

Relação entre velocidade crítica, limiar anaeróbio, parâmetros associados ao VO_{2max} , capacidade anaeróbia e custo de O_2 submáximo

Mateus Elias Pacheco^{1,2}
Luiz Gustavo da Mata Silva²
Vilmar Baldissera⁴
Carmen Sílvia Grubert Campbell^{2,3}
Edson Aparecido Liberti¹
Herbert Gustavo Simões^{2,3}

¹Laboratório Sistema Nervoso Autônomo do Departamento de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo SP Brasil

²Laboratório de Fisiologia do Exercício – Universidade de Mogi das Cruzes SP Brasil

³Programa de Mestrado e Doutorado em Educação Física da Universidade Católica de Brasília DF Brasil

⁴Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de São Carlos SP Brasil

Resumo: Os objetivos do estudo foram analisar as relações existentes entre a velocidade de corrida associada ao VO_{2max} (V_{max}), tempo para obtenção do VO_{2max} na V_{max} , tempo no VO_{2max} , limiar de lactato (LL), limiar ventilatório (LV), velocidade crítica (VC), capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn), desempenho em corrida de 500m e 3km e custo de O_2 durante exercício submáximo (C). MÉTODOS: 8 homens fisicamente ativos ($20,8 \pm 1,6$ anos; $74,3 \pm 14,9$ kg) realizaram: 1) Corrida 3km e 500m máximos (V_{m3km} e V_{m500}). 2) Teste incremental em esteira para determinação do LL, LV, VO_{2max} e V_{max} . 3) Tempo de permanência na V_{max} (T_{max}), Tempo para atingir o VO_{2max} e Tempo no VO_{2max} . A VC e a CTAn foram obtidas (método linear) a partir dos testes de 3km e 500m. O C foi determinado dividindo-se a velocidade de corrida submáxima pelo respectivo VO_2 . RESULTADOS: Observou-se alta correlação entre V_{m3km} e V_{max} ($r=0,83$), V_{m3km} e VC ($r=0,98$), V_{m500} e VC ($r=0,90$) e entre V_{m500} e Tempo no VO_{2max} ($r=0,69$). Não foram verificadas diferenças entre LL e LV ($178,7 \pm 20,0$ e $180,7 \pm 21,8$ m.min⁻¹), sendo o LL altamente correlacionado com V_{max} ($r=0,91$), VC ($r=0,96$) e V_{m3km} ($r=0,96$). Correlação positiva foi observada entre CTAn e C para indivíduos com maior aptidão aeróbia ($r=0,79$). CONCLUSÕES: As correlações apresentadas entre V_{m500} e tempo no VO_{2max} e entre V_{m500} e VC indicam que exercícios de curta duração e alta intensidade são positivamente influenciados pela aptidão aeróbia. Devido a correlação significativa com o C, a CTAn se mostra como um possível indicador de ineficiência mecânica no exercício aeróbio.

Palavras-chave: Capacidade Anaeróbia. Eficiência Mecânica. Velocidade Crítica. V_{max} , T_{max} . Limiar Anaeróbio.

Relationship among critical velocity, anaerobic threshold, VO_{2max} parameters, anaerobic work capacity and sub-maximal cost of O_2 .

Abstract: The purposes of the study were to compare and correlate the running velocities associated with the maximal oxygen consumption (V_{max}), anaerobic threshold (LL), ventilatory threshold (LV), critical velocity (CV), anaerobic work capacity (AWC) and oxygen cost during sub-maximal exercise (C). METHODS: Eight male physically active subjects (20.8 ± 1.6 years; 74.3 ± 14.9 kg), performed the following tests: 1) 500m and 3km time trial (V_{m500} and V_{m3km}); 2) Incremental test on treadmill for of LL, LV, VO_{2max} and V_{max} identification; 3) sustained running at V_{max} (T_{max}) and identification of the time to VO_{2max} and time at VO_{2max} . The CV and AWC were obtained from linear regression (distance x time on 500m and 3km test). The C was determined as a ratio between sub-maximal running velocity and its VO_2 . RESULTS: A high correlation was verified for V_{m3km} and V_{max} ($r=0.83$), V_{m3km} and VC ($r=0.98$), V_{m500} and VC ($r=0.90$), V_{m500} and V_{m3km} ($r=0.92$), and between V_{m500} and Time to VO_{2max} ($r=0.69$). No differences were observed between LL and LV (178.7 ± 20.0 e 180.7 ± 21.8 m.min⁻¹) ($p>0.05$). Also a high correlation between LL and V_{max} ($r=0.91$), CV ($r=0.96$), and V_{m3km} ($r=0.96$) were verified. The AWC was negatively correlated to running economy for those with higher aerobic capacity. CONCLUSION: The CV, AWC, V_{m500} and V_{m3km} can be used for exercise evaluation and training prescription. Due the correlation with the C, the AWC may be an indicative of mechanical inefficiency.

