

INDICES FISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES DETERMINANTES DA PERFORMANCE DE CORREDORES VELOCISTAS E MEIO-FUNDISTAS¹

MS. JULIANO DAL PUPO

Mestre em Educação Física, Professor da Universidade do Sul de Santa Catarina
Doutorando em Educação Física na Universidade Federal de Santa Catarina
(Florianópolis – Santa Catarina – Brasil)
E-mail: juliano.dp@hotmail.com

MS. FRANCIMARA BUDAL ARINS

Mestre em Educação Física, Doutoranda em Educação Física na Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis – Santa Catarina – Brasil)
E-mail: fran@desenvolver.net

DR. LUIZ GUILHERME ANTONACCI GUGLIELMO

Doutor em Ciências da Motricidade, Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis – Santa Catarina – Brasil)
E-mail: luizguilherme@cds.ufsc.br

DRA. ROSANE CARLA ROSENDO DA SILVA

Doutora em Educação Física, Professora Adjunta da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis – Santa Catarina – Brasil)
E-mail: rosane@cds.ufsc.br

DR. ANTÔNIO RENATO PEREIRA MORO

Doutor em Ciências do Movimento Humano, Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis – Santa Catarina – Brasil)
E-mail: moro@cds.ufsc.br

DRA. SARAY GIOVANA DOS SANTOS

Doutora em Engenharia da Produção, Professora Associada da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis – Santa Catarina – Brasil)
E-mail: saray@cds.ufsc.br

1. Apoio Financeiro para realização do projeto: FINEP - Processo 115/06. Não houve conflitos de interesses para realização do presente estudo.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar índices fisiológicos e neuromusculares de corredores e prever a performance dos mesmos. Treze velocistas (VEL) e 11 meio-fundistas (MF) realizaram as seguintes avaliações: 1) performance nos 400 (P400) e 800 m (P800) e pico de lactato (LACmax); 2) determinação do VO_2 max, velocidade do VO_2 max (vVO_2 max) e do LAn ($vLAn$); 3) tempo limite; 4) máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) e 5) counter movement jump (CMJ). Os VEL apresentaram maior MAOD, tempo de pico de lactato, altura e velocidade no CMJ. O VO_2 max, vVO_2 max e $vLAn$ foram maiores nos MF. Conclui-se que os VEL possuem maior capacidade anaeróbia e que os MF apresentam maior aptidão aeróbia. A P400 foi determinada pela associação do LACmax, VO_2 max e CMJ, enquanto que o LACmax e vVO_2 max explicaram a P800.

PALAVRAS-CHAVE: Corredores; aptidão aeróbia; aptidão anaeróbia; potência muscular.

INTRODUÇÃO

Dentre as diversas distâncias de corrida existentes no Atletismo, as provas de 400 e 800 m rasos são consideradas por muitos atletas e treinadores as mais difíceis, por exigir a sustentação de altas intensidades por um tempo relativamente prolongado. A primeira é classificada como corrida de velocidade, ou ainda de “resistência de velocidade”, enquanto que a segunda é classificada como meio-fundo veloz (MIGUEL; REIS, 2004). Apesar de esta última ser predominantemente aeróbia (DI PRAMPERO, 1993; HILL, 1999), em ambas as provas ocorre alta solicitação anaeróbia (HILL, 1999; DUFFIELD; DAWSON; GOODMAN, 2005). Em função disso, é comum notar que os corredores de 800m obtenham resultados satisfatórios nas provas de 400m, sendo que o inverso também é verdadeiro para os corredores de 400 m.

De modo geral, a performance de um atleta em eventos esportivos de alta intensidade, como nas corridas de velocidade, está relacionada a fatores neuromusculares, como a produção de elevados níveis de força e velocidade, determinantes da potência muscular (HENNESSY; KILTY, 2001; HARRINSON; KEANE; COGLAN, 2004; MIGUEL; REIS, 2004; SMIRNIOTOU et al., 2008).

No entanto, para os 400m, onde o esforço de alta intensidade prolonga-se por aproximadamente 45 s em atletas de elite, a performance também é influenciada por aspectos metabólicos, como a capacidade anaeróbia (DUFFIELD; DAWSON; GOODMAN, 2005; NEVILL et al., 2008). Conforme relatado em investigações realizadas (SCOTT et al., 1991; CRAIG; MORGAN, 1998; FRIEDMANN; SIEBOLD; BÄRTSCH, 1997), índices como o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) e a quantificação das concentrações de lactato de pico obtido após exercícios de

alta intensidade, indicadores da capacidade anaeróbia, estão mais associados à performance de velocistas em comparação à meio-fundistas.

