresentadas ficha individual de identificação (Anamnese) com informações pessoais, sobre práticas esportivas e estado de saúde; autorização para utilizar a Pista de Atletismo da UEM, assinada pelo Prof. Luiz Silva Santos, Chefe do Departamento de Educação Física; autorização para utilizar o Laboratório de Fisiologia do Esforço (LABFISE), assinada pelo Prof. Marta Franzoi de Moraes, Coordenadora do LABFISE e pela Profª. Montserrat Diaz Pedrosa Furlan, Chefe do Departamento de Ciências Fisiológica.</p> <p>Parecer: Diante do exposto somos de parecer FAVORÁVEL a aprovação do projeto.</p>
Com relação à aplicação do TCLE, conforme instrução operacional do sistema CEP/CONEP, datada de 21/03/2011, os pesquisadores deverão fazer constar, além das assinaturas de ambos (pesquisador e sujeito da pesquisa) nos campos específicos da última página, a rubrica, também de ambos, em todas as folhas do documento (TCLE).
Situação: APROVADO
CONEP: (X) para registro () para análise e parecer Data: 30/09/2011. .../...

Campus Universitário – Avenida Colombo, 5790, Térreo da BCE (1ª sala à esquerda)
CEP: 87020-900 – Maringá – PR, Fone: (44) 3011-4444.

APÊNDICE

Apêndice I – Ficha de Identificação (Anamnese)

Nome:

Data de nascimento:

Idade:

Telefone para contato:

Em caso de emergência avisar:

- 1) Participa das aulas de Educação Física Escolar? () Sim () Não
- 2) Pratica exercícios físicos fora das aulas de Educação Física? () Sim () Não
Se a resposta foi "Sim", quais e quantas vezes/horas por semana?
- 3) Tem algum problema de saúde? () Sim () Não
Se sim, qual?
- 4) Toma algum medicamento? () Sim () Não
Se sim, qual e para quê?
- 5) Tem problemas de coração (cardíacos) ou possui casos na família?
() Sim () Não
Se a resposta foi sim, qual?
- 6) Tem diabetes ou possui casos na família? () Sim () Não
- 7) Tem problemas respiratórios (asma, bronquite) ou possui casos na família?
Se sim, qual?
- 8) Sente dores de cabeça, dores no peito ou em outras partes do corpo?
Se sim, em qual região do corpo?
- 9) Sente falta de ar quando pratica algum tipo de exercício? () Sim () Não
- 10) Sente tonturas, vertigens? () Sim () Não
- 11) Tem ou já teve problemas de desmaio ou convulsões? () Sim () Não
- 12) Já fez alguma cirurgia? () Sim () Não
Se a resposta for sim, qual cirurgia?
- 13) Já foi hospitalizado? () Sim () Não
- 14) Já sofreu alguma fratura? () Sim () Não
- 15) Se sim, especifique o local da fratura.

As próximas informações devem ser referentes ao treinamento de corrida.

- 16) Quantas vezes treina por semana?
- 17) Quantos quilômetros corre por semana?
- 18) Quantos quilômetros corre por treino?
- 19) Como são os treinos? Corre em qual velocidade? Como controla a intensidade?
- 20) Qual o melhor tempo já obtido em provas de 3 e 5km?
- 21) Qual o melhor tempo obtido nos últimos 3 meses em provas de 3 e 5km?
- 22) Há algum outro detalhe da sua performance/treino que gostaria de relatar?