Key Words: Anaerobic capacity. Mechanical Efficiency. Critical Velocity. V_{max} , T_{max} . Anaerobic Threshold.

Introdução

A mensuração da resposta do consumo de oxigênio durante exercício intenso permite identificar o VO_{2max} e algumas variáveis a ele associadas. A velocidade de corrida em que o VO_{2max} é atingido (V_{max}), o tempo para se atingir o VO_{2max} (Tempo para VO_{2max}) e o tempo que o indivíduo sustenta-se no VO_{2max} (Tempo no VO_{2max}) são variáveis que se correlacionam com o desempenho aeróbio (Di PRAMPERO, 1996; HILL; ROWEL, 1997).

Variáveis relacionados à cinética de VO_2 indicam a velocidade com que o sistema aeróbio responde, e possibilitam estimar a contribuição dos sistemas aeróbio e anaeróbio durante o exercício (HILL, 2001, SPENCER; GASTIN, 2001). Segundo Whipp et al. (1972), durante realização de exercício submáximo em uma mesma intensidade absoluta, sujeitos com melhor nível de aptidão aeróbia respondem mais rapidamente e apresentam um menor déficit de O_2 , enquanto para indivíduos com menor aptidão aeróbia acontece o oposto. Segundo estes autores, o maior tempo necessário para atingir um estado estável de VO_2 , resulta em uma maior participação anaeróbia para ressíntese de ATP e interrupção prematura do esforço devido a fadiga.

A capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn) e a velocidade crítica (VC) são, respectivamente, parâmetros de aptidão anaeróbia e aeróbia. A determinação da CTAn e VC é possível a partir da aplicação de modelos matemáticos, como regressão linear entre a distância percorrida e seu respectivo tempo (HILL, 1993). Para isso pelo menos dois testes de corridas máximas com respectivas durações entre 1-3 minutos e 10-15 minutos devem ser aplicados (POOLE, 1986).

McLellan et al. (1992) demonstraram, ao estudarem 14 indivíduos jovens do sexo masculino, que era possível sustentar o exercício realizado na intensidade correspondente à VC, mas que apenas 20 minutos de exercício eram suficientes para elevar a lactatemia em torno de $6,8 \text{ mmol.l}^{-1}$. Apesar da sua praticidade e do baixo custo financeiro, tem sido sugerido que a VC pode superestimar entre 13 a 28% a velocidade de limiar anaeróbio (HOUSH; HOUSH; BAUGE, 1990).

O limiar anaeróbio, inicialmente proposto por Wasserman et al. (1964) para detectar o início da acidose metabólica durante exercício de cargas progressivas, representa a transição aeróbio-anaeróbia dos processos de transferência de energia (YOSHIDA et al., 1990) e pode ser obtido através das respostas de variáveis ventilatórias e metabólicas.

Todos esses parâmetros acima citados são importantes para avaliar e prescrever treinamento individualizado. No

entanto, poucos estudos têm analisado as relações entre VO_{2max} , V_{max} , Tempo para o VO_{2max} e Tempo no VO_{2max} e especialmente destes com o Limiar de Lactato (LL), Limiar Ventilatório (LV) e parâmetros como a VC e CTAn, que são obtidos a partir da aplicação de modelos matemáticos em resultados de desempenho em corrida em distâncias conhecidas.

A maioria dos estudos sobre VC, CTAn, V_{max} e parâmetros associados à cinética de VO_2 foram realizados em atletas, e pouco se sabe sobre a relação entre estes parâmetros para indivíduos fisicamente ativos (não atletas). Apesar da literatura corrente apresentar associação entre a CTAn e a aptidão anaeróbia (HILL, 1993), a relação entre CTAn e eficiência mecânica durante exercício aeróbio ainda não foi analisada. A realização de um estudo com grupo de indivíduos não atletas, que naturalmente podem se apresentar com diferentes níveis de aptidão aeróbia e anaeróbia, e padrões motores com diferentes níveis de desenvolvimento, permitiria analisar a relação entre CTAn e eficiência mecânica.

Assim, o objetivo deste estudo foi investigar, em indivíduos fisicamente ativos, as relações existentes entre VC, CTAn, custo de O_2 do exercício aeróbio submáximo, limiar anaeróbio, VO_{2max} e variáveis a ele associadas como o V_{max} , T_{max} , tempo para atingir o VO_{2max} , e tempo de manutenção no VO_{2max} .

Métodos

Participaram deste estudo 8 indivíduos fisicamente ativos (Tabela 1), que praticavam exercício físico no mínimo 2 vezes por semana durante 30 minutos. Os participantes foram informados sobre os riscos e benefícios do estudo, e responderam a um questionário (anamnese) sobre suas condições de saúde e aptidão para prática de atividade física (AMERICAN..., 1998). Os métodos utilizados no presente estudo foram aprovados pelo Comitê local de Ética em Pesquisa para experimentação em seres humanos.