Para os 800 m, prova com duração de aproximadamente 2 minutos (para atletas treinados), também há grande solicitação do metabolismo anaeróbio, apesar da predominância aeróbia (HILL, 1999; SPENCER; GASTIN, 2001). Para esta prova, verificou-se que índices de potência aeróbia apresentam correlação com a performance (HILL; ROWELL, 1996). Embora o $VO_2\text{max}$ seja o parâmetro fisiológico que melhor expressa a aptidão cardiorrespiratória do indivíduo (BASSET; HOWLEY, 2000; SILVA; TORRES, 2002), este índice apresenta pouco poder discriminatório da performance em atletas de elite. Nesse sentido, índice como a $vVO_2\text{max}$ é considerada como melhor discriminadora da performance (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004).

Sabendo da importância de determinar os marcadores fisiológicos que conseguem prever a performance em diferentes provas e de compreender as exigências metabólicas específicas de cada evento, o presente estudo objetivou: 1) comparar índices neuromusculares e metabólicos de potência aeróbia ($VO_2\text{max}$, $vVO_2\text{max}$, T_{lim}), de capacidade aeróbia (LAn) e anaeróbia ($LAC\text{max}$ e $MAOD$) em corredores velocistas (VEL) e meio-fundistas (MF) e; 2) verificar quais desses índices predizem a performance dos VEL na prova de 400 m e dos MF nos 800 m rasos.

MATERIAL E MÉTODOS

SUJEITOS

Participaram deste estudo 24 corredores treinados do sexo masculino, divididos em dois grupos: 13 velocistas (VEL) ($20,6 \pm 3,4$ anos; $68,31 \pm 5,47$ kg; $175,35 \pm 5,98$ cm; $8,41 \pm 1,70$ % de gordura corporal) e 11 meio-fundistas (MF) ($17,6 \pm 1,4$ anos; $62,2 \pm 11,4$ kg; $171,4 \pm 11,4$ cm; $7,01 \pm 1,8$ % de gordura corporal). Tais atletas eram federados e possuíam experiência em competições a nível estadual e nacional. A frequência de treinamento semanal dos corredores era de seis vezes, com um volume médio de treino de 30 km/semana para os velocistas e 70 km/semana para os MF. A seleção dos atletas foi do tipo intencional não probabilística, tendo como critério para seleção a participação em pelo menos uma competição no ano em que ocorreram as avaliações.

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 em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (protocolo nº 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 nas distâncias de 400 m e 800 m; saltos verticais e teste incremental máximo; tempo limite a 100%; tempo limite a 120%.

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

DETERMINAÇÃO DA PERFORMANCE E LAC_{max}

Após realizarem um aquecimento (trote submáximo de 5 min) e alongamento prévio, os velocistas realizaram uma simulação da corrida de 400 m rasos, enquanto que os MF simularam os 800 m rasos. Tal avaliação foi realizada em uma pista oficial de Atletismo, sendo o tempo cronometrado manualmente com um cronômetro TIMEX®, modelo Marathon, EUA.

A fim de determinar o pico de lactato após cada prova (LAC_{max}), foram coletadas amostras de 25 µL de sangue do lóbulo da orelha com auxílio de um capilar heparinizado, após o 7º, 9º, 11º, 13º e 15º (VEL) e 3º, 5º, 7º, 9º e 11º (MF) minuto de recuperação, com os atletas sentados durante todo período. O sangue foi armazenado em microtúbulos de polietileno com tampa (*eppendorff*), sendo posteriormente realizada a análise eletroenzimática em um analisador (YSI 2700 Stat Select, Yellow Springs, OH, USA). O LAC_{max} foi considerado o valor de pico da concentração de lactato obtido durante o período de recuperação.

DETERMINAÇÃO DO VO_{2max}, WVO_{2max} E vLAn

Realizou-se um teste de corrida incremental em esteira rolante (Inbramed Millenium 10.200, INBRAMED®, Porto Alegre, Brasil), com velocidade inicial de 10 km.h⁻¹ para os velocistas e 11 km.h⁻¹ para os MF, a 1 % de inclinação, com incrementos de 1 km.h⁻¹ a cada 3 min, até a exaustão voluntária (BILLAT et al., 2000). Entre cada estágio ocorreu um intervalo de 30 s para coleta de sangue do lóbulo da orelha, para determinar 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 à média de 15 s. As amostras de sangue foram armazenadas em tubos de polietileno 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 $\dot{V}O_2\text{max}$ 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 $\dot{V}O_2\text{max}$, foram adotados os critérios propostos por Taylor, Buskirk e Henschel (1955). A $v\dot{V}O_2\text{max}$ foi considerada como sendo a menor velocidade de corrida na qual ocorreu o $\dot{V}O_2\text{max}$ (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). A velocidade de corrida associada ao LAn ($v\text{LAn}$) foi determinada pela concentração fixa de lactato de 3,5 mmol.l⁻¹ (HECK et al., 1985).

