


Artigo original

Leonardo Gonçalves Ribeiro^{1,2,3}
 Tony Meireles dos Santos^{3,4}
 Jorge Roberto Perrout de Lima⁵
 Jefferson da Silva Novaes^{2,6}

DETERMINANTES DO TEMPO LIMITE NA VELOCIDADE CORRESPONDENTE A $VO_{2MÁX}$ EM INDIVÍDUOS FISICAMENTE ATIVOS

DETERMINANTS OF TIME LIMIT AT VELOCITY CORRESPONDING TO VO_{2MAX} IN PHYSICALLY ACTIVE INDIVIDUALS

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi determinar a relação do tempo limite (T_{lim}) na velocidade do $VO_{2Máx}$ ($V_{VO2Máx}$) com as variáveis $VO_{2Máx}$, $V_{VO2Máx}$, economia de corrida (EC), limiar ventilatório (LV), força isotônica (determinada pelo teste de 9-10 RM), velocidade no teste máximo de corrida anaeróbica (V_{MART}), impulsão vertical e percentual de gordura (%G). A amostra foi composta por 18 voluntários do sexo masculino, com idade entre 18 e 45 anos, não atletas, regularmente ativos. O estudo foi realizado em cinco visitas, em dias não consecutivos e aproximadamente no mesmo horário, compostas de: visita 1 - assinatura do termo de consentimento, anamnese, avaliação antropométrica, teste de potência aeróbia e familiarização ao teste de T_{lim} ; visita 2 - teste de EC e teste de T_{lim} ; visita 3 - familiarização ao teste de V_{MART} ; visita 4 - familiarização aos testes de impulsão vertical e 9-10 RM e teste de V_{MART} ; visita 5 - testes de impulsão vertical e 9-10 RM. Foram observadas correlações baixas ($r = 0,220$ a $-0,359$) e não significativas ($p = 0,281$ a $0,935$) entre T_{lim} e as diversas variáveis selecionadas, o que caracteriza uma baixa qualidade preditiva para o T_{lim} na amostra estudada. Neste sentido e tendo em vista a considerável variabilidade inter-indivíduos do T_{lim} , não foi encontrada uma variável que pudesse prevê-lo satisfatoriamente.

Palavras-chave: Resistência física; Corrida; Consumo de oxigênio; Composição corporal; Força muscular.

ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the relationship between time limit (T_{lim}) at $VO_{2Máx}$ velocity ($V_{VO2Máx}$) and the variables $VO_{2Máx}$, $V_{VO2Máx}$, running economy (RE), ventilatory threshold (VT), strength test (9-10 maximum repetitions), velocity at maximal anaerobic running test (V_{MART}), vertical jump test and body fat percentage. The sample was composed of 18 male volunteers, aged between 18 and 45 years old, non-athletes, but physically active. The study was carried out during five visits, on non-consecutive days and at approximately the same time each day: visit 1 - signature of informed consent form, medical history, anthropometric assessment, aerobic power test and familiarization with T_{lim} test; visit 2 - RE test and T_{lim} test; visit 3 - familiarization with V_{MART} test; visit 4 - familiarization with vertical jump and 9-10 maximum repetition tests and V_{MART} test; visit 5 - vertical jump and 9-10 maximum repetition tests. Low ($r = 0.220$ to -0.359) and non-significant correlations ($p = 0.281$ to 0.935) were observed between T_{lim} and the selected variables, characterizing the low predictive value of T_{lim} for the sample studied. Thus, and because of the considerable inter-individual variability in T_{lim} , no variable was identified that was capable of satisfactorily predicting T_{lim} .

Key words: Physical resistance; Running; Oxygen consumption; Body composition; Muscular strength.

1 Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciência da Motricidade Humana (UCB/RJ)

2 Laboratório de Biociências da Motricidade Humana – LABIMH (UCB/RJ)

3 Pro Health & Performance (RJ)

4 Crossbridges (UGF/RJ);

5 Universidade Federal de Juiz de Fora

6 Universidade Federal do Rio de Janeiro

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos parâmetros que compõem o desempenho aeróbio, pode-se destacar a endurance aeróbia como a habilidade de persistir ou continuar uma tarefa que necessite mobilizar grandes grupos musculares por um longo tempo, usualmente, próximo do seu limite máximo¹. Acreditou-se durante muito tempo que a endurance aeróbia estava exclusivamente ligada a fatores relacionados ao consumo de oxigênio, destacando-se a potência aeróbia máxima ($VO_{2Máx}$), a economia de corrida (EC) e os limiares metabólicos². Contudo, a partir das argumentações de Noakes³, outras variáveis com características neuromusculares e não-aeróbias foram associadas à endurance aeróbia, como a força e a potência muscular, a potência não-aeróbia e as propriedades elásticas da musculatura⁴.

