



Revista Brasileira de CIÊNCIAS DO ESPORTE

www.rbceonline.org.br



ARTIGO ORIGINAL

Efeitos da idade cronológica e maturação sexual na velocidade de corrida no limiar de lactato de crianças e adolescentes

Fabiana Andrade Machado^{a,*}, Benedito Sérgio Denadai^b

^aDepartamento de Educação Física, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil

^bDepartamento de Educação Física, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo, Brasil

Recebido em 11 de junho de 2012; aceito em 10 de setembro de 2012

PALAVRAS-CHAVE

Capacidade aeróbia;
Crescimento;
Desempenho;
Limiar anaeróbio

KEYWORDS

Aerobic capacity;
Growth;
Performance;
Anaerobic threshold

Resumo Examinaram-se os efeitos da idade cronológica e maturação sexual na velocidade de corrida no limiar de lactato (vLL) de crianças e adolescentes. Dezoito meninos, divididos de acordo com a idade (GC1: 11,00 a 13,50 e GC2: 13,51 a 15,99 anos) e maturação sexual (GB1: níveis 1 e 2 e GB2: níveis 4 e 5 de pilosidade púbica), realizaram teste incremental em esteira rolante até exaustão, com pausas de 20 segundos entre os estágios de três minutos para coleta de sangue e análise da concentração de lactato. Determinou-se a vLL pelo método Dmax. Não houve diferença significativa para a vLL ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) entre os grupos GC1 ($11,5 \pm 0,3$) vs. GC2 ($11,8 \pm 0,6$) e GB1 ($11,6 \pm 0,3$) vs. GB2 ($11,8 \pm 0,6$). Concluiu-se que a vLL não sofre os efeitos da idade cronológica e maturação biológica em meninos não treinados entre 11 e 15 anos.

© 2014 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Effects of chronological age and sexual maturation on the running speed at lactate threshold of children and adolescents

Abstract We examined the effects of the chronological age and sexual maturation on the running speed at lactate threshold (vLL) of children and adolescents. Eighteen boys, divided according to age (GC1: 11.00 to 13.50 and GC2: 13.51 to 15.99 years) and sexual maturation (GB1: levels 1 and 2 and GB2: levels 4 and 5 of pubic hair), performed an incremental treadmill test until exhaustion, with 20-second pauses between the stages of 3 minutes for blood sampling and lactate concentration analysis. The vLL was determined by the Dmax method. There were no significant differences in the vLL ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) between the groups GC1 (11.5 ± 0.3) vs. GC2 (11.8 ± 0.6) and GB1 (11.6 ± 0.3) vs. GB2 (11.8 ± 0.6). It was concluded that the vLL does not suffer the effects of chronological age and sexual maturation among untrained 11- to 15-year-old boys.

© 2014 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

* Autor para correspondência.

E-mail: famachado_uem@hotmail.com (F.A. Machado).

PALABRAS CLAVE

Capacidade aeróbia;
Crescimento;
Rendimento;
Umbral anaeróbico

Efectos de la edad cronológica y maduración sexual en la velocidad de carrera en el umbral de lactato en niños y adolescentes

Resumen Se examinaron los efectos de la edad cronológica y maduración sexual en la velocidad de carrera en el umbral de lactato (vLL) en niños y adolescentes. Dieciocho niños, divididos de acuerdo a la edad (GC1 11,00 a 13,50 y GC2: 13,51 a 15,99 años) y maduración sexual (GB1: niveles 1 y 2 y GB2: niveles 4 y 5 del vello púbico) realizaron una prueba incremental en una cinta rodante hasta la extenuación, con pausas de 20 s entre las etapas de 3 min para recoger la sangre y el análisis de la concentración de lactato. La vLL fue determinada por el método Dmax. No hubo diferencia significativa para la vLL ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) entre los grupos GC1 ($11,5 \pm 0,3$) vs. GC2 ($11,8 \pm 0,6$) e GB1 ($11,6 \pm 0,3$) vs. GB2 ($11,8 \pm 0,6$). Se concluyó que la vLL no sufre los efectos de la edad cronológica y maduración sexual en niños no entrenados entre 11 y 15 años.

