CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE CORREDORES MEIO-FUNDISTAS DE DIFERENTES NÍVEIS COMPETITIVOS

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MIDDLE-DISTANCE RUNNERS OF DIFFERENT COMPETITIVE LEVELS

Juliano Dal Pupo*
Kristopher Mendes de Souza**
Francimara Budal Arins**
Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo***
Saray Giovana dos Santos***

RESUMO

O estudo teve como objetivos comparar os índices de potência e capacidade aeróbia, cinética de consumo de O₂ e potência muscular em dois grupos de corredores meio-fundistas e verificar se a predição da *performance* nos 1.500m é dependente do nível de treinamento. Dele participaram 21 corredores, sendo nove classificados como treinados (grupo 1 - G1) e 12 moderadamente treinados (grupo 2 - G2). Foram avaliados os seguintes indicadores: 1) a *performance* nos 1.500m; 2) o consumo máximo de oxigênio (VO₂max), limiar anaeróbio e velocidade de corrida no VO₂max (vVO₂max), mediante a aplicação do teste incremental; 3) o tempo-limite de atingimento do VO₂max na vVO₂max; 4) os saltos verticais. Os principais resultados mostraram que os índices de potência e capacidade aeróbia foram maiores no G1, cujos componentes se mostraram capazes de diferenciar o nível competitivo dos corredores. A vVO₂max foi o único índice a explicar a *performance* nos 1.500m, independentemente do nível de treinamento.

Palavras-chave: Corredores. Performance Aeróbia. Potência Muscular.

INTRODUÇÃO

Vários estudos têm procurado determinar os índices fisiológicos mais adequados que possam ser utilizados como referência para o controle dos efeitos do treinamento e a predição da *performance* nas corridas de predominância aeróbia (BRANDON, 1995; DENADAI, 1995; GRANT et al., 1997; DENADAI; ORTTIZ; MELLO, 2004). Tradicionalmente, os índices mais estudados são o consumo máximo de oxigênio (VO₂max), a velocidade correspondente ao VO₂max (vVO₂max), o tempo de sustentação nesta intensidade (Tlim), além de índices associados à resposta do lactato sanguíneo durante o exercício submáximo, como o limiar anaeróbio (LAn).

O VO₂max é um índice de potência aeróbia que, de modo geral, tem correlação com o desempenho em eventos com duração entre 3 e 8

min, a exemplo dos 1.500 m (BRANDON, 1995); no entanto esse índice apresenta grande variação entre indivíduos que se encontrem em diferentes estados de treinamento aeróbio e parece não ser capaz de diferenciar o nível de 'performance' de corredores (DENADAI, 1996). De acordo com o referido autor, existe uma baixa correlação entre o VO₂max e a *performance* em indivíduos altamente treinados, possivelmente em virtude de este índice nem sempre se modificar com o treinamento ou destreinamento.

Tem-se relatado que, para atletas de alto rendimento, mais importante que um elevado VO₂max é exercitar-se em uma elevada intensidade relativa ao VO₂max e manter-se nela por um longo período, principalmente para competidores de provas realizadas com intensidades entre 95-110% do VO₂max (CAPUTO et al., 2009). Nesse sentido, índices

* Doutorando em Educação Física - Universidade Federal de Santa Catarina.

** Mestrando (a) em Educação Física - Universidade Federal de Santa Catarina.

*** Professor (a) Doutor (a) do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

como a $v\text{VO}_2\text{max}$ e o T_{lim} parecem diferenciar de modo mais preciso o nível de 'performance' de corredores (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996; DENADAI; ORTTIZ; MELLO, 2004; BILLAT et al., 2009). Em adição, estes índices são capazes de explicar em grande parte a performance de corredores treinados na prova de 1.500m (BILLAT et al., 1996; DENADAI; ORTTIZ; MELLO, 2004).

Além dos índices relacionados à potência aeróbia, o tempo para se atingir o VO_2max (TAVO_2max) em exercícios com intensidades próximas a $v\text{VO}_2\text{max}$ também tem sido considerado importante para a performance aeróbia. Segundo Caputo e Denadai (2004), corredores treinados possuem um menor TAVO_2max do que indivíduos sedentários, podendo assim ser este considerado uma variável de controle do nível de treinamento e de performance aeróbia.