Tabela 1. Características gerais dos participantes (n=8).

	Idade (anos)	Peso (kg)	Estatura (cm)	VO_{2max} (kg.min^{-1})
\bar{X}	20,8	74,3	174,2	47,3
\pm DP	1,6	14,9	8,8	4,5

Primeiramente foi realizado teste de 3km, para obtenção da velocidade média e prescrição da velocidade inicial do

teste incremental em esteira para determinação do limiar anaeróbio e da V_{max}. A partir dos resultados do teste incremental foi aplicado o teste de T_{max} na V_{max} para identificação do tempo para atingir o VO_{2max} e tempo no VO_{2max}. A ordem de aplicação do teste do T_{max} foi randomizado com o teste de desempenho em corrida de 500m. Todos os testes foram precedidos de 10 minutos de aquecimento (corrida em intensidade correspondente à aproximadamente 75% da FC máxima), onde foi possível determinar, durante os minutos finais deste aquecimento realizado antes dos testes de T_{max}, o custo de O₂ submáximo (C).

Todos os testes foram realizados em um mesmo horário do dia, com intervalo de no mínimo 48 horas entre os testes. Cada voluntário foi orientado a manter o mesmo padrão alimentar nos dias dos testes, a abster-se de cafeína e álcool, além e evitar exercícios físicos nos dias que antecediam os testes.

Teste de 3km

Os participantes realizaram 7,5 voltas (3km) em uma pista de atletismo oficial de 400m (carvão) no menor tempo possível, para cálculo da velocidade média (Vm3km). A partir da Vm3km foram calculadas as intensidades que foram empregadas no teste incremental.

Teste de 500m

Foi realizado em pista de atletismo oficial de 400m (carvão) onde os participantes percorreram, no menor tempo possível, a distância de 500m para cálculo da velocidade média (Vm500).

Determinação da CTAn E VC

A CTAn e a VC foram determinadas através dos tempos obtidos nas respectivas distâncias de 500m e 3km.

Após a obtenção dos tempos nas distâncias de 500m e 3km foi aplicada regressão linear nos resultados (distância-tempo), sendo a interseção do eixo Y a CTAn (m) e a inclinação da reta a VC (m.min⁻¹) (Figura 1).

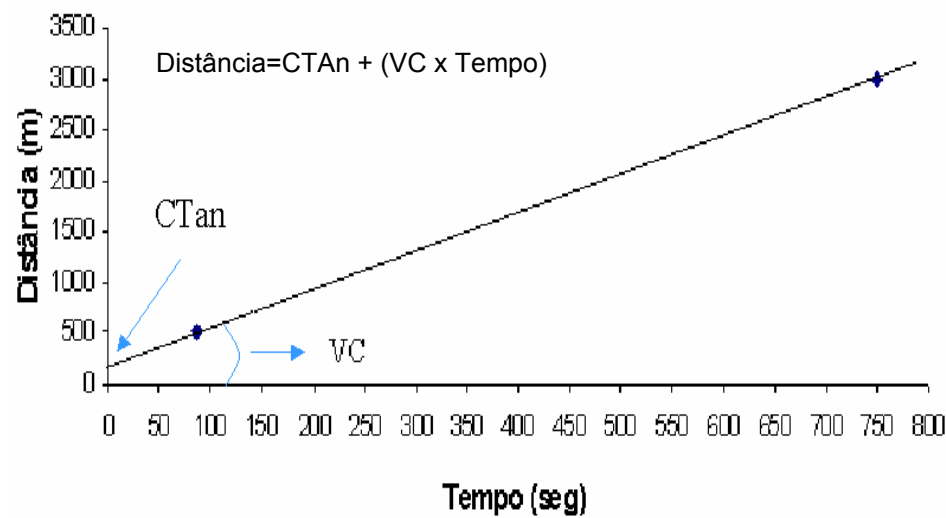


Figura 1. Modelo de determinação da VC e CTAn para um participante.

Teste incremental para avaliação do VO_{2max}, V_{max}, Limiar de Lactato (LL) e Limiar Ventilatório (LV)

Os indivíduos realizaram teste de incrementos em esteira ergométrica (Johnson 7200, USA) a 1% de inclinação, para que a corrida em esteira se assemelhasse com a corrida em pista, conforme sugerido por Coen et al. (1991). O teste incremental teve início com a velocidade correspondente a 75% da Vm3km, com incrementos de 0,5 Km/h a cada 3

minutos até que fosse atingido 95% da frequência cardíaca máxima (220 – idade) ou 17 na escala de percepção subjetiva de esforço de 15 pontos (BORG, 1982). A partir deste momento, a velocidade era mantida e apenas a inclinação da esteira era aumentada em 1% a cada minuto até a exaustão voluntária. Durante as pausas de 1 minuto entre as séries, 25 µl de sangue capilarizado eram coletados do lóbulo da orelha para posterior dosagem de lactatemia (Yellow Springs 2300 S) (SIMÕES et al., 2003).