© 2014 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

Introdução

Durante a puberdade, os processos de crescimento e desenvolvimento conferem ao indivíduo um aumento nas dimensões corporais, com ênfase no desenvolvimento dos sistemas muscular e esquelético. Esse aumento nas dimensões corporais implica também alterações nos componentes ventilatórios e cardiovasculares, tendo impacto sobre os índices fisiológicos relacionados ao desempenho (Rowland, 2008).

Krahenbuhl, Morgan e Pandrazi (1989), por exemplo, verificaram, em um estudo longitudinal, que a distância percorrida em uma prova de nove minutos aumentou aproximadamente 29%, ao longo de sete anos, entre as idades de 9,9 e 16,8 anos em meninos não treinados. Em contrapartida, os autores relataram que a economia de corrida (EC) melhorou aproximadamente 13%, enquanto que o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$), quando expresso em relação à massa corporal ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), permaneceu inalterado. Já quando expresso em valores absolutos ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$), o $\text{VO}_2\text{máx}$ aumenta aproximadamente 11% ao ano, dos seis aos 18 anos de idade (Armstrong; Welsman, 1994). Em contraposição a esses índices fisiológicos que estão bem consolidados na literatura (Armstrong; Welsman, 1994; Krahenbuhl; Morgan; Pandrazi, 1989; Rowland, 1989), os efeitos da idade cronológica e maturação biológica sobre a velocidade de corrida no limiar de lactato (vLL) permanecem pouco estudados.

O limiar de lactato (LL) é considerado um importante índice de aptidão aeróbia, altamente correlacionado com o desempenho de *endurance* (Faude; Kindermann; Meyer, 2009). Dessa maneira se poderia esperar que ele contribuisse, tal como a EC, com uma parcela na melhora do desempenho de corrida. Entretanto, Tanaka e Shindo (1985) relataram que a vLL apresenta uma tendência a decrescer durante a adolescência. Esses autores reportaram uma correlação negativa entre a vLL e o nível de maturação óssea ($r = -0,32$; $P < 0,05$) em meninos entre seis e 15 anos de idade. Já Frainer, Oliveira e Pazin (2006) não encontraram associação entre a maturação sexual, idade cronológica e índices de crescimento com a vLL em meninos participantes de esportes com idades entre 13 e 15 anos. Nicolao *et al.* (2010) também não encontraram diferenças para a vLL entre os grupos nas idades pré-púbere, púbere e pós-púbere em meninas jogadoras de futebol entre 12 e 15

anos de idade. Há de se ressaltar que esses autores determinaram a vLL na velocidade relativa à concentração fixa de lactato sanguíneo de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tanaka; Shindo, 1985) e $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Frainer; Oliveira; Pazin, 2006; Nicolao *et al.*, 2010), embora a utilização de métodos de concentração fixa para a determinação do LL seja controversa (Pfitzinger; Freedson, 1997).

Constam, na literatura, diversos métodos para a determinação do LL, existindo métodos subjetivos, como a detecção visual de sua ocorrência, e também métodos objetivos, como os de concentração fixa de lactato, em que as concentrações de $2,0$ e $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ são as mais utilizadas para crianças e adolescentes (Armstrong; Welsman, 1994; Pfitzinger; Freedson, 1997; Tanaka; Shindo, 1985; Williams; Armstrong, 1991). A concentração de $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ foi sugerida por Williams e Armstrong (1991) como uma estimativa da máxima fase estável do lactato (MFEL) para crianças. Em contrapartida, Beneke *et al.* (2009) sugeriram a intensidade referente à concentração fixa de $3,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ como estimativa da MFEL tanto para crianças como para adultos, independentemente do gênero e idade. O principal problema dos métodos de concentração fixa é que eles não são individualizados, ou seja, não consideram as diferenças interindividuais relativas às concentrações de lactato. Almarwaey, Jones e Tolfrey (2004), por exemplo, reportaram uma ampla variabilidade interindividual da concentração de lactato sanguíneo referente à MFEL ($1,2$ a $5,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). Além disso, Pfitzinger e Freedson (1997) consideram os métodos de concentração fixa impróprios para essa clientela, alegando que a concentração de lactato muda para cada criança com o passar do tempo, e seu uso levaria a resultados enganosos quando utilizado na comparação entre crianças de diferentes idades ou níveis maturacionais. Por outro lado, o método do máximo desvio (Dmax), proposto por Cheng *et al.* (1992), é um método objetivo e individualizado que poderia ser utilizado para a determinação da vLL na população pediátrica, e não seria influenciado por possíveis alterações na concentração de lactato com o passar do tempo.

