



Componente lento do $\dot{V}O_2$ em crianças durante exercício pesado de corrida: análise com base em diferentes modelos matemáticos*

Fabiana Andrade Machado, Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, Camila Coelho Greco e Benedito Sérgio Denadai

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar e quantificar a magnitude do componente lento do consumo de oxigênio (CL) em crianças submetidas a exercícios de corrida em esteira rolante, com cargas constantes de intensidade acima do limiar de lactato (75% Δ), utilizando para isso dois modelos de análise: a) modelo matemático com três termos exponenciais; e b) modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min. Participaram do estudo oito crianças do sexo masculino (11,92 \pm 0,63 anos; 44,06 \pm 13,01kg; 146,63 \pm 7,25cm; e níveis de maturação sexual 1 e 2), aparentemente saudáveis, não treinadas, que realizaram em diferentes dias: 1) teste incremental na esteira rolante para a determinação do consumo de oxigênio de pico ($\dot{V}O_{2,pico}$) e do limiar de lactato (LL); e 2) dois testes de carga constante em esteira rolante durante seis minutos na intensidade de 75% Δ [75% Δ = LL + 0,75 x ($\dot{V}O_{2,pico}$ – LL)]. Para determinação do CL utilizaram-se: a) modelo matemático de três termos (Exp3); e b) a diferença no $\dot{V}O_2$ entre o sexto e o terceiro minuto de exercício ($\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min). O CL foi expresso em valores absolutos (ml/min) e também como a contribuição percentual do CL para o aumento do $\dot{V}O_2$ no final do exercício (%CL). O CL determinado pelo modelo Exp3 (129,69 \pm 75,71ml/min e 8,4 \pm 2,92%) foi significativamente maior do que o obtido pelo modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min (68,69 \pm 102,54ml/min e 3,6 \pm 7,34%). Portanto, os valores de CL obtidos em crianças durante o exercício de corrida realizado no domínio pesado (75% Δ) são dependentes do modelo de análise (Exp3 x $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min).

ABSTRACT

Slow component of $\dot{V}O_2$ in children during running exercise performed at heavy intensity domain: analysis with different mathematical models

The purpose of this study was to identify and quantify the magnitude of the slow component of $\dot{V}O_2$ (SC) in children during running exercise, performed at heavy intensity domain (75% Δ), using two different mathematical models: a) three-exponential model and; b) $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 min. Eight healthy male children (11.92 \pm 0.63 years; 44.06 \pm 13.01 kg; 146.63 \pm 7.25 cm; and sexual maturity levels 1 and 2), not trained, performed in different days the following tests: 1) incremental running treadmill test to determine the peak oxygen uptake ($\dot{V}O_{2,peak}$) and the lactate threshold (LT); and 2) two transitions from baseline to 75% Δ [75% Δ = LT + 0.75 x ($\dot{V}O_{2,peak}$ – LT)] for six minutes on treadmill. The SC was deter-

Palavras-chave: Corrida. Componente lento. Exercício pesado. Crianças.

Keywords: Running. Slow component. Heavy exercise. Children.

Palabras-clave: Carreras. Componente lento. Ejercicio pesado. Niños.

mined by two models: a) three-exponential model (Exp3); and b) the $\dot{V}O_2$ difference between the sixth and the third exercise minute ($\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min). The SC was expressed as the absolute (ml/min) and percent contribution (%) to the total change in $\dot{V}O_2$. The SC values determined by model Exp3 (129.69 \pm 75.71 ml/min and 8.4 \pm 2.92%) and $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 min (68.69 \pm 102.54 ml/min and 3.6 \pm 7.34%) were significantly different. So, the SC values in children during running exercise performed at heavy intensity domain (75% Δ) are dependent of the analysis model (Exp3 x $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 min).

RESUMEN

Componente lento de $\dot{V}O_2$ en niños durante ejercicio arduo de carrera: análisis con base en diferentes modelos matemáticos