Assim sendo, diversos testes vêm sendo utilizados a fim de avaliar a participação do componente não-aeróbio no desempenho de corrida em provas de meia e longa distâncias. Por exemplo, o teste de impulsão vertical é representativo da potência não-aeróbia alática, e é determinado pelo produto entre a força e a velocidade gerada pela musculatura de membros inferiores. Por outro lado, o MART (sigla do termo em inglês *maximal anaerobic running test*) pode ser utilizado para determinar os componentes neuromuscular e metabólico do desempenho não-aeróbio máximo. Os mesmos autores demonstraram ser esse teste confiável e com uma participação média do metabolismo não-aeróbio em torno de 68 %, sendo também, uma medida válida a fim de determinar a capacidade não-aeróbia láctica e alática durante a corrida em esteira⁵.

Finalmente, a composição corporal, em conjunto com outras variáveis aeróbias, não-aeróbias e neuromusculares, poderia explicar a diferença no desempenho em um grupo com características antropométricas e somatótípicas pouco similares. Nesse sentido, indivíduos com somatótipos predominantemente

ectomorfos poderiam ser consideravelmente favorecidos em seu desempenho e, dentre as possíveis explicações para um melhor desempenho, pode-se destacar uma menor força de reação do solo⁶ e uma menor quantidade de calor gerada⁷ por indivíduos mais leves.

Diversas estratégias estão disponíveis para quantificar o desempenho aeróbio. Além da tradicional utilização de testes que poderiam mensurar variáveis correlatas à endurance aeróbia (ex.: $VO_{2Máx}$, economia de movimento e limiares metabólicos), diferentes métodos têm sido empregados com o intuito de mensurá-la a partir do desempenho, onde a distância (ex.: teste de 3200 m), o tempo (ex.: teste de 12 min) ou a potência são pré-estabelecidos. Neste último, denominado de tempo limite (T_{lim}), o indivíduo deve suportar uma potência constante até o limite da fadiga⁸. De acordo com Billat *et al.*⁹ e Hill e Rowell¹⁰, este teste, quando realizado a uma velocidade correspondente à $VO_{2máx}$ ($V_{VO2máx}$), doravante denominado $T_{lim} V_{VO2máx}$, está associado a uma grande variabilidade inter-indivíduos (coeficiente de variação (CV) = 34 e 21 %, respectivamente). Assim, considera-se um objeto de estudo interessante, determinar se esta variação no $T_{lim} V_{VO2Máx}$ pode ser explicada devido a diferenças em componentes de origem cardiorespiratória, neuromuscular e/ou composição corporal. Com base nessas informações, rotinas de treinamento poderiam ser investigadas para maximizar a capacidade de desempenho em atividades semelhantes às aqui investigadas.

Desta forma, apesar da existência de diversos artigos que buscam explicar a influência de diversas variáveis sobre o $T_{lim} V_{VO2máx}$ em grupos de atletas^{9,10,11,12}, continua sendo uma lacuna importante determinar, em um grupo de adultos fisicamente ativos, a contribuição das variáveis de origem cardiorespiratória, neuromuscular e composição corporal consideradas de forma integrada. Assim sendo, o objetivo do presente estudo foi determinar a relação entre $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e as

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis do estudo (n = 18).

Variável	Tendência Central	Dispersão	Intervalo de Confiança (95 %)	Coefficiente de Variação (%)	Shapiro-Wilk (p-valor)
Idade* (anos)	25,5	4,5	23,0 - 29,0	28,6	0,000
Estatura (cm)	175,4	10,1	170,4 - 180,4	5,8	0,318
Massa (kg)	74,1	12,9	67,6 - 80,4	17,4	0,747
Percentual de Gordura (%)	9,9	4,1	7,8 - 11,9	41,6	0,689
$VO_{2Máx}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	48,4	5,5	45,6 - 51,1	11,3	0,539
$V_{VO2Máx}$ * (km.h ⁻¹)	14,0	0,9	13,0 - 15,0	9,8	0,003
EC (mL.kg ⁻¹ .m ⁻¹)	0,200	0,020	0,190 - 0,209	10,0	0,217
Limiar Ventilatório* (km.h ⁻¹)	10,0	0,60	10,0 - 11,0	9,4	0,002
9-10 RM no <i>leg press</i> (kg)	259,6	65,5	227,0 - 292,1	25,2	0,602
Potência de salto (watts)	3535,5	738,3	3168,2 - 3902,5	20,9	0,373
V_{MART} (km. h ⁻¹)	18,9	1,4	18,1 - 19,5	7,5	0,637
$T_{lim} V_{VO2Máx}$ (min)	6,67	1,24	6,04 - 7,28	18,6	0,934