Assim, considerando que ocorra uma melhora natural no desempenho de corrida na clientela pediátrica, independentemente de treinamento (Krahenbuhl; Morgan; Pandrazi, 1989), e que aumentos na vLL com o passar da idade poderiam contribuir para a melhora no desempen-

ho de corrida - fato ainda não comprovado na literatura. O objetivo deste estudo foi examinar os efeitos da idade cronológica e maturação sexual na velocidade de corrida no limiar de lactato de crianças e adolescentes. Para tanto, a vLL será determinada pelo método Dmax, que tem alta correlação com o desempenho de corrida (Machado *et al.*, 2011a; Machado; Nakamura; De Moraes, 2012; Nicholson; Sleivert, 2001), visando evitar a utilização de métodos subjetivos ou métodos objetivos não individualizados para a sua determinação. A hipótese deste estudo foi que a vLL de crianças não treinadas, pré-púberes ou no início da puberdade, aumentaria com o passar da idade e com processos de maturação sexual.

Materiais e métodos

Sujeitos

A amostra experimental foi composta por 18 participantes do gênero masculino, com idades entre 11 e 15 anos, aparentemente saudáveis. A participação foi voluntária e isenta de qualquer bônus ou ônus aos participantes. Os participantes frequentavam regularmente aulas de Educação Física Escolar, mas não estavam inseridos em programas sistemáticos de treinamento. Todos os procedimentos adotados foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IB/Unesp - Rio Claro. Antes do início dos testes, os responsáveis tomaram conhecimento de todos os procedimentos a que as crianças seriam submetidas e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido referente à participação nos testes.

Conforme a tabela 1, os participantes foram distribuídos em grupos, de acordo com a idade cronológica - GC1 (11,00 a 13,50 anos) e GC2 (13,51 a 15,99 anos) -, e de acordo com a maturação sexual - GB1 (níveis 1 e 2 de pilosidade púbica) e GB2 (níveis 4 e 5 de pilosidade púbica). Essas divisões permitiram comparar um grupo composto por sujeitos com menor dimensão corporal (pré-púbere/início da puberdade), anterior ao pico de crescimento, que ocorre por volta dos 14 anos de idade, com um grupo na fase final do crescimento/desenvolvimento (final da puberdade/pós-púbere). Divisões similares já foram adotadas em outros estudos que avaliaram a resposta de variáveis fisiológicas aos processos de crescimento e desenvolvimento (Greco; Denadai, 2005; Machado; Guglielmo; Denadai, 2007). A idade cronológica foi calculada considerando a data de nascimento e a data de realização do teste incremental. A maturação sexual foi determinada visualmente por um experiente profissional da área de Educação Física, adotando-se o desenvolvimento da pilosidade púbica como parâmetro de classificação de acordo com os critérios estabelecidos por Tanner (1962). Nenhum dos participantes foi classificado no nível 3 de desenvolvimento da pilosidade púbica. A massa corporal foi mensurada com uma balança Tanita (precisão de 100 g), e a estatura, com um estadiômetro de metal (precisão de 5 mm). O índice de massa corporal (IMC) foi determinado através da divisão da massa corporal do indivíduo (kg) pelo quadrado de sua estatura (m²). Todos os procedimentos foram realizados por um único avaliador para que fosse minimizada a ocorrência de erros.

Teste incremental em esteira rolante

O teste incremental de esforço máximo foi realizado em uma esteira rolante computadorizada (INBRAMED Super ATL, Porto Alegre, Brasil), utilizando-se um protocolo progressivo e descontinuo, com incrementos de 1 km·h⁻¹ na velocidade a cada três minutos. A velocidade de aquecimento foi de 5 km·h⁻¹, com o primeiro estágio iniciando a 9 km·h⁻¹. A inclinação da esteira foi mantida em 1% durante todo o teste. Todos os estágios foram seguidos de uma pausa de 20 segundos, na qual foram coletadas amostras de sangue (25 µl) do lóbulo da orelha de cada participante, para posterior análise da concentração de lactato sanguíneo em aparelho eletroquímico (YSI 1500 STAT). A frequência cardíaca (FC) foi constantemente monitorada por meio do frequencímetro (Polar Vantage XL) durante todos os estágios do teste. Os participantes foram verbalmente encorajados a se manterem em exercício pelo maior tempo possível, até a exaustão voluntária.