El objetivo de este estudio ha sido el de verificar y cuantificar la magnitud del componente lento del consumo de oxígeno (CL) en niños, sometidos a ejercicios de carrera en cinta rodante, con cargas constantes de intensidad por encima del límite de lactato (75% Δ), utilizando para esto dos modelos de análisis: a) modelo matemático con tres términos exponenciales; y b) modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 min. Participaron del estudio 8 niños del sexo masculino (11,92 \pm 0,63 años; 44,06 \pm 13,01 kg; 146,63 \pm 7,25 cm; y niveles de madurez sexual 1 y 2), aparentemente saludables, no entrenados, que realizaron en diferentes días: 1) Test incremental en la cinta rodante para determinar el consumo de oxígeno de pico ($\dot{V}O_{2,pico}$) y del límite de lactato (LL); y 2) Dos tests de carga constante en cinta rodante durante seis minutos a intensidad de 75% Δ [75% Δ = LL + 0,75 x ($\dot{V}O_{2,pico}$ – LL)]. Para determinar el CL usamos: a) modelo matemático de tres términos (Exp3); y b) la diferencia en el $\dot{V}O_2$ entre el sexto y el tercer minuto de ejercicio ($\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 min). El CL fue expresado en valores absolutos (ml/min) y también como contribución porcentual de CL para el aumento de $\dot{V}O_2$ al final del ejercicio (%CL). El CL determinado por el modelo Exp3 (129,69 \pm 75,71 ml/min y 8,4 \pm 2,92%) fue significativamente mayor al que fue obtenido por el modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 min (68,69 \pm 102,54 ml/min y 3,6 \pm 7,34%). Por tanto, los valores de CL obtenidos en niños durante el ejercicio de carrera realizado en dominio pesado (75% Δ) son dependientes del modelo de análisis (Exp3 x $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 min).

INTRODUÇÃO

O comportamento do sistema respiratório observado durante a transição repouso-exercício apresenta variações dependentes da intensidade de esforço aplicada. Em exercícios de cargas constantes com intensidades acima do limiar de lactato (LL), caracterizadas a partir desse ponto como exercício pesado, podemos ob-

* Laboratório de Avaliação da Performance Humana, UNESP – Rio Claro, SP.

Recebido em 17/8/05. Versão final recebida em 3/5/06. Aceito em 19/7/06.

Endereço para correspondência: B.S. Denadai, Laboratório de Avaliação da Performance Humana, IB-UNESP, Avenida 24A, 1.515, Bela Vista – 13506-900 – Rio Claro, SP, Brasil. E-mail: bdenadai@rc.unesp.br

servar um custo adicional do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), que ocasiona um atraso em se atingir um novo estado estável para essa variável. Essa superposição do componente respiratório é denominada componente lento (CL) do $\dot{V}O_2$ ⁽¹⁾.

O CL do $\dot{V}O_2$ tem sua ocorrência e magnitude bastante diversa em relação ao tipo de exercício realizado. A maior parte dos trabalhos realizados objetivando a verificação e quantificação do CL prioriza o exercício realizado em cicloergômetro. No entanto, os valores encontrados nesse ergômetro em adultos mostram-se sempre maiores do que os obtidos durante exercício de corrida⁽²⁻⁴⁾. Além das implicações teóricas, a compreensão e determinação do CL podem ser bastante importantes na prescrição do exercício, já que alguns autores têm proposto que a tolerância máxima ao esforço realizado acima da máxima fase estável de lactato ou potência crítica ($\sim 80\text{-}85\% \dot{V}O_{2\text{max}}$), pode ser dependente do comportamento do CL⁽⁵⁾. Entre outras aplicações⁽⁵⁾, esse aspecto pode ser importante na prescrição do exercício em crianças e adolescentes, já que vários estudos têm verificado que a melhora da aptidão aeróbia nessa população parece ser dependente da utilização de intensidades de exercício ($> 80\text{-}85\% \dot{V}O_{2\text{max}}$)⁽⁶⁾ em que o CL pode estar presente.

Entretanto, poucos estudos têm analisado a ocorrência do CL e os fatores que podem determiná-lo em crianças e adolescentes. Armon *et al.*⁽⁷⁾ verificaram a ausência da ocorrência do CL do $\dot{V}O_2$ em aproximadamente 50% das crianças analisadas em seu estudo. Entre as que apresentaram o fenômeno, verificou-se magnitude menor em relação aos adultos para valores expressos tanto em l/min quanto em ml/kg/min, além de não demonstrarem aumento com a intensidade de esforço. Armon *et al.*⁽⁷⁾ sugeriram que a ausência da ocorrência do CL do $\dot{V}O_2$ deve-se ao fato de as crianças apresentarem menores concentrações de lactato em relação aos adultos. Resultados similares foram obtidos por Williams *et al.*⁽⁸⁾ durante o exercício na esteira rolante. Nesse estudo, em que o exercício foi realizado a 50% Δ (50% da diferença entre o LL e o $\dot{V}O_{2\text{max}}$), a magnitude do CL expresso em valores absolutos ($115,9 \pm 7\text{ml/min}$ vs. $18,6 \pm 18,9\text{ml/min}$) e relativos ($8,3 \pm 1,0\%$ vs. $0,9 \pm 1,2\%$) ao aumento do $\dot{V}O_2$ para a intensidade de exercício realizado (ganho) foi significativamente maior nos homens do que nos meninos, respectivamente. Os adultos obtiveram também maiores mudanças nas concentrações de lactato sanguíneo ao final do exercício. Entretanto, Fawkner e Armstrong⁽⁹⁾ verificaram em meninos (10,6 anos) durante o exercício realizado a 40% Δ em cicloergômetro, valores relativos de CL ($\sim 10\%$) bem superiores ao estudo de Williams *et al.*⁽⁸⁾ Conforme discutido anteriormente, esses dados antagônicos poderiam ser explicados, pelo menos em parte, pelos diferentes tipos de exercícios que foram analisados no estudo de Williams *et al.*⁽⁸⁾ e Fawkner e Armstrong⁽⁹⁾ (corrida x ciclismo, respectivamente).