Tendência central (média/mediana); dispersão (desvio padrão/desvio absoluto médio baseado na mediana); intervalo de confiança (para a média/para a mediana); coeficiente de variação (baseado na média/baseado na mediana)

* variáveis que não apresentaram distribuição normal e que foram caracterizadas segundo uma análise não-paramétrica

variáveis $VO_{2Máx}$, $V_{VO2Máx}$, EC, limiar ventilatório (LV), força isotônica (9-10 RM), velocidade no teste máximo de corrida *anaeróbica* (V_{MART}), impulsão vertical e percentual de gordura (%G).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Sujeitos

A amostra foi composta por indivíduos do sexo masculino, com idade entre 18 e 45 anos, não atletas, regularmente ativos e que realizavam no mínimo 90 minutos por semana de atividade física vigorosa (*i.e.* nível de atividade caracterizado por uma certa dificuldade de falar ao se exercitar), ou 120 minutos por semana de atividade física moderada (*i.e.* nível de atividade física caracterizado pela possibilidade de se falar ao se exercitar; por exemplo, uma caminhada a 6 km.h⁻¹) há pelo menos três meses. Dentre os 21 voluntários que iniciaram o estudo, 18 cumpriram integralmente todos os procedimentos da pesquisa (Tabela 1). Entre os voluntários que abandonaram o experimento, os motivos foram: dores no joelho direito por uma lesão prévia ao estudo, dores na coxa direita durante a realização do teste de 9-10 RM e falta de tempo para realização dos testes.

Coleta de Dados

A presente pesquisa foi realizada em um total de cinco visitas, em dias não consecutivos, aproximadamente no mesmo horário. Na primeira visita, os sujeitos foram submetidos à assinatura do termo de consentimento, a uma anamnese, uma avaliação antropométrica, ao teste de potência aeróbia e à familiarização ao teste de $T_{lim} V_{VO2Máx}$. Na segunda visita, foi realizado um teste de economia de corrida e um teste de $T_{lim} V_{VO2Máx}$. Na terceira visita, foi realizada a familiarização do teste de V_{MART} . Na quarta visita, foi realizada a familiarização dos testes de impulsão vertical e 9-10 RM e o teste de V_{MART} e finalmente, na quinta visita foram realizados os testes de impulsão vertical e 9-10 RM.

Antes da realização de qualquer procedimento, a presente pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética de Pesquisa (CEP), envolvendo Seres Humanos da Universidade Presidente Antonio Carlos (Barbacena – MG), sendo aprovada sem restrições sob o protocolo nº 110/06.

Avaliação antropométrica

O local de medida das dobras cutâneas (tórax, abdômen e coxa) seguiu as normas sugeridas por Pollock, Schmidt & Jackson¹³. O %G foi determinado a partir do modelo proposto por Jackson & Pollock¹⁴ e Siri¹⁵.

Teste de potência aeróbia máxima

Com o objetivo de determinar o $VO_{2Máx}$, $V_{VO2Máx}$ e o LV, foi realizado um teste escalonado máximo, em esteira rolante (ATL, INBRAMED, Porto Alegre, RS) com estágios de 2 min de duração, mantendo-se

uma inclinação constante em 1 % e incrementos de 1 km.h⁻¹ a partir de uma velocidade de 5 km.h⁻¹. Tais incrementos equivaleram, na fase de corrida, a uma sobrecarga de aproximadamente 3,5 mL.kg⁻¹.min⁻¹ estimado pela equação de corrida do ACSM¹. O teste foi interrompido quando decidido pelo testado, sendo que foram fornecidos estímulos verbais para o alcance da maior intensidade de esforço tolerada. Apesar de não ter ocorrido em qualquer dos testes, o esforço também poderia ser interrompido caso os sujeitos apresentassem um dos critérios de interrupção de testes não diagnósticos sugeridos pelo ACSM¹, com exceção das alterações relacionadas à pressão arterial (PA), uma vez que tal medida não foi realizada em esforço. Durante os testes, houve o monitoramento contínuo da frequência cardíaca (FC) (Vantage, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) e da escala subjetiva de esforço ao final de cada estágio (ESE)¹⁶.

Teste de Economia de Corrida (EC)

Iniciando com uma velocidade de 4 km.h⁻¹ e uma inclinação de 1 %, foram realizados incrementos de 1 km.h⁻¹ a cada minuto, até que fosse atingida uma velocidade correspondente a 65 % da frequência cardíaca de reserva (65 % FC_{reserva}). A partir deste ponto, a velocidade foi estabilizada durante 6 minutos, a fim de se garantir o consumo de oxigênio em estado de equilíbrio. Por fim, a EC (mL.kg⁻¹.m⁻¹) foi calculada dividindo-se o consumo relativo de oxigênio (mL.kg⁻¹.min⁻¹) médio do último minuto pela velocidade final (m.min⁻¹).