Determinação da vLL

A vLL foi determinada pelo método Dmax, proposto por Cheng *et al.* (1992). Este método consiste em calcular o ponto na curva de lactato que atinge a maior distância perpendicular da reta, conectando o primeiro e o último ponto da curva. Para tanto, as coordenadas lactato-velocidade foram inicialmente ajustadas à seguinte curva exponencial mais constante por meio de regressão não linear, com o auxílio do *Statistical Package for the Social Sciences* versão 17.0 (SPSS Inc. USA):

$$[La] = a + b \cdot e^{(c \cdot v)}$$

em que “e” é o número neperiano, “v”, a velocidade em km·h⁻¹, e [La] é a estimativa da concentração de lactato sanguíneo (mmol·L⁻¹); a, b e c são os parâmetros da equação exponencial mais constante.

Feito isto, a vLL foi determinada com o auxílio da seguinte equação (Machado *et al.*, 2011a; 2011b):

$$vLL = \{ \ln[(e^{(c \cdot vf)} - e^{(c \cdot vi)}) / (c \cdot vf - c \cdot vi)] \} / c$$

em que “ln” é o logaritmo natural; “e” é o número neperiano; c é o parâmetro da curva exponencial mais constante; “vi” é a velocidade inicial e “vf”, a velocidade final do teste incremental.

Determinação da velocidade de corrida referente à 2 mmol·L⁻¹

A velocidade de corrida referente à concentração fixa de lactato sanguíneo de 2 mmol·L⁻¹ (V_{2mmM}) foi determinada por meio de interpolação linear, com o intuito de compará-la com os resultados relatados por Tanaka e Shindo (1985), que consideraram a vLL nessa concentração fixa.

Análise estatística

Os dados são apresentados em média ± DP para todas as variáveis mensuradas. Para a análise dos dados foi utiliza-

do o programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS Inc. USA), versão 17.0. Foi aplicado o teste “W”, de Shapiro-Wilk, para confirmar a normalidade da distribuição da amostra. A homocedasticidade foi verificada por meio do teste de Levene. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado no cálculo das associações entre duas variáveis. A correlação de Spearman-Rank foi utilizada para examinar a associação entre a maturação sexual e as demais variáveis do estudo. ANOVA two-way foi utilizada para comparar os fatores idade cronológica (GC1 e GC2) e maturação sexual (GB1 x GB2), seguida do *post-hoc* de Bonferroni. A comparação entre grupos GC1 vs. GB1 e GC2 vs. GB2 se deu pelo teste t de Student bicaudal para dados não pareados. Adotou-se nível de significância de $P < 0,05$.

Resultados

Entre os oito sujeitos do grupo cronológico GC1, seis foram classificados no grupo GB1, e dois no grupo GB2 (tabela 1). Entre os 10 sujeitos do grupo cronológico GC2, oito foram

classificados no grupo GB2, e dois no grupo GB1. A idade, ao contrário do IMC, mostrou-se diferente entre os grupos GC1 vs. GC2 e GB1 vs. GB2. As dimensões corporais (massa corporal e estatura) mostraram-se maiores para GB2 em relação a GB1, mas não foram estatisticamente diferentes entre GC1 e GC2. A ausência de diferenças significantes foi comprometida pelo pequeno tamanho amostral, que influenciou no poder estatístico para a detecção dessas diferenças. Acrescenta-se que não houve diferença significativa para essas variáveis entre os grupos GC1 x GB1 e GC2 x GB2 ($P > 0,05$).

A tabela 2 apresenta a correlação entre as variáveis vLL, idade cronológica e maturação sexual e variáveis antropométricas e fisiológicas determinadas durante o teste incremental em esteira rolante. Não houve correlação significativa entre a vLL determinada pelo método Dmax e as variáveis idade e maturação sexual ($P > 0,05$). A vLL correlacionou-se moderadamente com a velocidade pico (V_{pico}) e a concentração de lactato pico ($[La]_{pico}$) atingidas durante o teste incremental máximo. A idade cronológica e a maturação sexual correlacionaram-se fortemente entre si ($r = 0,80$; P

Tabela 1 Características gerais dos participantes divididos em grupos pela idade cronológica (GC1 e GC2) e maturação sexual (GB1 e GB2).