DETERMINAÇÃO DO TLIM100%

O tempo limite (Tlim), ou tempo de exaustão na velocidade relativa a 100% da $v\dot{V}O_2\text{max}$, foi determinado a partir de um protocolo de carga contínua em esteira rolante. Os corredores iniciaram o teste realizando um aquecimento de 5 min, a 11 km.h⁻¹ (55 a 68% da $v\dot{V}O_2\text{max}$) para os velocistas e 12 km.h⁻¹ (60 a 75% da $v\dot{V}O_2\text{max}$) para os MF. Posteriormente, após um intervalo recuperativo de 5 min, a velocidade da esteira foi ajustada para 100% da $v\dot{V}O_2\text{max}$, sendo os indivíduos estimulados verbalmente a manter o esforço até a exaustão. O Tlim foi considerado como o tempo total de esforço mantido, sendo o mesmo expresso em segundos.

DETERMINAÇÃO DO MAOD

Inicialmente, os atletas realizaram um teste de exaustão a uma velocidade supramáxima, relativa a 120% da $v\dot{V}O_2\text{max}$, em esteira rolante a 1% de inclinação. O teste foi precedido de um aquecimento de dois períodos de 7 min, a 11 e 12 km.h⁻¹ (VEL) e 12 e 13 km.h⁻¹ (MF). Posteriormente, após um intervalo recuperativo de 5 min, a velocidade da esteira foi ajustada para 120% da $v\dot{V}O_2\text{max}$, sendo os indivíduos estimulados verbalmente a manter o esforço até a exaustão. O $\dot{V}O_2$ foi mensurado continuamente, respiração a respiração, a partir do gás expirado (K4b², COSMED, Roma, Itália), e expresso pela média a cada 15 s. Para as intensidades de corrida submáximas, a média de consumo de todos os pontos (respiração a respiração) do último minuto de cada estágio representou o $\dot{V}O_2$ daquela carga de trabalho.

Posteriormente, foi elaborada uma relação linear individual entre a demanda de oxigênio e a intensidade do exercício, a fim de estimar o $\dot{V}O_2$ referente a 120% da $v\dot{V}O_2\text{max}$. Utilizou-se a metodologia proposta por Scott et al. (1991), na qual são utilizados quatro valores: 1) y-intercepto de 5 mL.kg⁻¹.min⁻¹, que representa o

consumo de oxigênio em repouso, comum a todos os indivíduos; 2 e 3) os dois valores de consumo submáximo de oxigênio em 11 e 12 km.h⁻¹ (VEL) e 12 e 13 km.h⁻¹ (MF) e 4) valor de VO₂max. O MAOD foi obtido a partir da diferença entre o volume total de oxigênio consumido no teste a 120% da vVO₂max e a estimativa da demanda de oxigênio a 120% (dada pela multiplicação do VO₂ a 120% obtido na regressão pelo tempo de exercício até a exaustão).

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS NEUROMUSCULARES

Os atletas realizaram o salto vertical counter movement jump (CMJ) sobre uma plataforma de força piezoelétrica (Kistler®, Quattro Jump, 9290AD, Winterthur, Switzerland), que mensura o componente vertical da força de reação do solo (FRS) em uma frequência de 500 Hz. Para a realização do CMJ, os atletas partiram de uma posição estática em pé, com as mãos na cintura, executando o salto precedido por um contra-movimento, que consistiu em uma aceleração para baixo do centro de gravidade, flexionando os joelhos até próximo aos 90°. Neste salto, os músculos agonistas são alongados durante a descida, na qual as estruturas elásticas são alongadas, ocorrendo acúmulo de energia elástica que pode ser reutilizada na subida (fase concêntrica).

Os dados de FRS mensurados pela plataforma foram adquiridos por meio do software Quattro Jump, Kistler®, ilustrados na Figura 1.

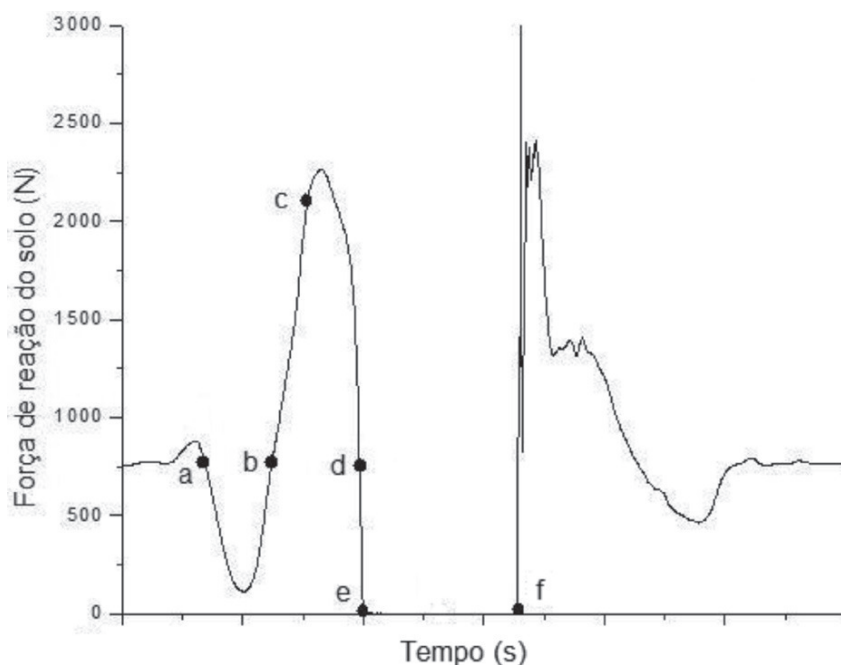


Figura 1. Representação da FRS obtida no CMJ. (a) início do salto; (b) ponto em que o saltador começa acelerar para cima; (c) início da fase concêntrica; (d) momentos antes da impulsão, onde o saltador obtém a máxima velocidade de subida; (e) instante de impulsão; (f) momento da aterrissagem.