Teste de $T_{lim} V_{VO2Máx}$

Objetivou determinar a maior duração no qual os sujeitos permaneceram na potência equivalente a $VO_{2Máx}$ com 1 % de inclinação. Para tal, foi considerada a menor velocidade associada à ocorrência da $VO_{2Máx}$ no teste de potência aeróbia. Além disto, tal estratégia serviu para ratificar ou mesmo retificar o valor de $VO_{2Máx}$.

Análise de gases

As variáveis de trocas gasosas e ventilatórias foram medidas por um analisador metabólico (TEEM 100, Medical Graphics Corp., St. Paul, MN, USA) em circuito aberto e por um pneumotacômetro de médio fluxo (Hans Rudolph, Inc., Kansas City, MO, USA). Assim, houve o monitoramento das variáveis de troca gasosa respiratória (volume de ar expirado em litros por minuto - V_E , volume de oxigênio consumido em litros por minuto - VO_2 , volume de dióxido de carbono produzido em litros por minuto - VCO_2) em intervalos de 20 s. Para a determinação do $VO_{2Máx}$ foi utilizado o maior valor de consumo de oxigênio obtido entre os testes de potência aeróbia e $T_{lim} V_{VO2Máx}$. A fim de determinar o LV, o presente estudo utilizou a estratégia de combinação de métodos, como já observada no estudo de Gaskill *et al.*¹⁷, considerando-se o menor equivalente ventilatório antes do seu aumento sistemático (V_E/VO_2), a quebra na linearidade da ventilação por minuto ($V_E \times$ tempo) e o

v-slope ($VCO_2 \times VO_2$). A calibração do ergoespirômetro foi feita a partir de uma mistura de gases padrão (White Martins, *Praxair Inc.*, Rio de Janeiro, Brasil) contendo 15,42 % de O_2 , 5,01 % de CO_2 e balanceada com nitrogênio

MART (maximal anaerobic running test)

Consistiu de estímulos progressivos com 20 s de duração, partindo de 10,2 km.h⁻¹ e razão de incremento de 0,97 km.h⁻¹ e recuperação passiva com 100 s, quando os avaliados apoiavam as mãos no corrimão e os pés fora do tapete rolante, sempre monitorados de perto por dois avaliadores. Por fim, V_{MART} foi considerada como a velocidade correspondente ao último estágio completado. Cabe salientar que o presente estudo realizou uma adaptação no MART, alterando a inclinação de 4%, sugerida por Rusko, Nummela & Mero⁵, para 12%, com subsequente ajuste da velocidade de cada estágio de forma a manter a demanda metabólica igual a dos estágios do protocolo original¹⁸.

Teste de impulsão vertical

Foi utilizado o salto sem contramovimento e sem o movimento dos braços. Desta forma, os sujeitos agacharam e, após uma breve pausa de aproximadamente 2 s, saltaram sem realizar qualquer movimento excêntrico, mantendo as mãos na cintura. Foram realizadas três tentativas, com um intervalo de no mínimo 30 s entre elas, utilizando-se a maior medida para o posterior cálculo de potência muscular, de acordo com o modelo proposto por Sayers *et al.*¹⁹. Antes da realização do teste propriamente dito, os sujeitos tiveram fixado na região sacral, uma semi-esfera de isopor com aproximadamente 2,5 cm de diâmetro e recoberta por um material refletivo (3150-A, 3M, St. Paul, EUA). Os testes foram filmados em uma vista posterior, com uma câmera fotográfica digital (Cybershot DSC-S600, Sony, Shinagawa, Japão), com resolução de 320 x 240 pixels e 30 quadros por segundo, estando a câmera a uma distância e altura aproximadas de 115 cm e 157 cm, respectivamente. A altura obtida no teste foi determinada pelo deslocamento do objeto refletivo, no momento do salto, utilizando-se o *software DGeeMe v.0.98*.

Teste de força isotônica

Foi realizado um teste de 9-10 RM no *leg-press* 45° (fabricação artesanal) com execução unilateral, considerando-se como carga final a soma das cargas mobilizadas pelo membro inferior direito e o esquerdo. Antes da realização do teste, a amplitude de movimento foi determinada com o auxílio de um goniômetro (CARCI – Ind. e com. de aparelhos cirúrgicos e ortopédicos Ltda., São Paulo – Brasil). Desta forma, considerando-se a posição dos pés do avaliado, foi estabelecido um ângulo de 90° nas articulações dos joelhos, sendo esta a posição final do movimento, enquanto que a extensão completa dos joelhos representou a posição inicial. A seguir, houve um aquecimento realizando-se

um total de 10 repetições com cada membro, com uma carga correspondente a metade da massa corporal do avaliado. Por fim, foi concedido um limite de 4 tentativas para se determinar a carga com a qual o avaliado conseguisse realizar, no mínimo, 9 e, no máximo, 10 repetições com um intervalo de 10 min, com ajustes das cargas determinados por tentativa e erro. Vale salientar que todas as anilhas utilizadas no teste foram previamente aferidas.