Grupos	GC1 (n = 8)	GC2 (n = 10)	GB1 (n = 8)	GB2 (n = 10)
Idade (anos)	12,7 ± 0,6	14,6 ± 0,9 ^a	12,9 ± 0,8	14,5 ± 1,0 ^b
Massa corporal (kg)	42,4 ± 8,8	57,2 ± 11,9	39,9 ± 6,9	59,2 ± 9,4 ^b
Estatura (m)	1,50 ± 0,10	1,66 ± 0,10	1,47 ± 0,05	1,69 ± 0,07 ^b
IMC (kg·m ⁻²)	18,6 ± 2,5	20,5 ± 2,3	18,3 ± 2,1	20,8 ± 2,3

GC1, idades de 11,00 a 13,50 anos; GC2, idades de 13,51 a 15,99 anos; GB1, níveis 1 e 2 de pilosidade púbica; GB2, níveis 4 e 5 de pilosidade púbica; IMC, índice de massa corporal.

^a $P < 0,05$ em relação a GC1.

^b $P < 0,05$ em relação a GB1.

Tabela 2 Matriz de correlações (n = 18).

Variáveis	vLL (km·h ⁻¹)	Idade (anos)	Maturação Sexual (pilosidade púbica)
Maturação Sexual (pilosidade púbica)	0,07	0,80 ^c	-
Idade (anos)	0,22	-	0,80 ^c
Massa corporal (kg)	0,30	0,79 ^c	0,78 ^c
Estatura (m)	0,22	0,83 ^c	0,83 ^c
IMC (kg·m ⁻²)	0,30	0,57 ^b	0,47 ^a
V_{pico} (km·h ⁻¹)	0,76 ^c	0,14	0,15
V_{2mM} (km·h ⁻¹)	0,11	-0,05	0,43 ^a
FC_{LL} (% $FC_{máx}$)	-0,20	-0,07	0,01
FC_{2mM} (% $FC_{máx}$)	-0,35	0,10	0,38
$FC_{máx}$ (bpm)	0,36	-0,18	-0,11
$[La]_{LL}$ (mmol·L ⁻¹)	-0,09	-0,34	-0,32
$[La]_{pico}$ (mmol·L ⁻¹)	0,64 ^b	-0,03	-0,26

vLL, velocidade de corrida no limiar de lactato; IMC, índice de massa corporal; V_{pico} , velocidade pico do teste incremental; V_{2mM} , velocidade referente à concentração fixa de lactato de 2 mmol·L⁻¹; FC_{LL} , frequência cardíaca no limiar de lactato; FC_{2mM} , frequência cardíaca referente à concentração fixa de lactato de 2 mmol·L⁻¹; $FC_{máx}$, frequência cardíaca máxima; $[La]_{LL}$, concentração de lactato no limiar de lactato; $[La]_{pico}$, lactato pico.

^a $P < 0,05$.

^b $P < 0,01$.

^c $P < 0,001$.

< 0,001) e também com a massa corporal, estatura e IMC. Além disso, ressalta-se que a maturação sexual apresentou correlação significativa com a V_{2mM} ($r = 0,43$; $P < 0,05$).

A tabela 3 apresenta as variáveis fisiológicas determinadas durante o teste incremental em esteira rolante, divididas em grupos de idade cronológica (GC1 e GC2) e maturação sexual (GB1 e GB2). A vLL não se mostrou diferente entre os grupos GC1 vs. GC2 e GB1 vs. GB2 ($P > 0,05$). Por outro lado, a V_{2mM} e a frequência cardíaca referentes à concentração fixa de lactato de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (FC_{2mM}) mostraram-se significativamente maiores para o grupo GB2, em relação ao grupo GB1.

