

# Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em atletas de endurance

Effects of high intensity aerobic training on the running economy in endurance runners

Marcelo Janini Ortiz; Benedito Sérgio Denadai<sup>1</sup>  
Sérgio Stella; Marco Túlio de Mello<sup>2</sup>

## Resumo

ORTIZ, M. J.; STELLA, S.; MELLO, M. T.; DENADAI, B. S. Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em corredores de endurance. **R. bras. Ci. e Mov.** 2003; 11(3): 53-56.

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos de dois diferentes programas de treinamento de alta intensidade na economia de corrida (EC) em atletas de endurance. Dezesete corredores ( $33,4 \pm 4,4$  anos;  $62,7 \pm 4,3$  kg;  $166,1 \pm 5,0$  cm) divididos em 2 grupos (G95% - N = 9; G100% - N = 8) realizaram testes de laboratório para a determinação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), sua respectiva velocidade ( $vVO_{2max}$ ), EC, limiar anaeróbio (LAn) e tempo de exaustão (Tlim) nas intensidades de 95 e 100%  $vVO_{2max}$ . Os testes foram realizados antes e após quatro semanas de treinamento, o qual foi semelhante entre os grupos, exceto nos dois dias de treinamento intervalado. O  $VO_{2max}$  não foi significativamente diferente após o treinamento para o G95% ( $59,05 \pm 6,0$  vs.  $58,97 \pm 5,7$  ml/kg/min) e G100% ( $59,98 \pm 6,0$  vs.  $58,35 \pm 5,4$  ml/kg/min). A  $vVO_{2max}$  ( $19,00 \pm 1,0$  vs.  $19,22 \pm 0,9$  km/h) e a EC ( $37,25 \pm 2,2$  vs.  $36,30 \pm 1,7$  ml/kg/min) foram mantidos no G95%. No G100%, a  $vVO_{2max}$  ( $18,30 \pm 0,5$  vs.  $19,06 \pm 1,0$  km/h) e a EC ( $37,66 \pm 3,9$  vs.  $36,27 \pm 3,7$  ml/kg/min) foram significativamente diferentes após o treinamento. Conclui-se que a EC pode melhorar em atletas treinados durante períodos relativamente curtos de tempo. Esta melhora parece depender da intensidade do treinamento intervalado realizado pelos atletas de endurance.

**PALAVRAS-CHAVE:** economia de corrida, treinamento intervalado, atletas

## Abstract

ORTIZ, M. J.; STELLA, S.; MELLO, M. T.; DENADAI, B. S. Effects of high intensity aerobic training on the running economy in endurance runners. **R. bras. Ci. e Mov.** 2003; 11(3): 53-56.

The objective of this study was to analyze the effects of high intensity training on running economy (RE) in endurance athletes. Seventeen runners ( $33.4 \pm 4.4$  years;  $62.7 \pm 4.3$  kg;  $166.1 \pm 5.0$  cm) divided in two groups (G95% - N = 9 and G100% - N = 8) performed laboratory tests to determine the maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ), the speed corresponding to the  $VO_{2max}$  ( $vVO_{2max}$ ), RE, anaerobic threshold (AnT) and exhaustion time (Tlim) at the intensities of 95 and 100%  $vVO_{2max}$ . The tests were performed before and after 4 weeks of training, which was similar between the groups, except in the two days of intervalled training. After the training, the  $VO_{2max}$  was not significantly different for G95% ( $59.05 \pm 6.0$  vs.  $58.97 \pm 5.7$  ml/kg/min) and G100% ( $59.98 \pm 6.0$  vs.  $58.35 \pm 5.4$  ml/kg/min). The  $vVO_{2max}$  ( $19.00 \pm 1.0$  vs.  $19.22 \pm 0.9$  km/h) and RE ( $37.25 \pm 2.2$  vs.  $36.30 \pm 1.7$  ml/kg/min) were maintained for G95%. For G100%, the  $vVO_{2max}$  ( $18.30 \pm 0.5$  vs.  $19.06 \pm 1.0$  km/h) and RE ( $37.66 \pm 3.9$  vs.  $36.27 \pm 3.7$  ml/kg/min) were significantly different after the training period. We can conclude that the RE can improve in trained athletes during relatively short time periods. This improvement seems to depend on the intensity of the intervalled training performed by endurance athletes.