Diferentemente dos índices associados ao consumo de oxigênio (VO_2), aqueles relacionados com a resposta do lactato sanguíneo, tais como o LAn , são os que melhor representam a capacidade aeróbia, demonstrando ter maior relação com o rendimento em provas de longa duração e ser capazes de selecionar o nível de performance, inclusive em atletas de elite (DENADAI, 1996), embora o LAn pareça não apresentar grande significância para o desempenho em provas realizadas entre 3 e 8 min, a exemplo dos 1.500 metros rasos (CAPUTO et al., 2009).

Em adição, alguns estudos têm mostrado que a performance em eventos predominantemente aeróbios pode ser limitada não somente por fatores centrais, mas também pelos aspectos neuromusculares (PAAVOLAINEN, NUMMELA; RUSKO, 1999; NUMMELA et al., 2006). Dentre estes aspectos, a capacidade de utilização da energia elástica no ciclo alongamento-encurtamento (CAE) é considerada um importante mecanismo para otimizar tanto a potência muscular (KOMI; GOLLHOFER, 1997; MERO; KUITUNEN; KOMI, 2001) quanto a economia de VO_2 nas corridas (GUGLIELMO; GRECO; DENADAI, 2009). De acordo com Bosco (1999), o nível de potência muscular e capacidade de utilização do CAE pode ser avaliado por meio do desempenho no salto vertical com contramovimento (CMJ), amplamente utilizado para o controle dos efeitos do treinamento e

predição da performance de corredores (HENNESSY; KILTY, 2001; MIGUEL; REIS, 2004; SMIRNIOTOU et al., 2008).

Sabendo-se da importância de determinar os marcadores fisiológicos que conseguem prever a performance aeróbia e destacar os atletas de maior rendimento, o presente estudo objetivou: 1) analisar e comparar o nível de performance na prova de 1.500m, os índices de potência aeróbia (VO_2max , $v\text{VO}_2\text{max}$, T_{lim}), de capacidade aeróbia (LAn), da cinética do VO_2 (Tau , amplitude do VO_2 , TAVO_2max), ainda e o nível de potência muscular, em dois grupos de corredores meio-fundistas: um de treinados e um de moderadamente treinados; 2) verificar se a predição da performance nos 1.500m é dependente do nível de treinamento dos corredores.

MÉTODOS

Sujeitos

Participaram deste estudo 21 corredores meio-fundistas, divididos em dois grupos: grupo 1 (G1), composto por 9 corredores considerados treinados, federados, com experiência em competições a nível estadual e nacional, todos do sexo masculino ($18,1 \pm 0,9$ anos; $64,4 \pm 11,2$ kg; $171,9 \pm 11,2$ cm; $7,1 \pm 1,9$ % de gordura corporal). Tais atletas possuíam uma frequência de treinamento semanal de 6 vezes, com um volume médio de treino de 70 km/semana. O grupo 2 (G2) foi composto por 12 corredores considerados moderadamente treinados, com experiência em competições apenas de nível regional, todos do sexo masculino ($28,36 \pm 6,47$ anos; $68,67 \pm 8,05$ kg; $173,77 \pm 7,23$ cm; $10,62 \pm 2,95$ % de gordura corporal). Os corredores treinavam com uma frequência de quatro vezes por semana, com percurso de aproximadamente 40 km para o referido período. A seleção dos atletas foi do tipo intencional não probabilística, tendo-se como critério para seleção a participação em pelo menos uma competição no ano em que ocorreram as avaliações. Para a divisão dos grupos (G1 e G2), utilizou-se como critério seu nível competitivo.

Procedimentos e Instrumentos

Antes da coleta de dados os atletas foram informados sobre os objetivos do estudo, para então assinarem o termo de consentimento livre

e esclarecido. O projeto foi aprovado pelo comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina (protocolo n.º 319/07).

As avaliações foram realizadas em ambiente laboratorial e em uma pista de atletismo, ao longo de quatro dias, na seguinte ordem: simulação de prova para determinação da performance nos 1500m; avaliação antropométrica e teste incremental máximo; tempo de exaustão e realização dos saltos verticais.

Os testes foram realizados com intervalo mínimo de 24h, sempre respeitando-se o mesmo horário do dia. Todos os participantes foram orientados a não realizar treinamentos intensos durante o período das coletas e comparecerem alimentados e hidratados para as avaliações.