Para a determinação e quantificação dessa variável, alguns investigadores utilizam um critério que considera um rígido intervalo de tempo para estimar a magnitude do CL. Especificamente, utiliza-se da diferença do $\dot{V}O_2$ entre o sexto minuto e o terceiro minuto ($\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min) de exercício como índice para tal^(2,10-11). Nesse critério, assume-se que o $\dot{V}O_2$ só atingiria o valor correspondente à carga após três minutos de exercício. Porém, análises matemáticas que utilizaram dois ou três termos exponenciais têm demonstrado que o CL do $\dot{V}O_2$ pode iniciar antes do terceiro minuto de exercício, levando a crer que outros métodos de verificação e quantificação são necessários para não subestimar seu valor, considerando outras características do comportamento respiratório durante a transição repouso-exercício de intensidades constantes acima do LL⁽¹²⁻¹³⁾. Esses diferentes critérios poderiam justificar em parte os dados antagônicos obtidos por Armon *et al.*⁽⁷⁾ e Fawkner e Armstrong⁽⁹⁾ durante o exercício em cicloergômetro. Assim, é possível hipotetizar que não só o tipo de exercício, mas também os critérios empregados podem influenciar na caracterização do componente lento do $\dot{V}O_2$ em crianças. Entretanto, deve-se considerar

que não foram encontrados estudos que tenham analisado a influência de diferentes critérios no cálculo do CL do $\dot{V}O_2$ em crianças durante a corrida realizada no domínio pesado ($> LL$). Sendo assim, o objetivo deste estudo foi verificar e quantificar a magnitude do componente lento do $\dot{V}O_2$ em crianças submetidas a exercícios de corrida em esteira rolante, com cargas constantes de intensidade acima do LL (75% Δ), utilizando para isso dois modelos de análise: a) modelo matemático com três termos exponenciais; e b) modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min.

MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo oito crianças aparentemente saudáveis do sexo masculino (idade = $11,92 \pm 0,63$ anos; massa corporal = $44,06 \pm 13,01\text{kg}$; estatura = $146,63 \pm 7,25\text{cm}$), com níveis de maturação sexual 1 e 2 (pilosidade pubiana) determinado de acordo com o modelo proposto por Tanner⁽¹⁴⁾. A partir da aplicação de um questionário, verificou-se que as crianças participavam regularmente das aulas de Educação Física escolar, além de realizarem outras práticas com carga horária de aproximadamente 3h/semanais. Porém, nenhum dos participantes se encontrava inserido em programas de treinamento competitivo de qualquer espécie. Cada participante foi informado sobre os procedimentos do experimento e suas implicações, tendo, juntamente com seu responsável legal, assinado um termo de consentimento para a participação no estudo. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição onde o experimento foi realizado (Ofício CEP 22/2004).

Delineamento experimental

As crianças realizaram três visitas ao Laboratório de Avaliação da Performance Humana, Unesp – Rio Claro, SP. A primeira visita foi destinada à realização de um teste preliminar para que a criança se adaptasse ao ergômetro e ao protocolo a ser utilizado e também para as mensurações da massa corporal, estatura e determinação do nível maturacional. A segunda visita foi destinada à realização de um teste incremental para a determinação do LL e do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. A terceira visita foi destinada à realização dos testes de carga constante para a caracterização da cinética do $\dot{V}O_2$ durante o exercício pesado (75% Δ).