O VO_{2max} foi mensurado através de método direto utilizando-se de um analisador de gases (Medgraphics VO₂₀₀₀ AerosportTM). As variáveis ventilatórias foram mensuradas durante todo o teste (exceto nas pausas), sendo que apenas os últimos 30 segundos de cada estágio foram analisados. O VO_{2max} foi considerado o maior consumo de O_2 que o indivíduo atingiu ao final do teste incremental (momento de exaustão voluntária).

Para obtenção da V_{max} (velocidade de corrida associada ao VO_{2max}) foi utilizada a fórmula proposta por Di Prampero (1996), que consiste em dividir o VO_{2max} pelo custo de O_2 do exercício submáximo (C). O C é obtido dividindo-se o VO_2 submáximo pela velocidade submáxima correspondente. Tais determinações estão apresentadas abaixo.

$$V_{max} = VO_{2max} \cdot C^{-1}$$

$$C = VO_2 \text{ submáximo} \cdot \text{Velocidade}_{sub}^{-1}$$

Para cálculo da V_{max} por este método, foi considerado o C na velocidade correspondente ao LL. Para identificação do LL foi considerado o ponto de inflexão da curva de lactato, auxiliado pela técnica do D_{max} . A intensidade referente ao LV foi obtida quando o equivalente de O_2 (VE/VO_2) apresentou um aumento desproporcional em relação ao equivalente de CO_2 (VE/VCO_2).

Teste do T_{max} na V_{max}

Os voluntários executaram testes de tempo de exaustão na V_{max} para analisar a capacidade do indivíduo suportar exercício na velocidade associada ao VO_{2max} (HILL; ROWEL, 1996). A partir deste mesmo teste também se obteve o Tempo para VO_{2max} e Tempo no VO_{2max} conforme pode ser observado na Figura 2.

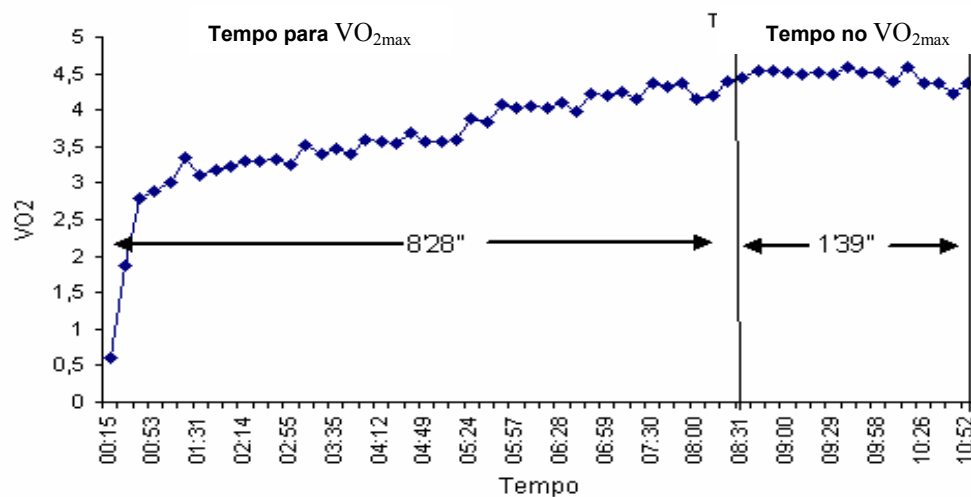


Figura 2. Resposta do consumo de O_2 para um participante durante exercício realizado na V_{max} (Tempo para VO_{2max} 8'28'' e Tempo no VO_{2max} 1'39'').

Determinação do custo de O_2 submáximo (C)

O C foi determinado dividindo-se o VO_2 pela velocidade submáxima de exercício, conforme explicado anteriormente. Para o cálculo do C durante o teste incremental e estimativa do V_{max} utilizou-se a intensidade correspondente ao LL. Para os demais propósitos correlacionais, o C obtido durante aquecimento submáximo de 10 minutos a aproximadamente 75% da FC máx, realizado antes do teste do T_{max} , foi considerado.

Tratamento Estatístico

Os resultados estão apresentados como média \pm desvio padrão (DP). ANOVA para medidas repetidas comparou as

velocidades de corrida correspondente ao LL, LV, VC, V_m 3km, V_m 500, e V_{max} . "Test t-student" foi aplicado para comparar o tempo na V_{max} com o tempo na corrida dos 3km. Teste de correlação de Pearson foi aplicado para verificar a correlação entre os parâmetros estudados. Correlações entre CTAn e C também foram analisadas, em separado, entre os indivíduos com maior e menor VC. A relação (%) entre as velocidades de LL, VC, V_m 3km, V_m 500 e V_{max} foi apresentada. O nível de significância aceito foi de $p < 0,05$.