**KEYWORDS:** running economy, intervalled training, athletes

<sup>1</sup> Laboratório de Avaliação da Performance Humana – UNESP, Rio Claro  
<sup>2</sup> Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício – EPM - UNIFESP, São Paulo. E-mail: [bdenadai@rc.unesp.br](mailto:bdenadai@rc.unesp.br)

Recebido: 23/10/2002  
Aceite: 01/03/2003

# Introdução

A economia de corrida (EC) pode ser definida como o custo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) para uma dada intensidade absoluta de exercício (5). Alguns autores têm mostrado uma variabilidade interindividual bem elevada (> 15%) na EC, mesmo entre indivíduos bem treinados e com valores similares de consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) (13). Uma melhor EC (i.e., um menor VO<sub>2</sub> para uma determinada velocidade de corrida), pode ser vantajosa, principalmente em provas de endurance, pois permitirá uma menor utilização fracional do VO<sub>2</sub>max, para qualquer intensidade submáxima de exercício. Parte da variabilidade da EC tem sido associada a fatores antropométricos (distribuição da massa nos segmentos), fisiológicos (tipo de fibra muscular), biomecânicos e técnicos (6).

Embora os atletas altamente treinados possuam uma melhor EC dos que os indivíduos sedentários, os modelos de estudo longitudinais que analisaram os efeitos do treinamento de endurance sobre a EC, têm produzido dados que em princípio podem ser considerados antagônicos. Enquanto autores como Patton e Vogel (14), Conley *et al.* (4) e Sjodin *et al.* (15) encontraram melhora de 3 a 13% na EC com o treinamento de endurance, outros não observaram melhora significativa (12, 16). Deve-se ressaltar que a duração dos estudos que não encontraram efeito do treinamento foi de 6-8 semanas, enquanto os que observaram melhora foi de 14 semanas a 6 meses. Baseados nestes dados, Jones e Carter (11) especulam que um período de 6 a 12 semanas seria muito curto para produzir uma melhora na EC em indivíduos treinados. Além disso, apontam que uma boa EC estaria relacionada ao volume total de treinamento, já que os melhores valores de EC frequentemente estão associados aos atletas mais experientes e/ou que cumprem uma grande quilometragem semanal de treinamento.

Entretanto, Billat *et al.* (3) verificaram em um grupo de corredores de meia-distância, que a inclusão de uma sessão semanal de treino intervalado de alta intensidade de característica aeróbia (5 x ~2,5 min a 100 % VO<sub>2</sub>max) durante quatro semanas, foi suficiente para a melhora da EC. Estes dados indicam inicialmente, que a intensidade do exercício aeróbio, pode ser um aspecto importante na adaptação temporal da EC com o treinamento. Com isso, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos de dois diferentes programas de treinamento intervalado de alta intensidade na EC em atletas de endurance.

# Material e métodos

## Sujeitos

Participaram deste estudo 17 corredores (33,4 ± 4,4 anos; 62,7 ± 4,3 kg; 166,1 ± 5,0 cm; 6,3 ± 2,9% e; 7,2 ± 4,9 anos de treinamento) bem treinados nas provas de fundo do atletismo. Todos os corredores treinavam seis dias por semana, com um volume semanal que oscilava entre 70 a 90 km durante o período de preparação específica. Todos os participantes conheceram os procedimentos do experimento e suas implicações (riscos e benefícios), mediante um termo de consentimento escrito e explicado.

## Delineamento experimental

No início do experimento, todos participantes estavam cumprindo a quarta semana do período de preparação específica da periodização do treinamento. O experimento foi desenvolvido durante oito semanas, sendo estas, subdivididas em cinco diferentes fases (Figura 1).