Discussão

O objetivo deste estudo foi examinar os efeitos da idade cronológica e maturação sexual na velocidade de corrida no limiar de lactato de crianças e adolescentes. O principal achado foi que a vLL, ainda que determinada por um método objetivo e individualizado, não se mostrou influenciada pela idade cronológica e maturação sexual em meninos não treinados entre 11 e 15 anos de idade. Diante disso, a vLL provavelmente não contribui para os aumentos no desempenho de corrida que ocorrem durante a adolescência.

Os índices de crescimento (massa corporal, estatura e IMC) encontrados neste estudo (tabela 1) mostraram-se maiores para os grupos de maior idade cronológica (GC2) e maturação sexual (GB2). As diferenças encontradas para esses índices demonstram a associação dessas variáveis com a fase de estirão de crescimento, que ocorre por volta dos 14 anos de idade entre meninos, levando-os a atingir estatura final mais elevada e também maior massa corporal (Malina; Bouchard; Bar-Or, 2004; Pires; Lopes, 2004; Rowland, 2008). Isso é refletido nas correlações positivas encontradas entre idade cronológica ou maturação sexual e as variáveis: massa corporal, estatura e IMC. Acrescenta-se que não houve diferença significativa para essas variáveis entre GC1 x GB1 e GC2 x GB2, corroborando a elevada correlação encontrada entre a idade cronológica e a maturação sexual.

Tal como hipotetizado, esperávamos encontrar um aumento na vLL com o passar da idade e maturação sexual, por conta da melhora natural no desempenho de corrida que ocorre, aproximadamente, entre os 10 e os 17 anos de idade (Krahenbuhl; Morgan; Pandrazi, 1989). Krahenbuhl, Morgan e Pandrazi (1989) verificaram, em um estudo longitudinal, que o desempenho de corrida da prova de nove minutos aumentou, ao longo de sete anos, de 1.637 m para 2.115 m, entre as idades de 9,9 e 16,8 anos, em meninos não treinados. Assim, a velocidade média da prova aumentou em aproximadamente 29%, de 10,9 para 14,1 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Frainer, Oliveira e Pazin (2006) também encontraram um aumento entre as velocidades médias de um teste de corrida de 20 minutos entre dois grupos de meninos, entre 13 e 15 anos, diferenciados pela pilosidade púbica. Entretanto, esse aumento na velocidade foi de aproximadamente 11%, aumentando de 9,5 (pilosidade púbica 2-3) para 10,5 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (pilosidade púbica 4-5). Há de se ressaltar que os meninos estavam inseridos em escolas de esportes (basquetebol, voleibol e atletismo) e que a velocidade média do teste de 20 minutos não apresentou correlação significativa com a pilosidade púbica ($r = 0,31$; $P > 0,05$).

No entanto, ainda que hipotetizado, não encontramos diferenças para a vLL entre os diferentes grupos de idade cronológica e maturação sexual. Frainer, Oliveira e Pazin (2006) também não encontraram diferenças para a vLL entre os três grupos de idade cronológica (13, 14 e 15 anos) ou entre os dois grupos de maturação sexual. Além disso, os autores reportaram que a vLL, de acordo com testes de correlação, não foi influenciada pelos índices de pilosidade púbica ($r = 0,03$) ou idade cronológica ($r = 0,05$). Enfatizamos que esses autores determinaram a vLL por interpolação e extrapolação linear referente à concentração de lactato sanguíneo de $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Tanaka e Shindo (1985) também não encontraram diferença significativa na vLL para um grupo de meninos não treinados entre seis e 15 anos de idade. A vLL para as faixas etárias 10-11, 12-13 e 14-15 anos foi de $11,4 \pm 0,8$, $11,0 \pm 0,5$ e $10,9 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente, considerando a vLL na velocidade referente à concentração de lactato de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. No entanto, esses autores encontraram uma

Tabela 3 Variáveis fisiológicas divididas em grupos de idade cronológica (GC1 e GC2) e maturação sexual (GB1 e GB2).