Fonte: Adaptado de LINTHORNE, 2001.

A partir da FRS, foram determinadas e identificadas as seguintes variáveis:

- a) Altura do salto: foi calculada usando o software *Quattro Jump*, por meio do método da dupla integração da força. Neste método matemático, inicialmente a curva de aceleração foi obtida dividindo os valores de FRS pela massa corporal dos sujeitos. Subsequentemente, a curva de velocidade do centro de massa foi obtida por uma integração trapezoidal da área abaixo da curva de aceleração. Por último, o deslocamento do centro de massa foi obtido por meio da integração da curva de velocidade, sendo o maior deslocamento vertical considerado a altura de salto.
- b) Potência: obtida a partir da multiplicação da FRS pela velocidade na fase concêntrica do salto (instante “c” ao instante “e” - Figura 1), sendo considerado para análise o valor médio da curva.
- c) Força máxima (Fmax): identificado como o maior valor obtido na fase concêntrica do salto, expresso em termos absolutos (N) e relativizado pela massa corporal (%MC).
- d) Tempo para atingir a força máxima (TFmax) na fase concêntrica do salto.
- e) Taxa de desenvolvimento de força (TDF): foi considerada como a inclinação média da curva força-tempo no intervalo de tempo de 0-50 ms relativos ao início da fase concêntrica.
- f) Pico de velocidade (PV): maior valor identificado na curva de velocidade (obtida pela integração da força) imediatamente antes do desprendimento do pé com o solo (instante “d”, Figura 1).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise dos dados foi utilizada estatística descritiva e o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados, os quais foram considerados com distribuição normal para todas as variáveis. Além disso, a partir do Teste de *Levene*, verificou-se que os grupos possuem homogeneidade das variâncias para todas as variáveis analisadas ($p > 0,05$) permitindo, assim, a utilização de estatística paramétrica. Subsequentemente realizou-se um teste t para amostras independentes, para comparar as variáveis entre os dois grupos. A fim de verificar a contribuição das variáveis analisadas na P400 e P800, 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

Na Tabela 1 estão apresentadas as variáveis fisiológicas obtidas nos dois grupos de corredores. Verificou-se que os velocistas apresentaram valores superiores de MAOD e do tempo de pico de lactato, enquanto que os MF obtiveram valores superiores nos índices de potência aeróbia ($VO_2\text{max}$ e $vVO_2\text{max}$) e de capacidade aeróbia ($vLAn$). O pico de lactato pós-prova e o $Tlim100\%$ não diferiram estatisticamente entre os grupos.

Tabela 1 - Valores descritivos (média \pm DP) das variáveis fisiológicas em corredores velocistas (VEL) e meio-fundistas (MF)

	VEL	MF
MAOD (mL.kg^{-1})	59,09 \pm 3,57 *	47 \pm 9,02
LACmax (mmol.L^{-1})	18,31 \pm 1,99	17,42 \pm 3,21
Tempo do LACmax (min)	11,31 \pm 1,38 *	7,36 \pm 1,5
$VO_2\text{max}$ ($\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	64,71 \pm 5,57 *	72,9 \pm 4,54
$vVO_2\text{max}$ (km.h^{-1})	17,16 \pm 1,19 *	19,9 \pm 0,86
$Tlim100\%$ (s)	370,25 \pm 49,54	401,1 \pm 87,52
$vLAn$ (km.h^{-1})	13,06 \pm 1,9 *	16,47 \pm 1,24

Legenda: MAOD: máximo déficit acumulado de O_2 ; LACmax: pico de lactato obtido no período de recuperação pós-corrida; $VO_2\text{max}$: consumo máximo de O_2 ; $vVO_2\text{max}$: velocidade referente ao $VO_2\text{max}$; $Tlim100\%$: tempo de sustentação na $vVO_2\text{max}$; $vLAn$: velocidade referente ao limiar anaeróbio.

* diferença significativa das variáveis entre os velocistas e meio-fundistas ($p < 0,05$)

Em relação às variáveis neuromusculares apresentadas na Tabela 2, verificou-se que a altura e a potência obtidas no CMJ, além do pico de velocidade ao final da fase de impulsão, foram superiores nos velocistas em comparação aos MF. Os demais índices não diferiram entre os grupos.