**FIGURA 1 - DURAÇÃO DO EXPERIMENTO E SUAS RESPECTIVAS FASES**

| Semanas  | 1         | 2 | 3           | 4 | 5 | 6         | 7 | 8         |
|----------|-----------|---|-------------|---|---|-----------|---|-----------|
| Períodos | Pré-teste |   | Treinamento |   |   | Polimento |   | Pós-teste |

Nas semanas do pré (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>) e pós-teste (7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup>), ocorreu uma redução do volume de treinamento nas sessões intervaladas, devido ao início dos testes em laboratório. No primeiro comparecimento foram determinados o VO<sub>2</sub>max, a velocidade correspondente ao VO<sub>2</sub>max (vVO<sub>2</sub>max) e o limiar anaeróbio (LAn). No segundo dia de testes foi realizado um protocolo para a determinação da EC e o tempo de exaustão (Tlim), realizado a 95 ou 100% vVO<sub>2</sub>max. Entre cada teste, foi respeitado um intervalo de no mínimo 48 horas, em que cada corredor foi instruído a realizar somente um treino de baixa intensidade por um período máximo de 30-40 minutos.

No início da terceira semana, iniciou-se a prescrição do treinamento baseado nos resultados obtidos nos testes de laboratório, tendo a duração total de quatro semanas (24 dias úteis de treino). Nesta etapa, os atletas foram divididos aleatoriamente em dois grupos (G95% - N = 9 e G100% - N = 8). Os grupos realizaram ao longo desta fase, o mesmo tipo de treinamento, exceto nos dois dias de treinamento intervalado, cuja velocidade de execução dos tiros (%vVO<sub>2</sub>max) e duração destes (%Tlim) foram diferenciados, embora a metragem total percorrida no treino intervalado tenha sido semelhante entre os grupos. Neste período então, os atletas realizaram duas sessões de treinamento intervalado, mais uma sessão com velocidade correspondente ao LAn (40 min), além de mais três sessões de treinamento contínuo (60 min a 70% VO<sub>2</sub>max), que foram intercaladas entre os dias de treino intervalado, totalizando seis sessões semanais.

Para o G95% a velocidade de execução dos tiros durante o treinamento intervalado foi de 95% vVO<sub>2</sub>max, com duração de 60%Tlim obtido a 95%vVO<sub>2</sub>max. A recuperação ativa entre os tiros foi realizada a 50%vVO<sub>2</sub>max e com uma duração de 30%Tlim, sendo repetido por quatro vezes.

Para o G100% a velocidade de execução dos tiros durante o treinamento intervalado foi de 100%vVO<sub>2</sub>max, com duração de 60%Tlim obtido a 100%vVO<sub>2</sub>max. A recuperação ativa entre os tiros foi realizada a 50%vVO<sub>2</sub>max e com uma duração de 60%Tlim, sendo repetido por cinco vezes.

Na sétima semana, houve redução do volume dos tiros e aumento da intensidade nas duas sessões intervaladas. As demais sessões de treinamento foram mantidas.

## Determinação do VO<sub>2</sub>max, vVO<sub>2</sub>max e LAn

O VO<sub>2</sub>max, a vVO<sub>2</sub>max e o LAn foram determinados a partir de um teste incremental em uma esteira rolante (LIFE FITNESS 9800), com velocidade inicial de 12 km/h e

incrementos de 2 km/h a cada 3,5 minutos até atingir 80% da velocidade individual de corrida nos 1500m. Posteriormente, os incrementos foram de 1km/h até a exaustão voluntária. Entre cada estágio houve uma pausa de 30 segundos para a coleta de 25ml de sangue do lóbulo da orelha. A inclinação da esteira foi mantida fixa em 1%, já que esta condição reflete mais precisamente o custo energético da corrida em ambientes abertos (10).

Durante os testes, os gases expirados foram avaliados no modo respiração-respiração (SENSOR MEDICS - MMC), com registros a cada 10 segundos. A maior média de dois valores consecutivos registrados a cada 10 segundos, foi identificada como o VO<sub>2</sub>max. A vVO<sub>2</sub>max foi a velocidade mínima em que o VO<sub>2</sub>max foi alcançado e mantido por ao menos 1 min. Se o VO<sub>2</sub>max alcançado durante o estágio não fosse sustentado por 1 min, a velocidade do estágio anterior foi assumida como a vVO<sub>2</sub>max (3).

O lactato sanguíneo foi determinado por um método eletroquímico (YSL 2300 STAT), e o LAn foi identificado como a velocidade correspondente a uma concentração fixa de 4mM (8).