Análise Estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para testar a gaussianidade tanto das variáveis de caracterização da amostra, quanto das variáveis dependentes e independentes. As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram tratadas por uma estatística não-paramétrica (i.e. mediana, desvio absoluto médio baseado na mediana, intervalo de confiança para a mediana e coeficiente de variação baseado na mediana). A relação entre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e as demais variáveis independentes foi estabelecida pelo coeficiente de correlação linear através do momento-produto de *Pearson* (r), quando estivesse envolvendo somente variáveis com distribuição normal. Já quando a relação foi estabelecida com alguma variável que não apresentou distribuição normal, foi utilizado o coeficiente de correlação de postos de *Spearman* (r). Para esta análise estatística foi utilizado o *software SPSS v. 12.0* (*SPSS Inc., Chicago, IL, USA*), adotando-se um nível de significância de $\alpha \leq 0,05$. Para o cálculo do tamanho da amostra (n), foi utilizado o *software Medcalc v.7.3.0.1* (*Medcalc Software, Mariakerke, Belgium*), neste sentido, considerando um erro α de 5 %, um erro β de 10 % e 0,70 como o menor coeficiente de correlação significativo e aceitável, obteve-se um n de 17 sujeitos.

RESULTADOS

Nas Tabelas 2 e 3, foram reportados os valores do coeficiente de correlação linear através do momento-produto de *Pearson* e do coeficiente de correlação de postos de *Spearman*, respectivamente. Foram observadas correlações baixas ($r = 0,220$ a $-0,359$) e não significativas ($p = 0,281$ a $0,935$) entre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e as diversas variáveis selecionadas.

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que, em um grupo de sujeitos ativos fisicamente, não foi identificada correlação significativa entre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e as variáveis $VO_{2Máx}$, $V_{VO2Máx}$, EC, limiar ventilatório, carga no teste de 9-10 RM no *leg press* 45°, potência no teste de impulsão vertical, V_{MART} e percentual de gordura, confirmando os achados da literatura para grupos de atletas.

Grande parte das evidências acerca da relação entre $T_{lim} V_{VO2Máx}$ com as variáveis independentes,

Tabela 2. Correlação de Pearson (r) entre o $T_{lim}V_{VO2Máx}$ e as variáveis $VO2Máx$, EC, 9-10 RM no leg press, impulsão vertical, VMART e percentual de gordura.

Variáveis	r	p
$VO_{2Máx}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	- 0,269	0,281
EC (mL.kg ⁻¹ .m ⁻¹)	- 0,035	0,890
9-10 RM no leg press	0,199	0,428
Impulsão vertical (watts)	0,220	0,381
V_{MART} (km.h ⁻¹)	0,021	0,935
Percentual de gordura (%)	- 0,057	0,822

p - nível de significância

Tabela 3. Correlação de postos de Spearman (r) entre o $T_{lim}V_{VO2Máx}$ e as variáveis $V_{VO2Máx}$ e limiar ventilatório.

Variáveis	r	p
$V_{VO2Máx}$ (km.h ⁻¹)	- 0,308	0,213
Limiar ventilatório (km.h ⁻¹)	- 0,359	0,143

p - nível de significância

investigadas no presente estudo, envolveram grupos de atletas⁹⁻¹², ao passo que somente a pesquisa de Blondel *et al.*²⁰ apresentou uma amostra com características similares (i.e. estudantes de educação física). Por conseguinte, independentemente da amostra, observa-se que a determinação do $T_{lim}V_{VO2Máx}$ está associada a uma considerável variabilidade inter-indivíduos. Assim sendo, Billat *et al.*⁹ e Hill e Rowell¹⁰ observaram valores médios de $T_{lim}V_{VO2Máx}$ de 6 min 11 s \pm 2 min 1 s (CV = 34 %) e 4 min 50 s \pm 1 min 1 s (CV = 21 %), respectivamente, similares aos 6 min 40 s \pm 1 min 14 s (CV = 18,6 %) encontrados no presente estudo.