Tabela 2 - Valores descritivos (média \pm DP) dos parâmetros neuromusculares obtidos no CMJ em corredores velocistas (VEL) e meio-fundistas (MF)

	VEL	MF
Altura (cm)	54,72 \pm 5,5 *	43,90 \pm 6,5
Potência (W.kg^{-1})	33,31 \pm 5,0 *	28,68 \pm 2,7
Fmax (N)	1742,5 \pm 211,2	1557,4 \pm 388,0
Fmax (%MC)	2,59 \pm 0,26	2,56 \pm 0,30
TFmax (ms)	75 \pm 40	79 \pm 34
TDF (N.s^{-1})	2863,81 \pm 2021,14	2791,67 \pm 2427,67
PV (m.s^{-1})	3,04 \pm 0,15 *	2,69 \pm 0,21

Legenda: TDF: taxa de desenvolvimento de força; Fmax: força máxima; TFmax: tempo para atingir a força máxima; PV: pico de velocidade.

* diferença significativa das variáveis entre os velocistas e meio-fundistas ($p < 0,05$)

A seguir, na Tabela 3, está apresentada a performance dos velocistas na prova de 400m e dos MF nos 800m rasos. Subsequente, a Tabela 4 mostra as variáveis selecionadas pela análise de regressão múltipla que explicam a performance nestas provas.

Tabela 3 - Performance dos corredores nas provas de 400 m e 800 m rasos

	Tempo (s)	Velocidade média (km.h ⁻¹)
P400	52,26 ± 1,37	27,57 ± 0,7
P800	125,64 ± 7,03	22,99 ± 1,25

Legenda: P400 = performance na prova de 400m; P800 = performance na prova de 800 m

Tabela 4 - Regressão múltipla dos índices fisiológicos e neuromusculares com a performance de corredores na prova de 400 m e 800 m rasos

Prova	Variáveis independentes	R ²	p
400 m	LACmax + VO ₂ max + H _{CMJ}	0,74	0,05
800 m	vVO ₂ max + LACmax	0,87	0,01

Legenda: LACmax: pico de lactato pós-prova; vVO₂max: velocidade relativa ao consumo máximo de oxigênio; H_{CMJ}: altura no *counter movement jump*

Conforme observado na Tabela 4, 74% da variação da performance nos 400 m foi explicada por índices de capacidade anaeróbia láctica (LACmax), de potência aeróbia (VO₂max) e neuromuscular (H_{CMJ}), enquanto que para os 800 m o indicador de potência aeróbia (vVO₂max) e LACmax explicaram 87% da performance.

DISCUSSÃO

Quando comparadas as variáveis fisiológicas entre corredores velocistas e meio-fundistas, verificou-se que o MAOD foi maior no primeiro grupo. Isso se justifica pelo fato dos eventos esportivos de alta intensidade, como as corridas de velocidade, serem predominantemente anaeróbios (SPENCER; GASTIN, 2001; DUFFIELD; DAWSON; GOODMAN, 2004), logo, a demanda de energia deste sistema é superior nos velocistas (GASTIN, 2001). Em demais estudos realizados, Scott et al. (1991) também verificaram maiores valores de MAOD em velocistas (78,3 mL.kg⁻¹), quando comparados aos meio-fundistas (74,2 mL.kg⁻¹), assim como os resultados obtidos por Friedmann, Seibold e Bärtsch (1997), os quais revelaram MAOD superior em corredores de 400 m em relação aos de endurance (87,3 ± 8.1 vs 59,7 ± 11.8 mL.kg⁻¹ respectivamente). A maior capacidade anaeróbia dos velocistas é justificada pelo maior número de fibras de contração rápida destes atletas

(MERO; JAAKKOLA; KOMI, 1991), maior recrutamento de unidades motoras, envolvimento de maior número de fibras musculares durante o exercício (NAKAMURA; FRANCHINI, 2006), além de fatores enzimáticos, como maior concentração e atividade de enzimas anaeróbias (SCOTT et al., 1991), aumentando, assim, o potencial de transferência de energia pelos processos anaeróbios. Importante mencionar que os valores de MAOD dos corredores do presente estudo (tanto velocistas quanto meio-fundistas) são relativamente inferiores aos encontrados nos demais estudos anteriormente citados, o que pode ser justificado pela menor capacidade anaeróbia e menor nível competitivo dos atletas desta investigação. Outro fator que pode explicar tais diferenças é o fato do MAOD ser protocolo dependente, sobretudo em função da escolha da duração e intensidade dos testes submáximos utilizados para determinação do mesmo (GREEN; DAWSON, 1996).

Quando analisado o indicador de capacidade anaeróbia exclusivamente láctica, que é a concentração de lactato pós-prova (LAC_{max}), não se verificou diferença entre os grupos. Isso sugere que a solicitação da glicólise anaeróbia é semelhante para o fornecimento energético nos 400 m e 800 m rasos. No entanto, apesar da concentração máxima de lactato obtida pelos dois grupos de corredores serem semelhantes, o tempo de ocorrência da mesma foi inferior nos meio-fundistas, o que indica a maior capacidade de remoção destes atletas.