Resultados

Os resultados gerais referentes aos parâmetros estudados estão apresentados nas Tabelas 2 a 6. Não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre V_m 3km e

V_{max}, bem como entre LL e LV (p>0,05) (Tabela 2). Tanto a Vm3km quanto V_{max} foram superiores ao LL e LV (p<0,05). A VC foi menor que Vm3km e V_{max}, e superior ao LL e LV.

A Vm500 foi significativamente maior que Vm3km, V_{max}, LL, LV e VC (p<0,05) (Tabela 2). A Tabela 3 apresenta a relação % entre Vm3km, V_{max}, VC, LL e Vm500.

Tabela 2. Valores médios (\pm DP) referentes à velocidade média dos 3km (Vm3km), velocidade associada ao VO_{2max} (V_{max}), limiar de lactato (LL), limiar ventilatório (LV), velocidade crítica (VC) e velocidade média dos 500m (Vm500), expressos em m.min⁻¹.

Sujeitos	Vm3km	V _{max}	LL	LV	VC	Vm500
(m.min) ⁻¹						
\bar{X}	207,4 ⁺	203,5 ⁺	178,7	180,7	193,5 *	324,8
\pm DP	27,8 ⁺	21,5 ⁺	20	21,7	23,5 *	40,9

* p < 0,05 em relação ao LL, LV, Vm3km, V_{max} e Vm500. ⁺ p < 0,05 em relação ao LL, LV e Vm500

Tabela 3.- Valores relativos (%) referentes a Vm3km, V_{max}, VC e LL em relação à Vm3km, V_{max}, VC, LL e Vm500.

	Vm3km	V _{max}	VC	LL
Vm3km		101,9	107,2	116,1
V _{max}	98,1		105,2	113,9
VC	93,3	95,1		108,3
LL	86,2	87,8	92,3	
Vm500	156,6	159,6	167,8	181,8

Vm3km - velocidade média obtida no teste de 3km, V_{max} - velocidade associada ao VO_{2max} foi atingido, VC - velocidade crítica, LL - limiar de lactato e Vm500 - velocidade média obtida no teste de 500m.

A Tabela 4 apresenta os tempos relativos à Vm3km, T_{max}, Tempo para VO_{2max}, Tempo no VO_{2max} e o resultado médio da CTAn. Na Tabela 5 estão representadas as correlações entre os parâmetros estudados. Correlação significativa foi observada entre CTAn e C (Tabela 6). Pode-se observar que o C do grupo de maior VC (G2) se correlacionou positivamente (r=0,79) e negativamente (r=-0,69) com CTAn e Tempo no VO_{2max} respectivamente. Já quando analisados os indivíduos com menor VC (menor aptidão aeróbia), quanto maior a CTAn, maior era o C sem correlação significativa entre C e Tempo no VO_{2max}.

Tabela 4. Valores médios (\pm DP) referentes ao Tempo em 3km, T_{max}, Tempo para VO_{2max}, Tempo no VO_{2max}, e CTAn.

	T3km (s)	T _{max} (s)	Tempo para VO _{2max} (s)	Tempo no VO _{2max} (s)	CTAn (m)
\bar{X}	879	677	579	74,4	201,0
\pm DP	112,9	152	190	69,6	16,2

T3km - Tempo obtido nos 3km em segundos; T_{max} - Tempo em segundos que o indivíduo suporta na V_{max} correspondente ao VO_{2max}; V_{max} - Velocidade em que indivíduo atingiu o VO_{2max}; Tempo para VO_{2max} - Tempo (segundos) necessário para se atingir o VO_{2max}; Tempo no VO_{2max} - Tempo (segundos) que o indivíduo consegue permanecer no VO_{2max} e CTAn - capacidade de trabalho anaeróbio.

Tabela 5. Correlações entre as variáveis estudadas.

	T _{max}	Tempo para VO _{2max}	Tempo no VO _{2max}	Vm 3km	Vm 500	VC	CTAn	LL
V _{max}	-0,20	- 0,08	- 0,11	0,83*	0,67*	0,84	-0,26	0,91
T _{max}	—	0,96*	- 0,38	0,22	0,30	0,20	0,24	0,10
Tempo para VO _{2max}	—	—	- 0,58	0,39	0,48	0,38	0,31	0,26
Tempo no VO _{2max}	—	—	—	- 0,56	0,69*	- 0,54	- 0,49	- 0,42
Vm3km	—	—	—	—	0,92*	0,98*	- 0,01	0,96*
Vm500	—	—	—	—	—	0,90*	0,38	0,84*
VC	—	—	—	—	—	—	- 0,48	0,96*
CTAn	—	—	—	—	—	—	—	- 0,11

Vm500 – Velocidade média obtida no teste de 500m; Vm3km – Velocidade média obtida no teste de 3km; T_{max} – Tempo que o indivíduo exercita-se na V_{max}; V_{max} – Velocidade de corrida associada ao VO_{2max}; Tempo para VO_{2max} – Tempo gasto pelo indivíduo para atingir o VO_{2max}; Tempo no VO_{2max} – Tempo que o indivíduo exercita-se no VO_{2max}; CTAn – capacidade de trabalho anaeróbio VC – Velocidade crítica; LL – Limiar de Lactato. *P<0,05.