Diversos estudos investigando a relação entre o $T_{lim}V_{VO2Máx}$ e o $VO_{2Máx}$ não demonstraram correlações significativas^{9,11,20}, entretanto, o estudo de Billat *et al.*¹² encontrou uma correlação inversa e significativa ($r = - 0,32$, $p < 0,05$). No presente estudo, mesmo não havendo significância no resultado, foi observada característica de relação semelhante ($r = - 0,269$, $p = 0,281$). Assim, tendo em vista que o teste de T_{lim} possui um ajuste de potência a ser desempenhada, compatível com o $VO_{2Máx}$, observa-se uma tendência de tempos semelhantes independentemente do nível de condicionamento dos sujeitos, uma vez que a potência do teste foi ajustada pelo nível de condicionamento dos mesmos. Por conseguinte, tal fato tende a anular a possibilidade de altas magnitudes de resultados de correlação.

Os estudos realizados por Billat *et al.*^{9,11} não encontraram correlações significativas entre o $T_{lim}V_{VO2Máx}$ e a $V_{VO2Máx}$ ($r = 0,24$, $p = 0,565$; $r = - 0,31$, $p > 0,05$) sendo confirmados pelo resultado do presente estudo ($r = - 0,308$, $p = 0,213$) e confrontando aqueles obtidos no estudo realizado por Billat *et al.*¹², que demonstraram uma correlação inversa e significativa ($r = - 0,55$, p

$< 0,05$) entre estas variáveis. Em parte, as mesmas argumentações apresentadas para $VO_{2Máx}$ também se aplicam a $V_{VO2Máx}$, uma vez que a manutenção da inclinação constante, confere à velocidade de corrida a responsabilidade de influenciar diretamente a potência do teste realizado.

A partir dos resultados da estatística descritiva (Tabela 1), observou-se que a $V_{VO2Máx}$ não apresentou distribuição normal, com coeficiente de variação de 9,8 %. Tal resposta pode ser consequência de alguns fatores, podendo-se destacar o protocolo de teste de potência aeróbia máxima, cujos incrementos em 1 km.h⁻¹ a cada 2 min, não permitiram ao final uma maximização das diferenças entre os sujeitos que apresentaram características bastante similares de desempenho.

A correlação não significativa, envolvendo o $T_{lim}V_{VO2Máx}$ e a EC ($r = - 0,035$, $p = 0,890$), confirma o resultado prévio obtido por Billat *et al.*¹¹, que em seu estudo envolvendo oito corredores de longa distância, não obteve correlação significativa ($r = 0,024$, $p = 0,95$) entre as variáveis em questão. Estas evidências sugerem que os possíveis efeitos deletérios de uma pior EC possam não causar influência em provas de curta duração, como no teste aqui utilizado (6 min e 40 s). Desse modo, o estudo realizado por Noakes *et al.*²¹ obteve uma correlação de 0,90, quando associou EC ao desempenho nos 10 km (≈ 35 min), comprovando assim a relação entre o desempenho e a EC em atividades com duração mais longa.

De acordo com Peronnet *et al.*²², um indivíduo com os limiares metabólicos mais elevados pode sustentar percentuais mais altos do $VO_{2Máx}$ antes da fadiga. Neste sentido, os autores concluíram que corredores com maior capacidade de endurance tendem a hiperventilar a uma intensidade relativa mais elevada durante a realização de um teste progressivo. Confirmando esta evidência, Wiswell *et al.*²³, em um estudo envolvendo 168 corredores de ambos os sexos, da categoria máster, obtiveram correlações significativas entre o tempo nos 5 km ($r = - 0,36$) e 10 km ($r = - 0,41$) e o limiar de lactato expresso em km.h⁻¹. Recentemente, Slattery *et al.*²⁴ encontraram uma correlação de - 0,90 entre o desempenho nos 3 km e a concentração de lactato equivalente a 4 mmol.L⁻¹.

Entretanto, o presente estudo não encontrou correlação significativa entre o $T_{lim}V_{VO2Máx}$ e o limiar ventilatório ($r = - 0,359$, $p = 0,143$), corroborando, pelo menos em parte, o estudo realizado por Billat *et al.*¹¹ que obteve uma correlação não significativa ($r = 0,671$, $p = 0,06$) entre estas mesmas variáveis. A correlação inversa entre o $T_{lim}V_{VO2Máx}$ e o limiar ventilatório obtida neste estudo, confirma os resultados de Cunningham²⁵ que encontrou correlações significativas ($p < 0,001$) entre a velocidade no limiar ventilatório ($r = 0,78$) e o tempo nos 5 km, sugerindo a realização de novos estudos a fim de investigar os possíveis efeitos da duração e intensidade dos testes sobre as correlações obtidas.

O estudo realizado por Hickson *et al.*²⁶ investigou o efeito do treinamento contra-resistência sobre o desempenho de corrida, concluindo que a realização do treinamento contra-resistência tradicional promoveu o

aprimoramento do T_{lim} tanto em atletas quanto em não-atletas. O presente estudo optou por uma análise *ex post facto*, supondo que a partir desta evidência, os indivíduos mais fortes poderiam apresentar maior capacidade de resistir ao teste de $T_{lim} V_{VO2Máx}$. Entretanto, não foi encontrada correlação significativa entre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e a força no teste de 9-10 RM no *leg press 45°* ($r = 0,199$, $p = 0,428$).