Quando comparados os índices aeróbios, os MF apresentaram maior potência aeróbia ($\dot{V}O_2$ max e $v\dot{V}O_2$ max) que os velocistas, o que é justificado pela intensidade e duração das provas nas quais os mesmos competem. Analisando a intensidade relativa ao $\dot{V}O_2$ max que as provas foram realizadas, verificou-se que os 400 m foram sustentados pelos velocistas a uma velocidade correspondente a 160% da $v\dot{V}O_2$ max, enquanto que os MF realizaram os 800m a uma intensidade bem mais próxima da $v\dot{V}O_2$ max (116%), evidenciando, assim, a maior solicitação aeróbia desta última. Ainda em relação ao sistema aeróbio, os velocistas também apresentaram menor capacidade ($vLAn$) em relação aos MF, o que é explicado pelos moderados estímulos aplicados a esta qualidade física por parte do velocistas. Apesar de possuir menor importância, Matt Green et al. (2003) destaca que a capacidade aeróbia é uma qualidade física importante também para corredores velocistas, devido à predominância do metabolismo aeróbio durante os períodos de recuperação entre as repetições anaeróbias de alta intensidade realizadas nos treinamentos.

Em relação aos parâmetros neuromusculares obtidos no CMJ, observou-se que as variáveis de desempenho no salto (altura e a potência) foram superiores para os velocistas, além de estes aplicarem maior velocidade no momento de impulsão. Sabendo que a potência produzida é dependente de uma relação ótima entre força e velocidade (HILL, 1938), desta forma, pressupõe-se que a maior potência dos

velocistas no CMJ é resultante da maior velocidade aplicada no movimento. Os indicadores de força explosiva (TDF e TFmax), considerados fatores importantes para o desempenho em diversos movimentos esportivos (CORVINO et al., 2009), não diferiram entre os corredores. Importante ressaltar que os resultados das comparações realizadas neste estudo são, provavelmente, determinados por uma combinação de aspectos relacionados à genética e à especificidade do treinamento.

Referindo-se agora ao segundo objetivo deste estudo, verificou-se que os índices de capacidade glicolítica (LACmax), de potência aeróbia (VO_2 max) e neuromuscular (altura no CMJ), em conjunto, explicaram 74% da variação da performance nos 400 m. A importância da capacidade glicolítica ou anaeróbia láctica já havia sido relatada em estudos prévios, a partir das relações obtidas entre o LACmax e a performance nos 400 m (LACOUR; BOUVAT; BARTHÉLÉMY, 1990; SCOTT et al., 1991; HILL, 1999), e com corridas em intensidades máximas com tempo próximo a 1 minuto (DE-OLIVEIRA et al., 2006). Tais resultados mostram que a energia provinda da glicólise anaeróbia, estimada pelas concentrações máximas de lactato pós-corrida, é importante para atletas de provas como os 400 m.

A importância da potência aeróbia foi demonstrada pela inclusão do VO_2 max no modelo de regressão. Este índice fisiológico é o que melhor representa a potência aeróbia, definida como a maior taxa na qual o oxigênio pode ser captado, transportado e utilizado pelo corpo durante o exercício máximo (BASSET; HOWLEY, 2000). Em recente estudo, Nevill et al. (2008) também verificaram que o VO_2 max, em conjunto com o índice anaeróbio MAOD, foram capazes de prever 85% da variação da performance nos 400 m. A relação entre VO_2 max e a P400 pode ser atribuída a fatores ligados à compensação das depleções das fontes anaeróbias ao final da prova, pelo aumento na taxa de liberação de energia aeróbia (BOGDANIS; NEVILL; BOOBIS, 1996). As investigações realizadas ao longo dos anos têm tradicionalmente comprovado que índices relacionados ao sistema aeróbio, como o VO_2 max, vVO_2 max e o Tlim 100%, possuem fortes relações com a performance de corredores de endurance (COSTILL; THOMASON; ROBERTS, 1973; DENADAI, 1996; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004). No entanto, ainda não haviam sido evidenciadas claramente se estas variáveis possuíam relação com o desempenho em eventos esportivos tipicamente anaeróbios, como as corridas de velocidade.

Além destes, a altura obtida no CMJ, um indicador de potência muscular, foi selecionada no modelo para explicar a performance nos 400m. Resultados semelhantes também foram obtidos por Miguel e Reis (2004), que verificaram relação significativa do CMJ com a P400. Apesar da potência não ser considerada a qualidade física mais importante nesta prova (LACOUR; BOUVAT; BARTHÉLÉMY, 1990; RANSBOTTON et al., 1994), níveis ótimos da mesma também são exigidos, já que

o atleta deve adquirir e manter velocidades quase máximas por um determinado período de tempo que, no caso deste estudo, foi, em média, de 52 s.

Em relação aos 800m, a análise de regressão revelou que um índice de potência aeróbia ($v\dot{V}O_2\text{max}$) e de capacidade glicolítica ($LAC\text{max}$) explicaram 87% da performance. Apesar de ser considerada por muitos autores como uma prova mista (LACOUR; BOUVAT; BARTHÉLÉMY, 1990), estudos prévios mostram que a potência aeróbia máxima parece ser o principal determinante da performance nas corridas de média distância (BILLAT et al., 1996; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004).