Avaliação antropométrica

Os procedimentos para as mensurações antropométricas seguiram os protocolos definidos em Petroski (2007). A massa corporal e a estatura foram medidas com uma balança digital da marca Toledo® com precisão de 100g e um estadiômetro com precisão de 1 mm, respectivamente. A espessura das dobras cutâneas foi mensurada com um plicômetro Cescorfi® com resolução de 0,1 mm. A partir de tais medidas, calculou-se a densidade corporal segundo a equação de Jackson e Pollock (1978) e, subsequentemente, estimou-se o percentual de gordura por meio da equação de Siri (1961).

Determinação da performance

Após realizarem um aquecimento prévio (trote submáximo de 5 min), os atletas fizeram uma simulação da corrida de 1.500m rasos em uma pista oficial de atletismo, para se obter a performance nesta prova (P1500). O tempo foi cronometrado manualmente.

Determinação do VO₂max, vVO₂max e LAn

Realizou-se um teste de corrida incremental em esteira rolante (Imbramed Millennium 10.200, IMBRAMED®, Porto Alegre, Brasil), com velocidade inicial de 12 km/h⁻¹ e 1% de inclinação, com incrementos de 1 km/h⁻¹ a cada 3 min, até a exaustão espontânea. Entre cada estágio ocorreu um intervalo de 30 segundos para coleta de sangue do lóbulo da orelha para medir a dosagem do lactato sanguíneo. O VO₂ foi mensurado respiração a respiração a partir do

gás expirado por meio de um analisador de gases (K4b², COSMED, Roma, Itália) com os dados reduzidos a médias de 15s. As amostras de sangue foram armazenadas em tubos *eppendorffs* e posteriormente analisadas em um analisador eletroquímico (YSI 2700 Stat Select, Yellow Springs, OH, USA). Os equipamentos foram previamente calibrados de acordo com as recomendações do fabricante.

O VO₂max foi considerado como o maior valor obtido durante o teste nos intervalos de 15 s. Para verificar se durante o teste os indivíduos atingiram o VO₂max, foram adotados os critérios propostos por Taylor et al. (1955). A vVO₂max foi considerada como a menor velocidade de corrida na qual ocorreu o VO₂max (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). A velocidade de corrida associada ao LAn (vLAn) foi determinada pela concentração fixa de lactato de 3,5 mmol.l⁻¹ (HECK et al., 1985).

Determinação do Tlim e TAVO₂max

Para a determinação do Tlim foi utilizado um protocolo de cargas contínuas em esteira rolante. Inicialmente os indivíduos realizaram um aquecimento de 7 min a uma intensidade correspondente a aproximadamente 60% da vVO₂max. Posteriormente, após um intervalo recuperativo de 5 min, a velocidade da esteira foi ajustada para 100% da vVO₂max previamente determinada e os indivíduos foram estimulados verbalmente a manter o esforço até a exaustão. O VO₂ foi mensurado continuamente respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado por um analisador de gases K4b². O Tlim foi considerado como o tempo total de esforço mantido na vVO₂max, o qual foi expresso em segundos.

O tempo para alcançar o VO₂max (TAVO₂max) durante o Tlim foi obtido a partir da análise da cinética do aumento do VO₂ até o VO₂max, descrita por uma função monoexponencial realizada no *software* K4b², de acordo com a equação:

$$VO_2(t) = VO_{2\text{repouso}} + A \times (1 - e^{-(t/\tau)}),$$

Em que: VO₂(t) é o consumo de oxigênio no tempo t; VO₂base é o consumo de oxigênio no início de teste; A é a amplitude no consumo de oxigênio (VO₂assíntota - VO₂base) e o τ é a

constante de tempo (definida como o tempo requerido para atingir 63% de A).

Sabendo-se que o VO_2 alcança seu valor máximo a 99% do valor da assíntota ($VO_{2\text{repouso}} + A$), o tempo (t) necessário para tal é 4,6 vezes a constante τ (63% de A); desta forma, o $TAVO_{2\text{max}}$ foi definido por: $4,6 \times \tau$, expresso em segundos e percentual do $Tlim$.

Determinação da potência muscular

O nível de potência muscular dos corredores foi avaliado a partir do desempenho obtido (altura) no salto vertical denominado *Counter Movement Jump* (CMJ) (BOSCO, 1999). O protocolo do CMJ consiste em partir de uma posição em pé, com as mãos na cintura, e executar um salto com contramovimento, que é uma aceleração para baixo do centro de gravidade, flexionando-se os joelhos até próximo a 90°. Neste salto ocorre o ciclo alongamento-encurtamento (CAE) dos músculos agonistas do movimento. Utilizou-se como instrumento de medida uma plataforma de força piezométrica (*Quattro Jump 9290AD*, Kistler® Instrument AG, Winterthur, Switzerland). A altura do salto foi calculada por meio da dupla integração da força vertical de reação do solo, mensurada pela plataforma. Foram realizadas três tentativas, das quais a de melhor resultado foi considerada para a análise.