Inicialmente, não foram encontrados estudos prévios com esta característica de análise, impossibilitando a comparação dos resultados obtidos. A escolha do teste de 9-10 RM no *leg press 45°*, se deu por este número de repetições ser comumente prescrito para o treinamento e por se acreditar que este exercício apresenta mobilização dos grupamentos musculares semelhante aos necessários para a realização da corrida. Entretanto, compreende-se que o padrão de solicitação neuromuscular e sua intensidade diferem sensivelmente entre a corrida e a atividade contra-resistência²⁷, o que pode ter sido responsável pela associação não significativa encontrada.

Um estudo prévio realizado por Paavolainen *et al.*²⁸ demonstrou que a inclusão de sessões de treinamento com múltiplos saltos resultou, após nove semanas, em um aprimoramento de 3,1 % no desempenho dos 5 km, sem alterações significativas tanto no $VO_{2Máx}$ quanto nos limiares metabólicos. Assim, a fim de testar a hipótese na qual indivíduos com maior potência muscular podem apresentar maior endurance *aeróbia*, Sinnett *et al.*²⁹ encontrou correlação significativa ($r = -0,61$, $p < 0,05$) entre o desempenho nos 5 km e a altura obtida no teste de salto. Entretanto, o presente estudo não encontrou correlação significativa entre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e a potência obtida no teste de impulsão vertical ($r = 0,221$, $p = 0,381$). Ainda que não significativa, cabe ressaltar que a relação positiva encontrada pode ser um indício desta hipótese.

Já em relação à associação existente entre o MART e o desempenho aeróbio, Paavolainen, Nummela & Rusko³⁰ observaram, em um grupo de 17 atletas do sexo masculino, uma correlação de 0,68 ($p < 0,01$) entre a velocidade obtida no MART (V_{MART}) e a velocidade média nos 5 km. O presente estudo não encontrou correlação significativa entre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e a V_{MART} ($r = 0,021$, $p = 0,935$), entretanto, foi observada uma correlação significativa entre a V_{MART} e a $V_{VO2Máx}$ ($r = 0,738$, $p = 0,01$). Esta forte correlação pode ser resultado da considerável contribuição do metabolismo não-aeróbio aos momentos finais da realização de ambos os testes, todavia, esta contribuição do metabolismo não-aeróbio parece estar desvinculada de uma maior capacidade de endurance, pelo menos na amostra analisada no presente estudo.

Acredita-se que o excesso de gordura corporal possa gerar um efeito deletério sobre o desempenho aeróbio, já que tal característica pode estar associada a uma maior demanda metabólica, ocasionada por uma maior requisição muscular para vencer a inércia³¹. Sinnett *et al.*²⁹ obtiveram uma correlação significativa entre o desempenho nos 10 km e o %G ($r = 0,48$, $p < 0,05$). Entretanto, Ali Almarwaey, Mark Jones e Tolfrey⁴ não obtiveram correlações significativas entre o desempenho nos 800 e 1500 m e o %G de jovens de 16 anos ($r = -0,07$ e $r = 0,31$, respectivamente). Considerando que

um elevado percentual de gordura possa gerar uma maior demanda metabólica na corrida (i.e. detrimento da EC) e que neste estudo não foi encontrada correlação significativa entre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e a EC, em decorrência da curta duração do teste de $T_{lim} V_{VO2Máx}$, supõe-se que possa ser este o mesmo motivo pelo qual não foi encontrada significância entre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e o %G ($r = -0,057$, $p = 0,822$).

Os resultados do presente estudo devem ser interpretados tendo em vista as limitações de uma análise *ex post facto*, assim sendo, recomenda-se a realização de um estudo longitudinal, em uma amostra similar, a fim de analisar a influência de cada uma das variáveis sobre o $T_{lim} V_{VO2Máx}$. Considera-se inclusive, a possibilidade de investigar a correlação de outras variáveis com o $T_{lim} V_{VO2Máx}$, como por exemplo: lactato, salto vertical com contramovimento e testes de número máximo de repetições.