Tem-se relatado que, para atletas de alto rendimento, mais importante que um elevado $\dot{V}O_2\text{max}$ é exercitar-se em uma elevada intensidade relativa ao $\dot{V}O_2\text{max}$ e manter-se um longo período na mesma, principalmente para competidores de provas realizadas em intensidades próximas do $\dot{V}O_2\text{max}$ (CAPUTO et al., 2009), a exemplo dos 800m. Nesse sentido, a $v\dot{V}O_2\text{max}$ é considerada um melhor preditor de performance em tais provas, sendo capaz de explicar diferenças individuais da performance nas provas de meio-fundo que demais índices, como $\dot{V}O_2\text{max}$, não conseguem explicar (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996; DENADAI; ORTTIZ; MELLO, 2004; BILLAT et al., 2009).

Em conjunto com a $v\dot{V}O_2\text{max}$, o $LAC\text{max}$ também explicou a performance nos 800m. Resultados semelhantes foram obtidos por Lacour, Bouvat e Barthélémy (1990), que observaram relações significativas do $LAC\text{max}$ com a velocidade média nos 800 m, tanto nos atletas masculinos ($r = 0,79$), como nos femininos ($r = 0,71$). Tais resultados evidenciam que a capacidade glicolítica, estimada pelas concentrações máximas de lactato pós-exercício, é uma aptidão importante para os 800 m, assim como relatado anteriormente para os 400m.

A partir deste estudo, pode-se destacar algumas implicações práticas, como a identificação dos fatores ou índices que se relacionam e que realmente determinam a performance nestas corridas. Além disso, a determinação da intensidade relativa da prova ($\%v\dot{V}O_2\text{max}$), assim como os valores descritivos das variáveis fisiológicas, podem contribuir no correto direcionamento das cargas dos programas de treinamento.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados deste estudo, pode-se concluir que corredores velocistas desenvolvem maiores níveis de potência muscular de membros inferiores, principalmente pela maior velocidade das contrações musculares aplicadas no movimento, já que a força, outro fator determinante da potência, não difere entre os corredores. Em relação aos aspectos metabólicos, os velocistas possuem maior

capacidade anaeróbia, enquanto que os meio-fundistas apresentam maior potência e capacidade aeróbia. Em relação aos índices determinantes da performance, conclui-se que a prova de 400m é determinada por uma combinação de índices de capacidade glicolítica, potência muscular e potência aeróbia, enquanto que a prova de 800m é fortemente determinada por índices de potência aeróbia e também da capacidade glicolítica.

Physiological and neuromuscular indices to determine performance of sprinters and middle distance runners

ABSTRACT: The aim of this study was to compare physiological and neuromuscular indices of runners and predict their performance. Thirteen sprinters (SP) and 11 middle distance runners (MD) performed the following tests: 1) performance in 400 (P400) and 800 m (P800) and lactate peak (LACmax); 2) determination of VO_2max , velocity at $VO_2max-vVO_2max$ and velocity at LAn-vLAn; 3) time limit; 4) maximum accumulated oxygen deficit-MAOD; and 5) counter movement jump (CMJ). The SP showed higher values of MAOD, time of lactate peak, height and velocity at CMJ. VO_2max , vVO_2max and vLAn were higher for MD. It is concluded that SPR develop higher anaerobic capacity, and MD have a higher fitness aerobic level. The P400 was determined by the association of LACmax, VO_2max and CMJ, while LACmax and vVO_2max explained the P800.

KEYWORDS: Runners; aerobic fitness; anaerobic fitness; muscle power.

Índices fisiológicos y neuromusculares determinantes del rendimiento de corredores velocistas y de medio fondo

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue comparar índices fisiológicos y neuromusculares de corredores y predecir el rendimiento de los mismos. Trece velocistas (VEL) y 11 corredores de medio fondo (MF) hicieron las siguientes evaluaciones: 1) performance en los 400m (P400) y 800 m (P800) y pico de lactato (LACmax); 2) determinación del VO_2max , velocidad del VO_2max (vVO_2max) y del LAn (vLAn); 3) tiempo límite; 4) máximo déficit acumulado de oxígeno (MAOD); 5) counter movement jump (CMJ). Los VEL presentaron mayor MAOD, tiempo de pico de lactato, altura y velocidad en CMJ. El VO_2max , vVO_2max y vLAn fueron mayores para los MF. Se concluye que los VEL desarrollaran una mayor capacidad anaeróbica, y los MF presentaron un mejor condicionamiento aeróbico. El P400 se determinó por la asociación de LACmax, VO_2max e CMJ, mientras el LACmax y vVO_2max explicó el P800.
PALABRAS CLAVE: Corredores; aptitud aeróbica; aptitud anaeróbica; potencia muscular.