**Teste para determinar a economia de corrida (EC) e o tempo de exaustão (Tlim)**

Os corredores realizaram um aquecimento por 7 min a 12 km/h, seguido por um descanso de 3 min e, posteriormente, correram por mais 8 min a 14km/h. O consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) foi medido entre o 6<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> min a 14km/h, servindo como referência para a EC do atleta, que foi definida como a relação entre o VO<sub>2</sub> e a velocidade de corrida (5).

Imediatamente após o 8<sup>o</sup> min de corrida submáxima, num prazo de 30 a 45 segundos, a velocidade da esteira foi ajustada à intensidade correspondente a 95% (G95%) ou 100% (G100%) vVO<sub>2</sub>max, iniciando-se a corrida até a exaustão voluntária (3).

**Análise estatística**

Os dados estão expressos como média ± desvio-padrão (DP). O teste *t* de Student para dados pareados foi empregado para comparar os dados antes e após o período de treinamento. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

**Resultados**

A Tabela 1 mostra os valores da vVO<sub>2</sub>max, VO<sub>2</sub>max e LAn para os atletas do G95% e G100%, antes e após o período de treinamento. O treinamento determinou aumento do LAn para

**TABELA 1 - VALORES MÉDIOS ± DP DA VELOCIDADE MÍNIMA EM QUE OCORREU O MAIOR CONSUMO DE OXIGÊNIO (VVO<sub>2</sub>MAX), DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO (VO<sub>2</sub>MAX) E DO LIMAR ANAERÓBIO (LAN) DO GRUPO I (95%VVO<sub>2</sub>MAX) E DO GRUPO II (100%VVO<sub>2</sub>MAX) ANTES (PRÉ) E DEPOIS (PÓS) DO PROGRAMA DE TREINAMENTO**

|                                 | GI (n = 9)  |               | GII (n = 8) |               |
|---------------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
|                                 | Pré         | Pós           | Pré         | Pós           |
| VVO <sub>2</sub> max (km/h)     | 19,00 ± 1,0 | 19,22 ± 0,9   | 18,30 ± 0,5 | 19,06 ± 1,0 * |
| VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min) | 59,05 ± 6,0 | 58,97 ± 5,7   | 59,98 ± 6,0 | 58,35 ± 5,4   |
| LAn (km/h)                      | 17,31 ± 1,3 | 17,98 ± 1,1 * | 17,35 ± 0,8 | 18,11 ± 0,6 * |

\*  $p < 0,05$  em relação ao pré-teste dentro do mesmo grupo.

os dois grupos, e da vVO<sub>2</sub>max apenas para os atletas do G100%.

Os valores de EC, frequência cardíaca (FC) e lactato sanguíneo obtidos na velocidade de 14 km/h nos dois grupos estudados, antes e após o período de treinamento estão apresentados na Tabela 2. A EC e a FC só se modificaram estatisticamente com o treinamento no G100%. Após o programa de treinamento, as concentrações de lactato sanguíneo foram diferentes para os dois grupos estudados.

**Discussão**

O principal objetivo deste estudo foi analisar os efeitos de dois diferentes programas de treinamento intervalado de alta intensidade na EC em atletas de endurance.

**TABELA 2 - VALORES MÉDIOS ± DP DO CONSUMO DE OXIGÊNIO (EC), FREQUÊNCIA CARDÍACA (FC) E CONCENTRAÇÃO DE LACTATO SANGÜÍNEO (LAC) NA VELOCIDADE DE 14 KM/H DO GRUPO I (95%VVO<sub>2</sub>MAX) E DO GRUPO II (100%VVO<sub>2</sub>MAX) ANTES (PRÉ) E DEPOIS (PÓS) DO PROGRAMA DE TREINAMENTO**

|                | GI (n = 9)  |               | GII (n = 8) |               |
|----------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
|                | Pré         | Pós           | Pré         | Pós           |
| EC (ml/kg/min) | 37,25 ± 2,2 | 36,30 ± 1,7   | 37,66 ± 3,9 | 36,27 ± 3,7 * |
| FC (bpm)       | 147,5 ± 8,5 | 144,1 ± 7,5   | 153,0 ± 7,8 | 143,1 ± 5,9 * |
| LAC (mM)       | 1,47 ± 0,37 | 1,06 ± 0,22 * | 1,45 ± 0,55 | 1,0 ± 0,23 *  |

\*  $p < 0,05$  em relação ao pré-teste dentro do mesmo grupo.