Teste incremental

O teste incremental foi realizado em esteira rolante (*Imbramed Millenium Super ATL*, Porto Alegre, Brasil). A velocidade inicial foi de 5km/h com incrementos de 1km/h a cada três minutos, sendo mantida uma inclinação constante durante todo o teste equivalente a 1%. Todos os estágios foram seguidos por 30 segundos de recuperação. O teste foi mantido até a exaustão dos participantes, que foram encorajados verbalmente a se manter em exercício pelo maior tempo possível. As variáveis cardiorrespiratórias foram medidas utilizando um analisador de gases (*Cosmed K4*, Roma, Itália), coletando dados respiração a respiração. Antes de cada teste os sistemas de análise do O_2 e CO_2 foram calibrados usando o ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas de O_2 e CO_2 , enquanto a turbina bidirecional (medidor de fluxo) foi calibrada usando uma seringa de 3-L (*Cosmed K4b2*, Roma, Itália). Os dados do teste incremental foram reduzidos a médias com intervalos de 15 segundos e o maior valor obtido durante o teste, dentro desses intervalos, foi aceito como o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. Antes do início do teste, durante o período de pausa entre os estágios e ao final do mesmo, foram coletadas amostras de sangue do lóbulo da orelha ($25\mu\text{l}$) para análise da concentração de lactato sanguíneo (*YSL 2300 STAT*, Yellow Springs, Ohio, EUA). As concentrações de lactato foram plotadas em função da velocidade, sendo considerado o LL a intensidade de exercício onde ocorreu o primeiro e sustentado aumento da concentração de lactato acima das concentrações de repouso.

Testes de carga constante

As crianças realizaram um aquecimento de cinco minutos a 50% $\dot{V}O_2$ pico e, após o repouso de cinco minutos, um exercício com carga constante na intensidade correspondente a 75% Δ . Os participantes realizaram duas transições de exercício nesta carga, com a duração de seis minutos e intervalo de pelo menos 30 minutos entre cada transição. Amostras de sangue (25 μ l) foram coletadas do lóbulo da orelha imediatamente antes e após o período de seis minutos de exercício nas duas transições. A diferença entre a concentração de lactato final e inicial foi expressa como um valor delta da concentração de lactato sanguíneo (Δ [La]). A intensidade correspondente a 75% Δ foi determinada como:

$$75\% \Delta = LL + 0,75 \times (\dot{V}O_2 \text{ pico} - LL) \quad (1)$$

Análise da cinética do $\dot{V}O_2$

Para cada transição de exercício, os dados de respiração a respiração do $\dot{V}O_2$ foram linearmente interpolados para obter valores com intervalos de 1 segundo. Os dados referentes às duas transições foram alinhados e assim calculadas as médias para os valores do $\dot{V}O_2$ com o objetivo de diminuir o "ruído" e acentuar as características fundamentais das respostas fisiológicas. Técnicas de regressão não linear foram utilizadas para ajustar os dados de $\dot{V}O_2$ após o início do exercício com uma função exponencial. O modelo matemático foi constituído de três termos, com cada um representando uma fase da resposta. O primeiro termo teve início após o começo do exercício (tempo = 0), enquanto os outros termos iniciaram-se após os tempos de atraso independentes.

$$\begin{aligned} \dot{V}O_2(t) = & \dot{V}O_{2\text{base}} + A_0 \times (1 - e^{-t/\tau_0}) \quad (\text{Fase 1 - componente cardiodinâmico}) \\ & + A_1 \times (1 - e^{-(t - TA_1)/\tau_1}) \quad (\text{Fase 2 - componente primário}) \\ & + A_2 \times (1 - e^{-(t - TA_2)/\tau_2}) \quad (\text{Fase 3 - componente lento}) \end{aligned} \quad (2)$$

onde: $\dot{V}O_2(t)$ = consumo de oxigênio do tempo t; $\dot{V}O_{2\text{base}}$ = consumo de oxigênio no início do teste; A_0 , A_1 e A_2 são as amplitudes assintóticas para os três termos exponenciais; τ_0 , τ_1 e τ_2 são as constantes de tempo; TA_1 e TA_2 são os tempos de atraso. O termo da fase 1 terminou no início da fase 2 (i.e., no TA_1) e foi apontado o valor para o tempo (A'_0)

$$A'_0 = A_0 \times (1 - e^{-TA_1/\tau_0}) \quad (3)$$

O $\dot{V}O_2$ no final da fase 1 (A'_0) e a amplitude da fase 2 (A_1) foram somadas para calcular a amplitude da fase 2 (A'_1). A amplitude do componente lento foi determinada como o aumento do $\dot{V}O_2$ do TA_2 até o final do exercício (A'_2), ao invés do valor assintótico (A_2), pois este apresenta freqüentemente valores acima dos limites fisiológicos⁽¹²⁾. O componente lento foi calculado também em valores relativos.

$$A'_2 \text{ relativo} = A'_2 / (A_1 + A'_2) \times 100 \quad (4)$$

Uma mensuração adicional do componente lento foi considerada como a diferença no $\dot{V}O_2$ entre os valores do sexto (valor médio entre 5,75 e 6,0min) e terceiro minuto de exercício (valor médio entre 2,75 e 3,0min de exercício) ($\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min).