Análise estatística

Utilizou-se a estatística descritiva (média e desvio padrão) para apresentação dos resultados. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*. Subsequentemente realizou-se um teste t para amostras independentes, para comparar as variáveis nos dois grupos. A fim de verificar a contribuição das variáveis analisadas na P1500, realizou-se uma análise de regressão múltipla com o método *step-wise* para seleção das variáveis. Adotou-se um nível de significância de 5%. O pacote de análise estatística SPSS™ versão [11.5] para *Windows* foi utilizado para análise.

RESULTADOS

Conforme mostra a Tabela 1, os corredores treinados apresentaram maior nível de performance (tempo e velocidade média) na

prova de 1.500 metros rasos em relação aos corredores do grupo 2, o dos moderadamente treinados. Ambos os grupos correram os 1.500m a uma velocidade média acima da $vVO_{2\text{max}}$, porém com uma porcentagem maior no G1 (5,78%) quando comparados ao G2 (2,37%).

Tabela 1 - Valores médios $\pm$ DP da performance nos 1.500 metros rasos (tempo de prova, velocidade absoluta e relativa à $vVO_{2\text{max}}$).

	G1 (n=9)		G2 (n=12)	
	Média	DP	Média	DP
P1500 (s)	257	6,08	288,08*	11,56
P1500 (km.h ⁻¹)	21,02	0,5	18,77 *	0,75
P1500 (% $vVO_{2\text{max}}$)	105,78	2,76	102,41*	2,68

P1500: performance na prova de 1.500m; * diferença significativa entre os grupos

Na Tabela 2 estão apresentados os valores das variáveis obtidas no teste incremental ($VO_{2\text{max}}$, $vVO_{2\text{max}}$, $vLAN$), no teste de carga contínua ($Tlim$ e parâmetros da cinética do VO_2) e o desempenho no CMJ, indicador de potência muscular. Conforme os resultados mostrados na Tabela 2, os índices relacionados ao sistema aeróbio ($VO_{2\text{max}}$, $vVO_{2\text{max}}$, $Tlim$ e $vLAN$) mostram-se significativamente superiores no G1. Os demais índices - CMJ, Tau, amplitude do VO_2 e $TAVO_{2\text{max}}$ (em valores absolutos) - foram semelhantes entre os dois grupos, sendo que esta última, quando expressa em % do $Tlim$, mostrou-se maior no G2.

Tabela 2 - Valores médios $\pm$ DP das variáveis fisiológicas $VO_{2\text{max}}$, $vVO_{2\text{max}}$, $Tlim$, $vLAN$, cinética do $VO_{2\text{max}}$ e do desempenho no CMJ.

	G1 (n=9)		G2 (n=12)	
	Média	DP	Média	DP
$VO_{2\text{max}}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	69,99	3,93	64,87*	3,74
$vVO_{2\text{max}}$ (km.h ⁻¹)	19,89	0,78	18,33*	0,65
$Tlim$ (s)	424,56	47,24	350,75*	65,11
Tau (s)	32,75	6,01	32,61	5,57
Amplitude VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	57,68	8,58	54,80	9,62
$TAVO_{2\text{max}}$ (s)	150,65	27,64	150,01	25,61
$TAVO_{2\text{max}}$ (% $Tlim$)	35,5	6,53	43,74*	9,23
$vLAN$ (km.h ⁻¹)	16,57	1,31	15,07*	0,86
CMJ (cm)	43,32	6,91	41,11	3,84

$VO_{2\text{max}}$: consumo máximo de O_2 ; $vVO_{2\text{max}}$: velocidade correspondente ao $VO_{2\text{max}}$; $Tlim$: tempo de sustentação na $vVO_{2\text{max}}$; $TAVO_{2\text{max}}$: tempo necessário para atingir o $VO_{2\text{max}}$; $vLAN$: velocidade referente ao limiar anaeróbio; CMJ: contramovimento *jump*; * diferença significativa entre os grupos

De acordo com a análise de regressão múltipla, a $vVO_2\text{max}$ foi a única variável capaz de explicar a variação da performance, tanto para o G1 (58% da P1500) como para o G2 (57% da P1500).