Tabela 6. Correlação entre Custo de O₂ submáximo (C) e demais variáveis.

	VC	LL	VO _{2max}	Tempo para VO _{2max}	Tempo no VO _{2max}	T _{max}	V _{max}	CTAn
C (Todos)	-0,57	-0,73	-0,42	0,07	0,23	0,21	-0,73	-0,02
C G1 (<VC)	-0,53	-0,75	0,04	0,32	0,39	0,48	-0,79	-0,78
C G2 (>VC)	-0,06	-0,43	-0,28	0,54	-0,69	0,31	-0,5	0,79

Os resultados do presente estudo indicam que é possível se realizar avaliação funcional e estimar parâmetros de aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos a partir do desempenho em testes de campo. Todas as variáveis obtidas em testes de campo apresentaram correlação significativa com parâmetros como limiar anaeróbio e V_{max}. Outro resultado interessante foi que a CTAn de indivíduos com melhor aptidão aeróbia apresentou relação inversa com a eficiência mecânica dos mesmos.

Resultados semelhantes tem sido reportados em estudos prévios. Em um estudo realizado em ciclistas (McLELLAN; CHEUNG, 1992) verificou-se que o limiar anaeróbio individual aconteceu por volta de 88,7% da VC e a 82,2 ± 2,6% da V_{max}.

Neste estudo o LL correspondeu a 92,3% da VC, a VC correspondeu a aproximadamente 95% e o LL a 87,7%, da V_{max}. Demarine et al. (2000) relataram que a VC em corredores corresponde a 84% da V_{max}. As diferenças observadas entre os resultados do presente estudo em relação ao estudo de McLellan et al. (1992) podem ser explicadas devido ao tipo de exercício realizado (cicloergômetro). Já as diferenças entre os resultados apresentados por Demarine et al. (2000) deve-se ao fato dos participantes daquele estudo terem sido atletas, bem como as diferenças metodológicas, especialmente na identificação da V_{max}. No estudo de Demarine et al. (2000), a V_{max} foi identificada considerando-se a velocidade real obtida ao final do teste de incrementos (momento de exaustão), enquanto no presente estudo

Motriz, Rio Claro, v.12, n.2, p.00-00, mai./ago. 2006

a V_{max} foi estimada a partir do custo de O₂ durante exercício submáximo seguindo a fórmula proposta por Di Prampero (1996).

Apesar dos valores do LL e LV não apresentarem diferenças significativas entre si, quando comparamos estes valores com a VC podemos notar uma diferença considerável de aproximadamente 15 m.min⁻¹ entre as intensidades correspondentes ao limiar anaeróbio (LL e LV), sendo a VC 7 a 8% mais intensa que o LL e LV (Tabela 2). Assim, caso tivessem se exercitado na VC, os participantes poderiam ter um maior acúmulo de lactato e fadiga precoce.

Segundo McLellan et al. (1992) é possível exercitar-se por pelo menos 30 minutos na intensidade IAT (*Individual Anaerobic Threshold*) e 15 minutos na VC, demonstrando que pequenos aumentos na intensidade podem reduzir o tempo de duração do exercício pela metade. Assim, ao utilizar a VC como referência de limiar anaeróbio, deve-se considerar a tendência da VC em superestimar o LL. Para esse grupo por nós estudado o LL ocorreu a aproximadamente 92% da VC (Tabela 3).

Além de não terem sido diferentes, o LL e o LV foram altamente correlacionados entre si ($r = 0,92$). Uma das vantagens de se realizar testes com análise de gases é a possibilidade de se determinar, em um mesmo teste, variáveis úteis para avaliação e prescrição de treinamento como o VO_{2max}, V_{max}, e o T_{max}. No presente estudo o limiar anaeróbio ocorreu entre 87 e 88% da V_{max}, o T_{max} não diferiu do tempo de realização do teste de 3km, e a V_{max} não diferiu da Vm3Km, reforçando a possibilidade de utilização deste teste (corrida de 3km) para se estimar o limiar anaeróbio, o V_{max} e o T_{max}.

Foi possível observar uma variação considerável entre os tempos em que os indivíduos se mantiveram no VO_{2max} (74,4 ± 69,6 segundos, Tabela 4). Resultados semelhantes também foram relatados por Hill e Rowel (1997), que encontraram um tempo no VO_{2max} de 56 ± 48 segundos para corredores, e observaram um coeficiente de variação de 86% enquanto no presente estudo observamos um coeficiente de variação de 93,6%.