Grupos	GC1 (n = 8)	GC2 (n = 10)	GB1 (n = 8)	GB2 (n = 10)
vLL ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	11,5 ± 0,3	11,8 ± 0,6	11,6 ± 0,3	11,8 ± 0,6
V_{2mM} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	11,3 ± 1,0	11,3 ± 1,0	10,7 ± 1,0	11,7 ± 0,8 ^a
V_{pico} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	13,4 ± 0,5	13,6 ± 0,8	13,4 ± 0,5	13,6 ± 0,8
FC_{LL} (% $FC_{\text{máx}}$)	94 ± 4	95 ± 6	95 ± 5	95 ± 5
FC_{2mM} (% $FC_{\text{máx}}$)	93 ± 5	93 ± 5	90 ± 5	95 ± 5 ^a
$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	203 ± 6	199 ± 8	202 ± 9	200 ± 6
$[La]_{LL}$ ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,3 ± 0,6	2,0 ± 0,5	2,4 ± 0,6	1,9 ± 0,5
$[La]_{\text{pico}}$ ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	4,3 ± 1,4	4,5 ± 1,7	4,8 ± 1,4	4,1 ± 1,7

vLL, velocidade de corrida no limiar de lactato; V_{2mM} , velocidade referente à concentração fixa de lactato de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; V_{pico} , velocidade pico do teste incremental; FC_{LL} , frequência cardíaca no limiar de lactato; FC_{2mM} , frequência cardíaca referente à concentração fixa de lactato de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; $FC_{\text{máx}}$, frequência cardíaca máxima; $[La]_{LL}$, concentração de lactato no limiar de lactato; $[La]_{\text{pico}}$, lactato pico.

^a $P < 0,05$.

fraca, mas significativa, correlação negativa entre a vLL e o índice de maturidade óssea ($r = -0,32$; $P < 0,05$), sugerindo que a maturação é um dos fatores que influenciam o LL, diminuindo-o. Para efeitos de comparação, ao contrário dos achados de Tanaka e Shindo (1985), encontramos uma correlação positiva entre a V_{2mM} e a maturação sexual, de acordo com os índices de pilosidade púbica ($r = 0,43$; $P < 0,05$). Além disso, a V_{2mM} mostrou-se maior no grupo GB2, em relação ao grupo GB1. Entretanto, entendemos que esses métodos de concentração fixa não são apropriados para se determinar a vLL de crianças e adolescentes, podendo o seu uso levar a resultados enganosos.

O acúmulo do lactato no sangue ocorre em função de vários processos dinâmicos, incluindo sua produção no músculo, taxa de difusão do músculo para o sangue e sua remoção do sangue (Armstrong; Tomkinson; Ekelund, 2011). É sabido que crianças apresentam uma menor concentração de lactato sanguíneo durante o esforço submáximo e máximo quando comparadas a adultos (Eriksson; Gollnick; Saltin, 1973; Tanaka; Shindo, 1985). Esse comportamento tem sido atribuído ao maior número de mitocôndrias, maior fluxo sanguíneo e maior estoque intramuscular de triglicerídeos observados nas crianças (Eriksson; Gollnick; Saltin, 1973), além do fato de apresentarem uma menor atividade da enzima fosfofrutoquinase (PFK) e um baixo nível de glicogênio muscular (Mahon *et al.*, 1997). Esse conjunto de fatores conduz a uma menor capacidade glicolítica para essa população pediátrica quando comparada aos adultos (Malina; Bouchard; Bar-Or, 2004). Diante disso, acredita-se que as menores concentrações de lactato estariam relacionadas com o processo maturacional (Frainer; Oliveira; Pazin, 2006), apresentando associação significativa com os níveis de testosterona em meninos de seis a 15 anos de idade (Falgairrette *et al.*, 1991). Nesse contexto, visto que a concentração de lactato em crianças é menor que a observada em adultos, alguns autores sugerem concentrações bem abaixo de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ para se determinar o LL de crianças e adolescentes, variando de $1,6$ a $3,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Pfitzinger; Freedson, 1997).

Williams e Armstrong (1991), por exemplo, sugeriram a utilização da concentração fixa de lactato sanguíneo de $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ como uma estimativa da MFEL para crianças. Entretanto, os mesmos autores reportaram que a MFEL ocorreu em $2,1 \pm 0,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ para meninos entre 13 e 14 anos de idade, ainda que não tenha sido estatisticamente diferente da resposta em $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. Em contraste, Beneke *et al.* (2009) sugeriram como estimativa da MFEL a concentração fixa de $3,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, tanto para crianças como para adultos, independentemente do gênero e idade. De fato, concordamos com Pfitzinger e Freedson (1997) que concentrações fixas de $2,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, $2,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ou qualquer outra concentração de lactato sanguíneo provavelmente são inadequadas para crianças de diferentes idades ou estágios maturacionais, visto que o LL provavelmente muda para cada criança ao longo do tempo.