Concordando com estudos realizados anteriormente (3), verificamos que a inclusão de duas sessões semanais de treino aeróbio intervalado de alta intensidade pode melhorar a EC em atletas treinados durante um período de tempo relativamente curto. Entretanto, estas modificações parecem ser dependentes dos treinos intervalados a 100% VO<sub>2</sub>max, já que o G95% não apresentou estas adaptações.

Estudos realizados recentemente têm verificado que a inclusão de 1 a 2 sessões semanais de treinamento intervalado de alta intensidade, durante períodos relativamente curtos (quatro semanas), são eficientes para a melhora de índices fisiológicos (VO<sub>2</sub>max, vVO<sub>2</sub>max e EC), e da performance aeróbia (3). Entretanto, entre o treinamento ineficiente e o supertreinamento (*overtraining*), deve existir um estímulo apropriado de treinamento (em termos de intensidade e volume), devendo este ser baseado na capacidade individual de cada atleta. Com base neste conceito, autores como Billat (2) e Anderson (1) têm descrito programas de treinamento intervalado de alta intensidade baseados na vVO<sub>2</sub>max e no Tlim.

Este modelo baseia-se no fato de que a vVO<sub>2</sub>max seria a intensidade ideal para exigir ao máximo o sistema aeróbio de produção de energia (VO<sub>2</sub>max) e mantê-lo pelo maior tempo possível. Em relação à duração (60% Tlim), além da individualização, este critério permitiria que o VO<sub>2</sub>max fosse atingido e sustentado neste período, o que levaria à melhora do VO<sub>2</sub>max e da vVO<sub>2</sub>max.

Alguns estudos, entretanto, têm demonstrado que a vVO<sub>2</sub>max não é a única intensidade que

permite alcançar-se o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  durante um exercício de intensidade constante, já que em esforços submáximos (entre o limiar anaeróbio e o  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) também se atinge o  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , em função da existência do componente lento do  $\text{VO}_2$  (9). Este comportamento foi confirmado em um estudo conduzido por Hill *et al.* (9), no qual se verificou que corredores se exercitando a 92%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , atingiram os mesmos valores de  $\text{VO}_2$  do que se exercitando a 100%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ . Bem interessante foi o fato de que o tempo necessário para atingir o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  foi menor a 100%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , mas o tempo de manutenção do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  foi maior a 92%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ .

Assim, intensidades submáximas (provavelmente acima de 90%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) poderiam ser utilizadas no treinamento intervalado, quando o objetivo é atingir e manter o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  durante um determinado período de tempo em atletas de endurance. Além disso, como o tempo sustentado no  $\text{VO}_{2\text{max}}$  é maior nestas intensidades submáximas, poder-se-ia obter um maior volume (distância percorrida) mantendo-se o  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , determinando uma maior sobrecarga sobre o sistema aeróbio de produção de energia.

Nossos resultados, porém, mostram que as melhoras da EC e da  $v\text{VO}_{2\text{max}}$  em indivíduos treinados, parecem ser dependentes dos treinos intervalados a 100%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , já que o G95% não apresentou estas adaptações.

As mudanças na EC com o treinamento de endurance têm sido atribuídas a modificações no padrão de recrutamento motor, diminuição da FC e ventilação pulmonar (VE) durante o exercício submáximo e melhora da técnica (6).

Em nosso estudo encontramos realmente uma redução da FC e da VE no G100%, o que poderia justificar em parte a melhora na EC. Entretanto, a relação de causa-efeito entre a redução da FC e da VE com a melhora da EC tem de ser questionada, pois uma diminuição da EC, também pode determinar uma redução na solicitação do sistema cardiorrespiratório e, portanto, do gasto ( $\text{VO}_2$ ) com a musculatura cardíaca e respiratória.