Tabela 3 - Regressão linear múltipla entre as variáveis analisadas e a P1500

	Variável independente	R ²
P1500 (G1)	$vVO_2\text{max}$	0,58
P1500 (G2)	$vVO_2\text{max}$	0,57

P1500: performance nos 1500 m rasos; $vVO_2\text{max}$: velocidade referente ao $VO_2\text{max}$

DISCUSSÃO

Um dos objetivos deste estudo foi verificar quais marcadores fisiológicos são capazes de diferenciar o nível de performance de corredores meio-fundistas. Os principais resultados mostraram que os índices de potência e capacidade aeróbia são significativamente superiores nos corredores de maior nível, podendo-se afirmar que essas diferenças encontradas são, provavelmente, resultantes dos efeitos das cargas de treinamento. Cumpre ressaltar que não devem ser desconsiderados os aspectos genéticos, um fator não controlado neste estudo.

O $VO_2\text{max}$ é considerado o índice fisiológico que melhor representa a potência aeróbia de um indivíduo (BASSETT; HOWLEY, 2000), sendo que atletas de *endurance* costumam apresentar valores 1,5 a 2 vezes superiores aos de indivíduos saudáveis (DENADAI, 1995). No presente estudo, os corredores treinados apresentaram valores superiores aos dos atletas moderadamente treinados, de menor nível competitivo, mostrando ser um índice capaz de diferenciar os dois grupos.

De acordo com evidências apontadas na literatura (DENADAI, 1995; DENADAI, 1996), esse índice apresenta grande variação entre indivíduos que possuem diferentes níveis de aptidão aeróbia e parece não ser capaz de diferenciar de maneira efetiva o nível de performance de corredores. De modo geral, o $VO_2\text{max}$ tem correlação com o desempenho em eventos com duração entre 3

a 8 min, a exemplo dos 1.500m (BRANDON, 1995); no entanto, existe uma baixa correlação entre o $VO_2\text{max}$ e a performance em atletas altamente treinados, possivelmente em virtude de o $VO_2\text{max}$ nem sempre se modificar com o treinamento ou destreinamento (BILLAT et al., 1994). Conforme Denadai, Ortiz e Mello (2004), nesses indivíduos a melhora na performance aeróbia possivelmente é advinda de adaptações neuromusculares e metabólicas, já que a oferta central de oxigênio é limitada pelo débito cardíaco, o que impede que o $VO_2\text{max}$ continue aumentando com o efeito do treinamento. Assim, pode-se dizer que os maiores valores de $VO_2\text{max}$ no G1 não explicam, por si sós, a melhor performance nos 1.500m desse grupo.

Tem-se relatado que, para atletas de maior nível de performance em provas com predominância aeróbia, em adição a um elevado valor de $VO_2\text{max}$, é necessário ter a capacidade de se exercitar em um alto percentual do $VO_2\text{max}$ (CAPUTO et al., 2009). Neste sentido, a $vVO_2\text{max}$ é tida como um dos melhores índices para predição de performance aeróbia. No presente estudo, tal variável foi capaz de explicar 58% e 57% da P1500 no G1 e G2, respectivamente. Com base nisso, pode-se afirmar que ela é capaz de explicar a performance em tal prova seja qual for o nível de treinamento dos corredores. Nossos resultados estão de acordo com os encontrados por Billat et al. (1996) e Denadai, Ortiz e Mello (2004), os quais também verificaram que a $vVO_2\text{max}$ foi capaz de explicar a performance nos 1.500m de corredores altamente treinados e bem-treinados, respectivamente.

Os valores de $vVO_2\text{max}$ obtidos no presente estudo pelos atletas treinados foram superiores ($19,89 \text{ km.h}^{-1}$) aos encontrados no grupo moderadamente treinado ($18,33 \text{ km.h}^{-1}$). Essa diferença significativa indica que tal índice modifica-se de acordo com o nível de treinamento e assim pode ser capaz de diferenciar o nível competitivo dos corredores, visto que a maior potência aeróbia ($VO_2\text{max}$) do G1 é obtida com uma velocidade superior em relação ao G2.