Análise estatística

Os valores são apresentados como média \pm desvio-padrão. O teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar os valores do CL do $\dot{V}O_2$ (absolutos e relativos) pelos dois diferentes métodos, adotando nível de significância $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Na tabela 1 encontram-se os valores médios \pm DP do $\dot{V}O_2$ pico e sua respectiva velocidade ($v\dot{V}O_2$ pico), do $\dot{V}O_2$ correspondente à intensidade do LL, da freqüência cardíaca máxima (FCmax) e do lactato pico obtidos durante o teste incremental.

310

TABELA 1

Valores médios \pm DP do consumo de oxigênio de pico ($\dot{V}O_2$ pico) e da sua respectiva velocidade ($v\dot{V}O_2$ pico), do consumo de oxigênio correspondente à intensidade do limiar de lactato (LL), da freqüência cardíaca máxima (FCmax) e do lactato pico obtidos durante o teste incremental

	$\dot{V}O_2$ pico (ml/kg/min)	$v\dot{V}O_2$ pico (Km/h)	LL (ml/kg/min)	LL (% $\dot{V}O_2$ pico)	FCmax (bpm)	Lactato pico (mM)
Média	45,90	10,37	36,10	77,92	192,38	5,57
DP	7,12	1,50	9,02	11,08	13,30	2,93

Na tabela 2 encontram-se os valores médios \pm DP da velocidade referente a 75% Δ e seu respectivo percentual do $\dot{V}O_2$ pico, da FC (média do último minuto de cada transição) e do Δ [La] obtidos durante o teste de intensidade constante.

TABELA 2

Valores médios \pm DP da velocidade e percentual do % $\dot{V}O_2$ pico referente a 75% Δ , da freqüência cardíaca (FC) e da variação (valor inicial-final) do lactato sanguíneo (Δ [La]) obtidos nos testes de carga constante

	75% Δ (km/h)	75% Δ (% $\dot{V}O_2$ pico)	FC (bpm)	Δ [La] (mM)
Média	9,20	94,4	181,63	2,19
DP	1,39	2,70	10,03	1,34

Os parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ derivados da análise com três termos exponenciais encontram-se na tabela 3.

TABELA 3

Valores médios \pm DP dos parâmetros da cinética do consumo de oxigênio durante o exercício realizado a 75% Δ derivados da análise de três termos exponenciais

Parâmetros	Modelo com três termos exponenciais
$\dot{V}O_{2\text{base}}$ (ml/min)	360,0 \pm 100,0
A'_0 (ml/min)	350,49 \pm 135,85
TA_1 (seg)	13,43 \pm 4,17
A'_1 (ml/min)	1332,7 \pm 394,50
τ_1 (seg)	20,64 \pm 4,17
TA_2 (seg)	129,28 \pm 29,34
A'_2 (ml/min)	129,69 \pm 75,71
τ_2 (seg)	250,03 \pm 84,43
% A'_2	8,49 \pm 2,92
$\dot{V}O_{2\text{final}}$ (ml/min)	1462,72 \pm 457,22

τ_1 e τ_2 = constantes de tempo; TA_1 e TA_2 = tempos de atraso; A'_0 = $\dot{V}O_2$ no final da fase 1, A'_1 = somatório do $\dot{V}O_2$ no final da fase 1 (A'_0) e a amplitude da fase 2 (A_1); A'_2 e % A'_2 = aumento do consumo até o final do exercício em valores absolutos e relativos, respectivamente (componente lento).

Os valores absolutos (ml/min) e relativos (%) do CL obtidos nos dois métodos de análise estão apresentados na figura 2. Os valores absolutos e relativos do CL foram significativamente menores pelo método $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 do que pelo método com três termos exponenciais.