Uma possível melhora da técnica (não quantificada em nosso estudo), não pode ser completamente descartada. Entretanto, como trabalhamos com atletas treinados durante um período curto de tempo e o G95% não apresentou melhora da EC, acreditamos que é muito pouco provável que a técnica tenha melhorado só no G100%. Confirmando esta possibilidade, Franch *et al.* (7) não encontraram modificações na frequência e amplitude de passadas em corredores treinados que melhoram a EC após seis semanas de treinamento contínuo ou intervalado de alta intensidade.

Outro aspecto que pode ter diminuído o  $\text{VO}_2$  durante o exercício submáximo no G100%, é a mudança no padrão de recrutamento motor, determinando que um percentual maior de fibras do tipo I (mais eficientes) fosse recrutado durante o exercício submáximo.

De qualquer modo, nossos dados confirmam o que havia sido apenas especulado por Daniels (5), de que poderia existir um determinado limiar na intensidade do treinamento, ou de um tipo particular de treinamento, necessário para induzir uma mudança significativa na EC em atletas treinados.

Interessante também, é o aspecto de que a concentração de lactato sanguíneo a 14 km/h e o LAn modificaram-se nos dois grupos estudados. Este comportamento mostra que resposta de lactato ao exercício submáximo, pode ser alterada independentemente das modificações na EC, ou seja, os mecanismos de adaptação ao exercício nestes índices podem ser diferentes.

Com base nos resultados deste estudo, podemos concluir que a EC pode melhorar em atletas treinados durante períodos relativamente curtos de tempo. Esta melhora parece depender da intensidade do treinamento intervalado de alta intensidade realizado pelos atletas de endurance.

## Referências Bibliográficas

1. ANDERSON, O. To optimize performance, train A la Véronique. **Running Research**. 1994; Nov-Dec:1-4
2. BILLAT, V. **Course de fond et performance**. Paris: Éditions Chiron, 1991.
3. BILLAT, V.L., FLECHET, B., PETIT, B., MURIAUX, G., KORALSZTEIN, J.P. Interval training at  $\text{VO}_{2\text{max}}$ : effects on aerobic performance and overtraining markers. **Med Sci Sports Exerc**. 1999; 31:156-163
4. CONLEY, D.L., KRAHENBUHL, G.S., BURKETT, L.N., MILLAR, A.L. **Training for aerobic capacity and running economy**. Phys Sportmed. 1981; 9:107-115
5. DANIELS, J.A. A physiologist's view of running economy. **Med Sci Sports Exerc**. 1985; 17:332-338
6. DENADAI, B.S. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: Conceitos e aplicações**. Ribeirão Preto – SP, BSD, 1999.
7. FRANCH, J., MADSEN, K., DJURHUUS, M.S., PEDERSEN, P.K. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. **Med Sci Sports Exerc**. 1998; 30:1250-1256
8. HECK, H., MADER, A., HESS, G., MUCKE, S., MULLER, R., HOLLMANN, W. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. **Int J Sports Med**. 1985; 6:117-130
9. HILL, D.W., WILLIAMS, C.S., BURT, S.E. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with  $\text{VO}_{2\text{max}}$ . **Int J Sports Med**. 1997; 18:325-329
10. JONES A.M., DOUST, J.H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **J Sport Sci**. 1996; 14:321-327
11. JONES, A.M., CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Med**. 2000; 29:373-386
12. LAKE, M., CAVANAGH, P. Short-term training effects on running kinematics and running economy. **Med Sci Sports Exerc**. 1990; 22:S22
13. MORGAN, D.W., MARTIN P.E., KRAHENBUHL, G.S., BALDINI, F.D. Variability in running economy and mechanics among trained male runners. **Med Sci Sports Exerc**. 1991; 23: 378-383
14. PATTON, J., VOGEL, J.A. Cross-sectional and longitudinal evaluations of an endurance training program. **Med Sci Sports Exerc**. 1977; 9:100-103
15. SJODIN, B.; JACOBS, I.; SVENDENHAG, J. Changes in the onset blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. **Eur J Appl Physiol**. 1982; 49:45-57
16. WILCOX, A., BULBULIAN, R. Changes in running economy relative to  $\text{VO}_{2\text{max}}$  during a cross-country season. **J Sports Med Phys Fitness**. 1984; 24:321-326