Quanto cada índice fisiológico representa do rendimento total vai depender da duração da prova, portanto, também da intensidade relativa que pode ser mantida ao longo dela (%vVO₂max). A velocidade média de corrida nos 1.500m de ambos os grupos foi próxima da vVO₂max, o que indica a participação efetiva da potência aeróbia nesta prova. Não obstante, no G1 a velocidade sustentada na corrida foi superior (105,78%) em à do G2 (102,41%). Em estudo anterior (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004) foram reportados valores semelhantes de velocidade relativa para atletas bem-treinados na prova de 1.500m (106,7% da vVO₂max). Talvez uma explicação para a maior intensidade relativa do G1 esteja na diferença nos níveis de capacidade anaeróbia dos grupos. Essa hipótese é sustentada pelo fato de a velocidade de corrida próxima do VO₂max não ser determinada somente pelo metabolismo aeróbio, mas também pelo sistema anaeróbio (NOAKES, 1988; FAINA et al., 1997), o que pode influenciar o nível de performance na referida corrida.

Além da velocidade associada ao VO₂max, o tempo pelo qual esta pode ser mantido pelo atleta (Tlim) é considerado um importante discriminador de performance em provas como os 1.500m (BILLAT et al., 1996). No presente estudo, os valores de Tlim dos atletas do G1, de maior vVO₂max, foram superiores aos do G2, cuja vVO₂max foi menor. Resultados distintos foram observados por Caputo e Denadai (2004), em cujo estudo corredores de *endurance* treinados apresentaram a vVO₂max superior quando comparados com indivíduos sedentários, embora o Tlim dos atletas tenha sido menor.

Um fator que pode explicar tal ocorrência é a grande variabilidade do Tlim existente entre indivíduos com vVO₂max semelhantes, a qual pode chegar a um coeficiente de variação de 25% (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). No caso do presente estudo, apesar de a vVO₂max ser superior no G1 em relação ao G2, tais valores estão bem mais próximos se comparados aos do estudo de Denadai e Caputo (2004), no qual a vVO₂max dos atletas foi bem superior (19,4 km.h⁻¹) à dos sedentários (12,8 km.h⁻¹).

Essa grande variabilidade de Tlim em corredores com potência aeróbia semelhante pode ser atribuída à participação do metabolismo anaeróbio durante o exercício. Em investigação realizada por Faina et al. (1997), verificou-se que o Tlim estava diretamente relacionado com a capacidade anaeróbia dos atletas, a qual pode responder por aproximadamente 16% da produção energética total. Assim, conforme já relatado anteriormente, pode-se supor que os atletas treinados do presente estudo possuem maior capacidade anaeróbia, permitindo um tempo de exaustão maior, mesmo que em velocidades superiores à dos atletas moderadamente treinados.

Além de ser um índice de predição de performance, o Tlim na vVO₂max é utilizado para controlar a duração dos estímulos durante um treinamento intervalado com o objetivo de manter-se exercitando pelo maior tempo possível no VO₂max (BILLAT et al., 1999). Segundo os autores, há uma variação relativamente grande nos tempos destes estímulos; por isso tem sido sugerido o TAVO₂max como forma de individualizar estas durações de exercício (HILL; WILLIAMS; BURT, 1997; HILL; ROWELL, 1997). No presente estudo, o TAVO₂max foi a 35 e 43% do Tlim para o G1 e o G2, respectivamente, percentuais que são relativamente inferiores aos 49% descritos por Caputo e Denadai (2004), sendo encontrados valores que chegam até 80% do Tlim (HILL; ROWELL, 1997).

Não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros da cinética do VO₂ entre os dois grupos de corredores. Os valores absolutos do TAVO₂max obtidos no presente estudo foram semelhantes aos reportados por Caputo e Denadai (2004), mas relativamente inferiores quando expressos em percentual do Tlim. Poder-se-ia esperar que os corredores do G1 tivessem um menor Tau e TAVO₂max que os atletas do G2, pois está relatado que o efeito do treinamento aeróbio acelera a resposta do VO₂ no início no exercício, alcançando o VO₂max mais precocemente (DEMARLE et al., 2001); no entanto esta diferença parece ser perceptível somente quando comparados indivíduos com

níveis de performance aeróbia bem diferentes, a exemplo dos achados de Caputo e Denadai (2004), que compararam atletas treinados com pessoas sedentárias.

Além dos marcadores fisiológicos relacionados ao VO_2 , as repostas do lactato sanguíneo ao exercício, a exemplo do LAn, também são utilizadas como índice de predição de performance aeróbia e controle de treinamento (COYLE, 1995; JONES, 1998; BENEKE, 2003). No presente estudo, a vLAn mostrou-se significativamente maior no G1, o que indica que esse grupo está melhor condicionado quanto à capacidade aeróbia. Desta forma, pode-se dizer que este índice modifica-se com o treinamento predominantemente aeróbio realizado pelos corredores, sendo capaz de diferenciar o nível de performance dos meio-fundistas.