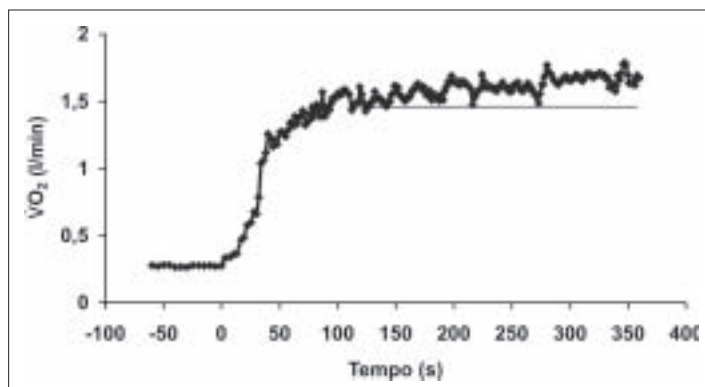


Figura 1 – Exemplo da resposta do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) observada em um sujeito típico deste estudo durante o exercício de carga constante realizado a 75% Δ

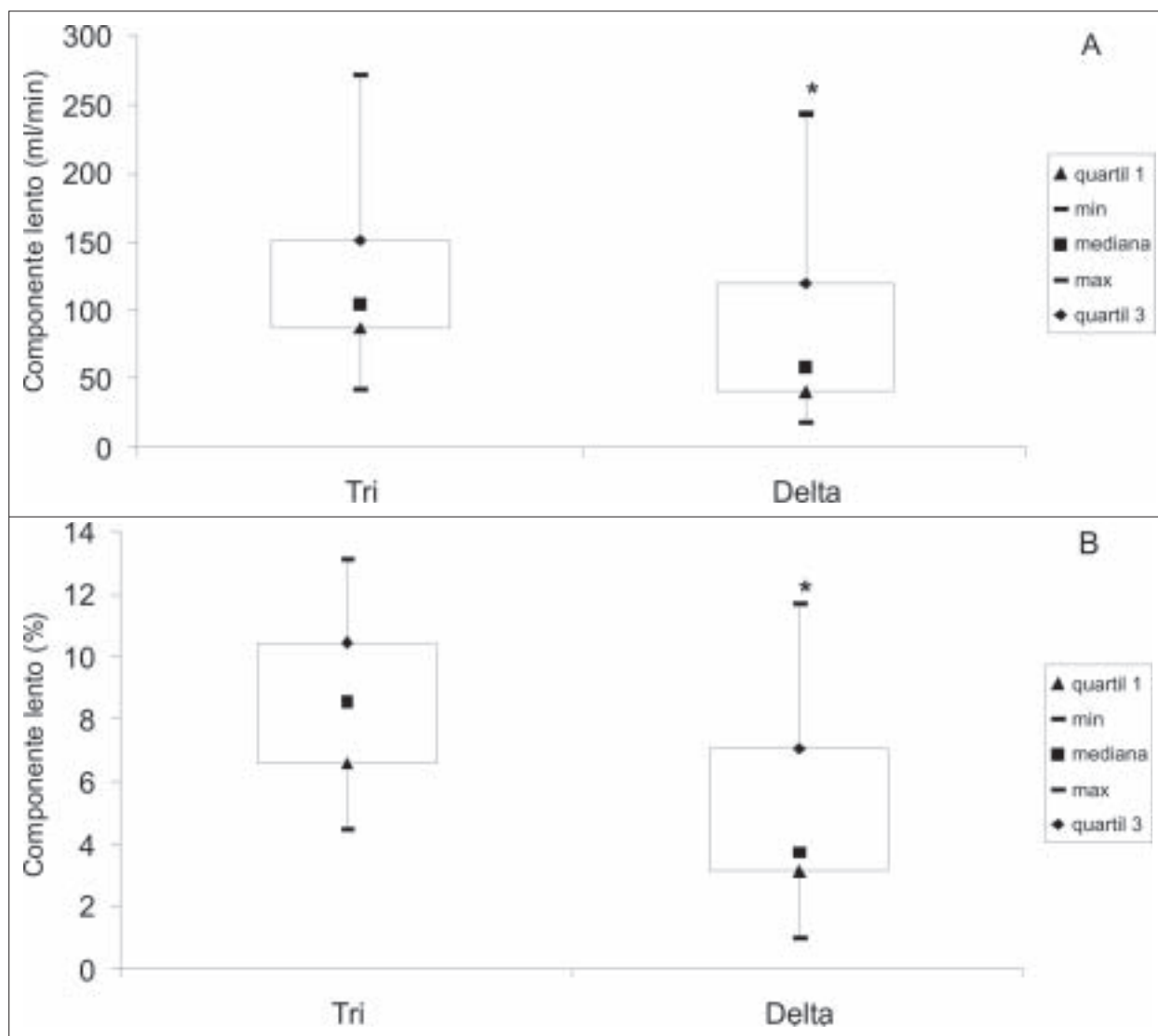


Figura 2 – Box plot dos valores absolutos (painel A) e relativos (painel B) referentes ao componente lento encontrados no modelo matemático com três termos exponenciais (Tri) e no modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min (Delta).