O T_{max} foi em média 677 ± 152 segundos, semelhante ao encontrado por Demarine et al. (2000) que observaram T_{max} de 623 ± 86 segundos. No entanto, tais autores utilizaram-se de uma intensidade intermediária entre o LL e V_{max} sugerindo que a intensidade que identificamos como V_{max} foi diferente da empregada por eles.

Segundo Demarine et al. (2000), a capacidade de se manter no VO_{2max} por maior tempo depende também da habilidade de suportar o acúmulo de lactato nessa intensidade. A alta correlação entre T_{max} e Tempo para VO_{2max} ($r = 0,96$) (Tabela 5) encontrada no presente estudo, indica que indivíduos que tenham um maior

Motriz, Rio Claro, v.12, n.2, p.103-111, mai./ago. 2006

T_{max} terão também um maior Tempo para VO_{2max} e com isso terão uma maior participação inicial do sistema anaeróbio, sugerindo que nem sempre porque o indivíduo permanece por um período de tempo maior no VO_{2max} este indivíduo terá uma cinética de consumo de O₂ mais rápida e com menor participação do sistema anaeróbio.

A correlação entre Tempo no VO_{2max} e Vm500 foi ligeiramente maior que a obtida entre Tempo no VO_{2max} e T3km (Tabela 5). Contudo, nossos resultados médios da CTAn (Tabela 4) nos permitiram estimar uma participação anaeróbia de apenas 40,2 % durante a corrida de 500m, ou seja, predomínio de metabolismo aeróbio neste tipo de esforço. Assim, em função das correlações entre Vm500 e tempo no VO_{2max}, seria fortuito afirmar que o tempo de permanência no VO_{2max} possa ser fortemente influenciado pela aptidão anaeróbia, especialmente por não termos encontrado correlação com a CTAn.

A V_{max} e T_{max} também se correlacionaram significativamente com outras variáveis como podemos observar na Tabela 5. A V_{max} foi significativamente correlacionado com Vm3km ($r=0,83$) e com VC ($r=0,84$). Além disso, não foram verificadas diferenças significativas entre Vm3km e V_{max} (Tabela 2). Estes resultados sugerem que, em se tratando de um teste de corrida de 3km, a Vm3km também poderia ser utilizada como referência de intensidade de exercício em que o VO_{2max} pode ser atingido.

Segundo Hill e Rowel (1996) a V_{max} é uma variável eficiente para avaliação e prescrição do treinamento, pois se a V_{max} é a velocidade em que o VO_{2max} pode ser atingido, esta intensidade pode ser considerada ideal para prescrição de treinamento quando a intenção é aumentar a potência aeróbia máxima do praticante. Finalmente, na impossibilidade da utilização da V_{max} podemos fazer uso da Vm3km, pois para aqueles indivíduos com as mesmas características dos que foram estudados no presente estudo a Vm3km reflete a V_{max} (Tabela 2 e 3).

Smith et al. (1999) evidenciaram a validade da utilização de tempos relativos ao T_{max} para prescrição de intensidades de exercício no treinamento. Tem-se sugerido que 60 % do T_{max} seja o tempo mínimo para se atingir o VO_{2max} durante exercícios na intensidade da V_{max} durante programas de treinamento (HILL; ROWEL, 1997). O T3km foi altamente correlacionado com VC, porém negativamente ($r=-0,98$), ou seja, quanto menor for o tempo do 3km (T3km) maior será VC. O mesmo foi observado entre LL, LV e Vm3km (Tabela 5) e, apesar da VC ter sido diferente do LL e LV (Tabela 2), foi constatado alta correlação entre as variáveis LL vs VC e LV vs VC (Tabela 5), demonstrando assim que quanto maiores forem a Vm3km, o LV ou LL maior será a VC do indivíduo.

Logo podemos considerar que tanto o T_{max} , Tempo para o VO_{2max} , Tempo no VO_{2max} , VC, LL e LV, bem como desempenho em corrida de 3km são variáveis muito úteis aos profissionais de Educação Física, pois permitem uma boa caracterização da condição aeróbia de seus clientes, sejam eles apenas fisicamente ativos ou atletas.

Alta correlação também foi observada entre o T3km e a velocidade média dos 500m (V_{m500}) ($r=-0,95$), evidenciando que para indivíduos com características semelhantes as do presente estudo, quanto melhor o desempenho em corrida de 500m, melhor será o desempenho em corrida de 3km. Além do T3km ser altamente correlacionado com a VC ($r=-0,98$), também apresentou alta correlação com a velocidade em que ocorre o VO_{2max} (V_{max}) ($r=-0,79$).

Estas altas correlações entre os parâmetros de aptidão física (V_{max} , VC, Tempo no VO_{2max} , Tempo para VO_{2max} , CTAn, LL e LV) e o desempenho em corrida de 500m e 3km evidenciam a possibilidade de utilizarmos apenas testes indiretos, tendo em vista sua fácil aplicação e fidedignidade. Testes de desempenho em corridas de 500m e 3km nos permitem ainda determinar a VC e CTAn, bem como estimar o limiar anaeróbio e a V_{max} .