CONCLUSÃO

A constatação de baixos e não significativos coeficientes de correlação entre $T_{lim} V_{VO2Máx}$ e as diversas variáveis independentes investigadas caracteriza uma baixa qualidade preditiva do $T_{lim} V_{VO2Máx}$ na amostra estudada. Quer dizer, tendo em vista a considerável variabilidade inter-indivíduos do $T_{lim} V_{VO2Máx}$ não foi encontrada uma variável que pudesse explicar sua variação satisfatoriamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American College of Sports Medicine (ACSM). ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
2. Bassett DR, Jr., Howley ET. Maximal oxygen uptake: «classical» versus «contemporary» viewpoints. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(5):591-603.
3. Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20(4):319-30.
4. Ali Almarwaey O, Mark Jones A, Tolfrey K. Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(3):480-7.
5. Rusko H, Nummela A, Mero A. A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;66(2):97-101.
6. Coetzer P, Noakes TD, Sanders B, Lambert MI, Bosch AN, Wiggins T, et al. Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. *J Appl Physiol* 1993;75(4):1822-7.
7. Dennis SC, Noakes TD. Advantages of a smaller bodymass in humans when distance-running in warm, humid conditions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;79(3):280-4.
8. Bosquet L, Leger L, Legros P. Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med* 2002;32(11):675-700.
9. 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* 1994;102(3):215-9.
10. Hill DW, Rowell AL. Responses to exercise at the velocity associated with VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc*

- 1997;29(1):113-6.
11. Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Reproducibility of running time to exhaustion at VO₂max in subelite runners. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26(2):254-7.
 12. Billat V, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, et al. A comparison of time to exhaustion at VO₂ max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics* 1996;39(2):267-77.
 13. Pollock ML, Schmidt DH, Jackson AS. Measurement of cardio-respiratory fitness and body composition in the clinical setting. *Compr Ther* 1980;6(9):12-27.
 14. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40(3):497-504.
 15. Siri WE. Body Composition from fluid spaces and density. In: Brozek J, Henschel A (ed). *Techniques of measuring body composition*. Washington D.C.: National Academy of Science; 1961. p. 233-44.
 16. Borg G. *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1998.
 17. Gaskill SE, Ruby BC, Walker AJ, Sanchez OA, Serfass RC, Leon AS. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(11):1841-8.
 18. Santos TM. Fatores de potência muscular e desempenho aeróbio na corrida a 1 e 10 % de inclinação: aspectos determinantes e suas relações com estímulos concorrentes. [Tese de Doutorado – Programa de Pós-graduação em Educação Física]. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Gama Filho; 2007.
 19. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(4):572-7.
 20. Blondel N, Berthoin S, Billat V, Lensele G. Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of vVO₂max and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *Int J Sports Med* 2001;22(1):27-33.
 21. Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO₂ max test predicts running performance. *J Sports Sci* 1990;8(1):35-45.
 22. Peronnet F, Thibault G, Rhodes EC, McKenzie DC. Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19(6):610-5.
 23. Wiswell RA, Jaque SV, Marcell TJ, Hawkins SA, Tarpinning KM, Constantino N, et al. Maximal aerobic power, lactate threshold, and running performance in master athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(6):1165-70.
 24. Slattery KM, Wallace LK, Murphy AJ, Coutts AJ. Physiological determinants of three-kilometer running performance in experienced triathletes. *J Strength Cond Res* 2006;20(1):47-52.
 25. Cunningham LN. Relationship of running economy, ventilatory threshold, and maximal oxygen consumption to running performance in high school females. *Res Q Exerc Sport* 1990;61(4):369-74.
 26. Hickson RC, Dvorak BA, Gorostiaga EM, Kurowski TT, Foster C. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J Appl Physiol* 1988;65(5):2285-90.
 27. Sloniger MA, Cureton KJ, Prior BM, Evans EM. Lower extremity muscle activation during horizontal and uphill running. *J Appl Physiol* 1997;83(6):2073-9.
 28. Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 1999;86(5):1527-33.
 29. Sinnott AM, Berg K, Latin RW, Noble JM. The relationship between field tests of anaerobic power and 10-km run performance. *J Strength Cond Res* 2001;15(4):405-12.
 30. Paavolainen LM, Nummela AT, Rusko HK. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):124-30.
 31. Arrese AL, Ostariz ES. Skinfold thicknesses associated with distance running performance in highly trained runners. *J Sports Sci* 2006;24(1):69-76.

Agradecimentos

Os autores da pesquisa não podem deixar de agradecer a participação dos voluntários, às acadêmicas Mary e Yara pela inestimável contribuição, à Clínica Escola da Universidade Presidente Antonio Carlos (Barbacena – MG) por ter cedido o espaço para a realização dos testes, ao Guilherme da CAEL, pelo importante auxílio prestado na manutenção dos equipamentos durante a coleta.

Endereço para correspondência

Leonardo Gonçalves Ribeiro
Rua Muiatuba nº 51, aptº 105 Jardim Carioca
CEP: 21921-680 Rio de Janeiro, RJ – Brasil
E-mail: leoribeiro@prohealth.com.br

Recebido em 14/05/07
Revisado em 09/07/07
Aprovado em 05/08/07