Importante destacar que na prova de 1.500m, quando realizada em intensidades próximas a 100% do VO_{2max} , a potência aeróbia é considerada a principal preditora da performance, conforme resultados deste estudo. Nestas distâncias, os índices associados à resposta do lactato sanguíneo (capacidade aeróbia) possuem uma parcela menor no desempenho (CAPUTO et al., 2009), não necessitando, desta forma, ser o objetivo principal do treinamento.

A última variável analisada neste estudo refere-se às características neuromusculares, mais especificamente à potência muscular de membros inferiores avaliada por meio do desempenho no CMJ. Não foram encontradas diferenças significativas nesta variável entre o G1 e o G2, indicando que a potência de membros inferiores não foi capaz de diferenciar a performance nos 1.500m nestes diferentes grupos de corredores meio-fundistas.

Por outro lado, estudos recentes têm mostrado que a potência e a força muscular parecem contribuir significativamente para o desempenho em provas predominantemente aeróbias (NUMMELA et al., 2006; GUGLIELMO; GRECO; DENADAI, 2009). De acordo com estudo anterior (PAAVOLAINEN; NUMMELA; RUSKO,

1999), o treinamento aeróbio associado com o de potência é capaz de melhorar a performance em provas de *endurance*, por meio de mecanismos como diminuição no tempo de contato como solo durante a passada e melhor aproveitamento do CAE. Já Guglielmo, Greco e Denadai (2009) relataram que o treinamento de força máxima em associação com o treino aeróbio parece ser mais eficiente para melhorias nos aspectos aeróbios de corredores, como, por exemplo, a economia de corrida. Desta forma, a avaliação da força máxima com uso do teste 1-RM (uma repetição máxima), utilizado no referido estudo, pode ser uma boa estratégia para o controle do treinamento.

Algumas limitações podem estar associadas com o tipo de análise transversal realizado no presente estudo. As principais a serem mencionadas seriam a falta de controle nas possíveis influências da carga genética e o tipo específico de treinamento realizado pelos corredores, fatores que não foram controlados nesta investigação.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo, pode-se concluir que os corredores meio-fundistas com maior nível de performance nos 1.500m apresentaram maior VO_{2max} , vVO_{2max} , Tlim e vLAn do que os corredores moderadamente treinados. Isso indica que tanto a potência quanto a capacidade aeróbia modificam-se de acordo com o nível de treinamento, mostrando-se capazes de diferenciar o nível de performance nos 1.500m. Os parâmetros da cinética do VO_2 e a potência muscular de membros inferiores não diferiram nos dois grupos, sugerindo que tais aspectos não distinguem a performance nesta prova, podendo ocorrer, possivelmente, apenas em grupos de corredores mais heterogêneos. Finalmente, conclui-se que a vVO_{2max} foi capaz de explicar a performance tanto do G1 quanto do G2, ou seja, ela mostrou-se independente em relação ao nível de treinamento dos corredores.

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MIDDLE-DISTANCE RUNNERS OF DIFFERENT COMPETITIVE LEVELS

ABSTRACT

The aims of this study were: to compare indexes of the power and aerobic capacity, kinetics of O₂ uptake and muscle power in two groups of middle-distance runners; to verify if the predicting performance is dependent of training level. Twenty-one male runners, nine classified as trained (group 1 – G1) and twelve moderately trained (group 2 - G2) performed the following tests: 1) time trial run in 1500-m; 2) maximal incremental test for determination of maximal oxygen uptake (VO₂max), anaerobic threshold and running velocity at VO₂max (vVO₂max); 3) all-out exercise bout performed at vVO₂max to determine time of support (Tlim) and the time to achieve VO₂max (TAVO₂max); 4) vertical jump. The main results showed that the power and aerobic capacity indexes were higher in G1, being able to differentiate the competitive level of the runners. The vVO₂max explained the performance in 1500, regardless the training level.

Keywords: Runners. Aerobic Performance. Muscle Power.