* $P < 0,05$ em relação ao modelo com três termos exponenciais.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar e quantificar a magnitude do CL do $\dot{V}O_2$ em crianças submetidas a exercícios de corrida em esteira rolante, com cargas constantes de intensidade acima do LL (75% Δ), utilizando para isso dois modelos de análise: a) modelo matemático com três termos exponenciais; e b) modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min. Nosso principal achado foi que os valores de CL, nas condições estudadas, são dependentes do modelo de análise utilizado (modelo exponencial com três termos x $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min). Assim, crianças submetidas a esforços de carga constante na corrida com intensidades acima do LL apresentam a ocorrência da superposição do consumo de oxigênio (CL). Ainda que os valores encontrados possam ser específicos e característicos dessa faixa etária e do modo de exercício, há clara observação da ocorrência desse fenômeno respiratório ocasionando um atraso em se atingir um novo estado estável deste comportamento na intenção de suprir as necessidades impostas pelo exercício.

Nossos resultados corroboram os encontrados por Fawcner e Armstrong⁽⁹⁾ que, utilizando um modelo exponencial com dois termos, claramente identificaram a ocorrência do CL (100 ± 60 ml/min e $9,4 \pm 4,6\%$), em crianças com idade entre 10 e 11 anos submetidas a um protocolo de exercício pesado de cargas constantes em cicloergômetro. Por outro lado, nossos resultados são diferentes dos obtidos por Armon *et al.*⁽⁶⁾, que verificaram a au-

sência da ocorrência do CL do $\dot{V}O_2$ na maioria das crianças analisadas durante o exercício de carga constante no cicloergômetro. Armon *et al.*⁽⁷⁾ utilizaram em seu estudo um modelo de análise monoexponencial para a determinação do CL, considerando que esse modelo apresentou relação linear bastante consistente (73%) com a análise do aumento do $\dot{V}O_2$ entre o terceiro e o sexto minuto de exercício. Assim, pode-se hipotetizar, inicialmente, que as discordâncias entre os estudos conduzidos em crianças de 10 a 11 anos se devem mais ao modelo de análise do CL do que ao modo de exercício (corrida x ciclismo).

Billat *et al.*⁽²⁾ caracterizaram o CL como a diferença no $\dot{V}O_2$ entre o terceiro e o sexto minuto de exercício de intensidade pesada, assumindo que, próximo e a partir desse momento, é possível observar o aparecimento do CL. A partir disso, alguns estudos utilizaram o critério do intervalo de tempo 6-3 minutos para estimar a magnitude do CL⁽¹⁰⁻¹¹⁾. No entanto, modelos matemáticos mais robustos têm demonstrado que o CL do $\dot{V}O_2$ tem início antes do terceiro minuto de exercício, levando a crer que a determinação pelo método $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3 minutos pode subestimar os valores reais desse parâmetro em adultos⁽¹²⁻¹³⁾.

Para o nosso conhecimento, este estudo foi o primeiro a identificar, em crianças, que o modelo de análise (modelo matemático com três termos exponenciais x modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min) modifica a caracterização do CL, o modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min provavelmente subes-

timando a sua magnitude. Esse comportamento pode ser claramente explicado quando se verifica que o início do CL ocorreu após aproximadamente dois minutos de exercício (TD₂ = 129seg), antes, portanto, do tempo utilizado no modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3.

Os valores de CL encontrados em nosso estudo não podem, em princípio, ser diretamente comparados com os obtidos em outros estudos conduzidos em crianças na corrida. Além das diferenças nos modelos de análise, não foram encontrados dados do CL na intensidade analisada neste estudo (75% Δ). Em adultos, utilizando o mesmo modo de exercício (corrida), modelo de análise (três componentes) e intensidade (75% Δ), Carter *et al.*⁽⁴⁾ verificaram valores absolutos (301,5 \pm 58,3ml/min) bem superiores aos encontrados no presente estudo (129,69 \pm 75,71ml/min). Entretanto, quando são analisados os valores relativos que, a nosso ver, é a forma mais apropriada de comparação, os obtidos por Carter *et al.*⁽⁴⁾ são bem semelhantes aos do nosso estudo (9,6 \pm 1,2 x 8,49 \pm 2,92%, respectivamente). Assim, pode-se sugerir que para a corrida, pelo menos, os valores de CL expressos em valores relativos não parecem depender da idade cronológica. Dentro desse aspecto, ainda, é importante destacar que Fawcner e Armstrong⁽⁹⁾ verificaram, durante um acompanhamento longitudinal (dois anos), que o CL (absoluto e relativo) aumentou significativamente entre os 10,6 e 12,6 anos durante o exercício pesado (40% Δ) realizado no cicloergômetro. Interessantemente, alguns estudos conduzidos em adultos com diferentes níveis de treinamento aeróbio têm verificado que o CL (absoluto e relativo) é maior durante o exercício pesado realizado no ciclismo do que na corrida^(2,4). Com isso, pode-se hipotetizar também que o CL parece ser dependente da interação entre o tipo de exercício e a idade cronológica.