Os resultados das relações observadas entre CTAn e custo submáximo de O_2 (Tabela 6) sugerem que, para indivíduos com maior aptidão aeróbia (G_2), quanto maior eficiência mecânica (menor C), menor a contribuição anaeróbia (menor CTAn) e portanto maior possibilidade de suportar maior tempo na V_{max} e no VO_{2max} . Assim, estudos adicionais deveriam analisar a hipótese da CTAn refletir ineficiência mecânica. No presente estudo, a eficiência mecânica, representada pelo custo de O_2 submáximo, parece influenciar tanto a performance aeróbia quanto os valores de CTAn (Tabela 6), e/ou ser influenciada pela CTAn, especialmente quando analisados apenas os participantes com maior aptidão aeróbia, sugerindo que a CTAn talvez possa indicar uma menor eficiência mecânica no exercício aeróbio submáximo.

Como conclusão, este estudo demonstrou que as variáveis VC, V_{m3km} , V_{m500} e V_{max} foram altamente correlacionadas entre si, sugerindo que os testes obtidos de maneira indireta como VC, CTAn e desempenho em corrida de 500m e 3km podem ser utilizados na avaliação física e prescrição de treinamento. Além disso, apesar dos resultados sugerirem a possibilidade da CTAn indicar ineficiência mecânica durante exercício aeróbio submáximo, tal hipótese ainda precisa ser investigada por outros autores.

Referências

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's resources manual for guidelines for exercise testing and

prescription. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1998.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Hagerstown, v.14, p.377-381, 1982.

COEN, B.; SCHWARZ, L.; URHAUSEN, A.; KINDERMANN, W. Control of training in middle and long-distance running by means of the individual anaerobic threshold. **Int. J. Sports Med.**, Stuttgart, DE, v. 12, n.6, p.519-24, 1991.

DEMARINE, S.; KORALSZTEIN, J. P.; BILLAT, V. Time limit and time at (V) over dot O-2max, during a continuous and an intermittent run. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, Torino, v.40, p.96-102, 2000.

Di PRAMPERO, P. E. The energy cost of human locomotion on land and in water. **Int. J. Sports Med.**, Stuttgart, DE, v.5, p.55-72, 1996.

HILL, D.W. The critical power concept. **Sports Med.**, Auckland, NZ, v.16, n.4, p.237-254, 1993.

HILL, D.W. Aerobic and anaerobic contribution in middle distance running events. **Motriz: Rev. Ed. Fis.**, Rio Claro, v.7, p.S63-S67, 2001.

HILL, D. W.; ROWEL, A. L. Running velocity at VO_{2max} . **Med. Sci. Sports Exerc.**, Hagerstown, v.28, p.114-119, 1996.

HILL, D. W.; ROWEL, A. L. Responses to exercise at the velocity associated with VO_{2max} . **Med. Sci. Sports Exerc.**, Hagerstown, v.29, p.113-116, 1997.

HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. A methodological consideration for determination of critical power and anaerobic work capacity. **Res. Q. Exercise Sport**, Reston, v.61, p.406-409, 1990.

McLELLAN, M. T.; CHEUNG, S. K. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Hagerstown, v.24, p.543-550, 1992.

POOLE, D. C. Correspondence. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Hagerstown, v.18, p.703-704, 1986.

SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S.; KUSHNICK, M. R.; NAKAMURA, A.; KATSANOS, C. S.; BALDISSERA, V.; MOFFATT, R. J. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Heidelberg, v.89, p.603-11, 2003.

SMITH, T.P.; McNOUGHTON, L.R.; MARSHALL, K.J. Effects of 4-wk training using V_{max} / T_{max} on VO_{2max} and Performance in athletes. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Hagerstown, v.31, p.892-896, 1999.

SPENCER, M. R.; GASTIN, P. B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Hagerstown, v.33, p.157-162, 2001.

WASSERMAN, K.; McLLORY, M.B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **Am. J. Cardiol.**, New York, US, v.14, p.844-852, 1964.

WHIPP, B. J.; WASSERMAN, K. Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Heidelberg, v.33, p.351-356, 1972.

YOSHIDA, T; UDO, M.; IWA, K.; CHIDA, M.; ICHIOKA, M.; NAKADOMO, F.; YAMAGUCHI, T. Significance of the contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performances in female athletes. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Heidelberg, v.1, p.63-69, 1990.

Apoio Financeiro CNPq

Endereço:

Herbert Gustavo Simões
Universidade Católica de Brasília
Programa de Mestrado e Doutorado em Educação Física
QS 07, lote 1 S/N. Bloco G sala 116
Taguatinga DF
72030-170
e-mail: hsimoes@pos.ucb.br
pacheco.sp@bol.com.br

Manuscrito recebido em 02 de agosto de 2006.

Manuscrito aceito em 10 de outubro de 2006.