REFERÊNCIAS

- BASSETT, D. R. J.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Philadelphia, v. 32, no. 1, p. 70-84, 2000.
- BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. **European Journal of Applied Physiology**, New York, v. 89, no.1, p. 95-99, 2003.
- BILLAT, V. et al. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO₂max with other bioenergetic characteristics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Philadelphia, v. 28, p. 1049-1055, 1996.
- BILLAT, V. et al. Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Philadelphia, v. 31, p.156-163, 1999.
- BILLAT, V. L. et al. Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1500-m run. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 107, p. 478-487, 2009.
- BILLAT, V. L. et al. Reproducibility of running time to exhaustion at VO₂max in sub-elite runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Philadelphia, v. 26, no. 2, p. 254-257, 1994.
- BILLAT, V.; KORALSZTEIN, J. P. Significance of the velocity at VO₂max at time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, Auckland, v. 22, no. 2, p. 90-108, 1996.
- BOSCO, C. **Strength assessment with the Bosco's test**. Roma: Italian Society of Sport Science, 1999.
- BRANDON, L. J. Physiological factors associated with middle distance running performance. **Sports Medicine**, Auckland, v. 19, no. 4, p. 268-277, 1995.
- CAPUTO, F. et al. Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 94-102, 2009.
- CAPUTO, F.; DENADAI, B. S. Resposta do VO₂ e tempo de exaustão durante a corrida realizada na velocidade associada ao VO₂max: aplicações para o treinamento aeróbio de alta intensidade. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 19-31, 2004.
- COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. **Exercise Sport Science Review**, Philadelphia, v. 23, p. 25-63, 1995.
- DEMARLE, A. P. et al. Decrease of O₂ deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 90, p. 947-953, 2001.
- DENADAI, B. S. Consumo máximo de oxigênio: fatores determinantes e limitantes. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Pelotas, v.1, n.1, p. 85-94, 1995.
- DENADAI, B. S. Fatores fisiológicos associados com o desempenho em exercícios de média e longa duração. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Pelotas, v. 1, n. 4, p. 82-91, 1996.
- DENADAI, B. S.; ORTIZ, M. J.; MELLO, M. T. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da duração da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 10, n. 5, p.401-404, 2004.
- FAINA, M. et al. Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakists and swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, New York, v. 76, p. 13-20, 1997.
- GRANT, S. et al. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. **Journal of Sports Science**, Abingdon, v.15, p. 403-410, 1997.
- GUGLIELMO, L. G. A.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Effects of strength training on running economy. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 30, p. 27-32, 2009.

- HECK, H. et al. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6, p. 117-130, 1985.
- HENNESSY, L.; KILTY, J. Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado, v. 15, no.3, p. 326-331, 2001.
- HILL, D. W.; WILLIAMS, C. S.; BURT, S. E. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with VO_2 max. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 18, p. 325-329, 1997.
- HILL, D.W.; ROWELL, A. L. Responses to exercise at the velocity associated with VO_2 max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Philadelphia, v. 29, p. 113-116, 1997.
- JONES, A. M. A five year physiological case study of an olympic runner. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 32, no. 1, p. 39-43, 1998.
- KOMI, P.V.; GOLLHOFER, A. Stretch reflex can have an important role in force enhancement during SSC-exercise. **Journal of Applied Biomechanics**, Newark, v. 13, p. 451-460, 1997.
- MERO, A.; KUITUNEN, S.; KOMI, P. V. Stretch-reflex potentiation during sprint running in sprinters and endurance athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Philadelphia, v. 33, no. 5, p. 282, 2001. Supplement. 1
- MIGUEL, P. J.; REIS, V. M. Speed strength endurance and 400m performance. **New Studies in Athletics**, Monaco, v. 19, no. 4, p. 39-45, 2004.
- NUMMELA, A. et al. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. **European Journal of Applied Physiology**, New York, v. 97, p. 1-8, 2006.
- PAAVOLAINEN, L. M.; NUMMELA, A.; RUSKO, H. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Philadelphia, v. 31, p. 124-130, 1999.
- PETROSKI, E. L. (Ed.). **Antropometria: técnicas e padronizações**. Porto Alegre: Pallotti, 2007.
- SMIRNIOTOU, A. et al. Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v. 48, no. 4, p. 447-454, 2008.
- TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHEL, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 8, p. 73-80, 1955.

Recebido em 16/02/2010

Revisado em 02/05/2010

Aceito em 20/05/2010

Endereço para correspondência: Juliano Dal Pupo. Rua São Tomaz de Aquino, 37, Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis-SC, Brasil. E-mail: juliano.dp@hotmail.com