Alguns estudos apontam que a ocorrência e magnitude do CL estariam relacionadas ao acúmulo de lactato sanguíneo durante exercício pesado⁽¹⁵⁻¹⁶⁾. Outros, porém, verificaram baixa correlação entre as variáveis associadas ao CL e o lactato sanguíneo durante exercício em esteira e bicicleta⁽²⁾. Em crianças, uma das hipóteses apontadas para a ausência e/ou pequena magnitude do CL do $\dot{V}O_2$ durante exercício pesado seria em razão de as mesmas apresentarem menores concentrações de lactato sanguíneo em relação aos adultos. No entanto, nossos valores de Δ [La] (2,02 \pm 1,24mM) são menores do que os valores encontrados por Carter *et al.*⁽⁴⁾ em adultos (4,0 \pm 0,5mM), sugerindo que a relação entre acúmulo de lactato e CL possa não existir, já que os valores relativos de CL foram semelhantes entre os estudos.

Sendo assim, concluímos que há ocorrência do CL do $\dot{V}O_2$ em crianças submetidas a exercício de corrida em esteira rolante sob intensidade pesada, sendo esses valores semelhantes aos encontrados em adultos exercitados sob as mesmas condições. Ao com-

pararmos os dois métodos de análise (modelo matemático com três termos exponenciais e modelo $\Delta\dot{V}O_2$ 6-3min), observamos diferenças estatísticas significantes para os valores de CL, levando-nos a concordar com a literatura existente sobre o fato de haver subestimação desses valores ao utilizarmos para análise modelos mais simples.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Denadai BS, Caputo F. Efeitos do treinamento sobre a cinética do consumo de oxigênio durante o exercício realizado nos diferentes domínios de intensidade de esforço. *Motriz*. 2003;9:1-7.
2. Billat VL, Richard R, Binsse VM, Koralsztein JP, Haouzi P. The $\dot{V}O_2$ slow component for severe exercise depends on type of exercise and is not correlated with time to fatigue. *J Appl Physiol*. 1998;85:2118-24.
3. Jones AM, McConnell AM. Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Eur J Appl Physiol*. 1999;80:213-9.
4. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams C, Doust JH. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J Appl Physiol*. 2000;89:899-907.
5. Jones AM, Carter H. Oxygen uptake dynamics: from muscle to mouth – An introduction to the symposium. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:1542-50.
6. Baquet G, van Praagh E, Berthoin S. Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med*. 2003;33(15):1127-43.
7. Armon Y, Cooper DM, Flores R, Zanonato S, Barstow TJ. Oxygen uptake dynamics during high-intensity exercise in children and adults. *J Appl Physiol*. 1991;70:841-8.
8. Williams CA, Carter H, Jones AM, Doust JH. Oxygen uptake kinetics during treadmill running in boys and men. *J Appl Physiol*. 2001;90:1700-6.
9. Fawcner SG, Armstrong N. Longitudinal changes in the kinetic response to heavy-intensity exercise in children. *J Appl Physiol*. 2004;97:460-6.
10. Bohnert B, Ward SA, Whipp BJ. Effects of prior arm exercise on pulmonary gas exchange kinetics during high-intensity leg exercise in humans. *Exp Physiol*. 1998;83:557-70.
11. Womack CJ, Flohr JA, Weltman A, Gaesser G. The effects of a short-term training program on the slow component of $\dot{V}O_2$. *J Strength Cond Res*. 2000;14: 50-3.
12. Barstow TJ. Characterization of $\dot{V}O_2$ kinetics during heavy exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26:1327-34.
13. Bearden SE, Moffatt RJ. $\dot{V}O_2$ kinetics and the O_2 deficit in heavy exercise. *J Appl Physiol*. 2000;88:1407-12.
14. Tanner JM. *Growth and adolescence*. Oxford: Blackwell, 1962.
15. Casaburi R, Storer TW, Ben-Dov I, Wasserman K. Effect of endurance training on possible determinants of $\dot{V}O_2$ during heavy exercise. *J Appl Physiol*. 1987; 62:199-207.
16. Roston WL, Davis JA, Cunningham DA, Efron RM, Wasserman K. Oxygen uptake kinetics and lactate concentrations during exercise in humans. *Am Rev Respir Dis*. 1987;135:1080-4.