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*, Hagerstown, v. 32, n. 1, p. 70-84, 2000.

- BILLAT, V.; KORALSZTEIN, J. P. Significance of the velocity at VO_2 max at time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*, Auckland, v. 22, n. 2, p. 90-108, 1996.
- BILLAT, V. et al. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO_2 max with other bioenergetic characteristics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 28, p.1049-1055, 1996.
- BILLAT, V. L. et al. Oxygen kinetics and modeling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, Heidelberg, v. 82, p.178-187, 2000.
- 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.
- BOGDANIS, G. C.; NEVILL, M. E.; BOOBIS, L. H. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 80, n. 3, p. 876-884, 1996.
- 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.
- CORVINO, R. B. et al. Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 15. n. 6, p. 428-433, 2009.
- COSTILL, D. L.; THOMASON H.; ROBERTS E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science in Sports Exercise*, Hagerstown, v. 5, p. 248-252, 1973.
- CRAIG, I. S.; MORGAN, D. W. Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 30, p.1631-1636, 1998.
- DENADAI, B. S. Fatores fisiológicos associados com o desempenho em exercícios de média e longa duração. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, Londrina, 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.
- DE-OLIVEIRA, F. R. et al. Testes de pista para avaliação da capacidade láctica de corredores velocistas de alto nível. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 99-102, 2006.
- DI PRAMPERO, P. E. et al. Energetics of best performances in middle-distance running. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 74, n. 5, p. 2318-2324, 1993.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN C. Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Belconnen, v. 7, n. 3, p. 302-313, 2004.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN C. Energy system contribution to 400- and 800-metre track running. *Journal of Sports Sciences*, London, v. 23, n. 3, p. 299-307, 2005.

FRIEDMANN, B.; SIEBOLD, R.; BÄRTSCH, P. Comparison of anaerobic capacity determined by different methods in 400-m and long distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 29, n. 5, p. 718, 1997.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, Auckland, v. 31, n. 10, p. 725-741, 2001.

GREEN, S.; DAWSON, B. T. Methodological effects on the VO_2 -power regression and the accumulated O_2 deficit. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 28, p. 392-397, 1996.

HARRINSON, A. J.; KEANE, S. P.; COGLAN, J. Force-velocity relationship and stretch-shortening cycle function in sprint and endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Colorado Springs, v. 18, n. 3, p. 473-479, 2004.

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 Springs, v. 15, n. 3, p. 326-331, 2001.

HILL, A. V. The heat of shortening and the dynamic constants of the muscle. *Proceedings of the Royal Society of London: Section B: Biological Sciences*, Edinburgh, v. 126, n. 843, p. 136-195, 1938.

HILL, D. W. Energy system contributions in middle-distance running events. *Journal of Sports Sciences*, Abingdon, v. 17, n. 17, p. 477-483, 1999.

_____; ROWELL, A. L. Running velocity at VO_2 max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 28, p. 114-119, 1996.

LACOUR, J. R.; BOUVAT, E.; BARTHÉLÉMY, J. C. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Heidelberg, v. 61, n. 3-4, p. 172-176, 1990.

LINTHORNE, N. P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, New York, v. 69, n. 11, p. 1198-1204, 2001.

MATT GREEN, J. et al. A comparison of respiratory compensation thresholds of anaerobic competitors, aerobic competitors and untrained subjects. *European Journal of Applied Physiology*, Heidelberg, v. 90, p. 608-613, 2003.

MERO, A.; JAAKKOLA, L.; KOMI, P. V. Relationships between muscle fiber characteristics and physical performance capacity in trained athletic boys. *Journal of Sports Sciences*, London, v. 9, n. 2, p. 161-171, 1991.

MIGUEL, P. J.; REIS, V. M. Speed strength endurance and 400m performance. *New Studies in Athletics*, Monaco, v. 19, n. 4, p. 39-45, 2004.

NAKAMURA, F. Y.; FRANCHINI, E. Máximo déficit acumulado de oxigênio como preditor de capacidade anaeróbia. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 88-95, 2006.

NEVILL, A. M. et al. The relative contributions of anaerobic e aerobic energy supply during track 100-, 400- and 800-m performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Torino, v. 48, p. 138-142, 2008.

RAMSBOTTOM, R. et al. Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. *Journal of Sports Sciences*, London, v. 12, n. 5, p. 447-453, 1994.

SCOTT, C. B. et al. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 23, n. 5, p. 618-624, 1991.

SILVA, A. C.; TORRES, F. C. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 107-116, 2002.

SMIRNIOTOU, A. et al. Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Torino, v. 48, p. 447-454, 2008.

SPENCER, M. R.; GASTIN, P. B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 33, n. 1, p. 157-162, 2001.

TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 8, p. 73-80, 1955.

Recebido: 16 dez. 2010

Aprovado: 12 jun. 2011

Francimara Budal Arins
Endereço para correspondência:
Rua Maria Eduarda, 526, Apto 501 - Bairro Pantanal
Florianópolis – SC
CEP 88040-250