Diante disso, optamos por determinar o LL pelo método Dmax, um método objetivo, que considera a resposta individual do lactato sanguíneo durante o teste incremental para determinar matematicamente o aumento abrupto em sua concentração (Machado *et al.*, 2011a; 2011b). Esse método merece atenção, por considerar a individualidade dos sujeitos e por ser objetivo em contraposição a outros métodos, como, por exemplo, o método de inspeção vi-

sual do ponto de inflexão da curva de lactato, que possui a desvantagem de ser subjetivo. Além disso, diferentemente dos estudos anteriores, determinamos o LL em laboratório e não em pista, procurando evitar novas medidas de erros, como a manutenção de uma velocidade constante durante os estádios. No entanto, a vLL, ainda que levemente maior para os grupos GC2 e GB2 em comparação com GC1 e GB1, não se mostrou significativamente diferente entre os grupos GC1 vs. GC2 e GB1 vs. GB2. Há de se enfatizar aqui que a utilização de métodos distintos para avaliar o LL pode conduzir a conclusões em direções opostas, necessitando-se de cautela na análise dos resultados.

A vLL determinada pelo método Dmax ocorreu em uma intensidade equivalente à 95% da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) e variou entre as concentrações de lactato de $1,9$ e $2,4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ para todos os grupos (tabela 3). Esses dados estão de acordo com Williams e Armstrong (1991), que relataram que a concentração de lactato para meninos entre 13 e 14 anos de idade referente à MFEL ocorreu em $2,1 \pm 0,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, a $94 \pm 3\%$ da FC_{máx}. Além disso, as variáveis Vpico, frequência cardíaca no LL (FC_{LL}), FC_{máx}, concentração de lactato no LL ($[\text{La}]_{\text{LL}}$) e $[\text{La}]_{\text{pico}}$ também não se mostraram influenciadas pelos processos de crescimento, desenvolvimento e maturação (tabelas 2 e 3). A Vpico, tal como a vLL, é uma importante variável, altamente correlacionada com o desempenho em corridas de longa distância em adultos (Noakes; Myburgh; Schall, 1990; Scott; Houmard, 1994; Stratton *et al.*, 2009). Assim, esperava-se que a Vpico e a vLL aumentassem com o passar da idade em meninos não treinados pré-púberes ou no início da puberdade. No entanto, por conta da ausência de aumento para a Vpico e vLL, verificamos que a EC permanece como a variável que mais se relaciona com o aumento do desempenho que ocorre em crianças e adolescentes com o passar da idade (Krahenbuhl; Morgan; Pandrazi, 1989). Ressalta-se que essa melhora na EC tem sido atribuída à diminuição do equivalente ventilatório de oxigênio, reduzindo o gasto energético da musculatura respiratória (Rowland, 1989), e/ou ao aumento do comprimento dos membros inferiores, permitindo uma maior amplitude e uma diminuição da frequência de passadas para manter uma velocidade de corrida similar (Unnithan; Eston, 1990).

Entre as limitações deste estudo, temos que destacar o pequeno número amostral para uma ampla faixa de idade, dificultando a análise estatística. Esta limitação nos impediu de classificarmos a maturação sexual em cada faixa etária evitando a influência de outros fatores, como a alteração do nível de atividade física com a idade. Uma segunda limitação deste estudo foi exatamente a não utilização de um instrumento para a determinação do nível de atividade física dos participantes. De todo modo, ainda que não fique totalmente comprovada a ausência de efeitos da idade cronológica e maturação sexual na vLL, este estudo contribui, no mínimo, para uma reflexão em relação ao impacto que o método de determinação da vLL pode ter nos resultados encontrados. Além disso, trabalhos futuros poderão utilizar este estudo como direcionamento para um estudo maior, examinando se a vLL e a Vpico também permanecem inalteradas durante a puberdade em grupos treinados.

Conclusão

Podemos concluir que a velocidade de corrida no limiar de lactato não demonstrou sofrer os efeitos da idade cronológica e maturação sexual, quando se trata de meninos não treinados entre 11 e 15 anos de idade, mantendo-se, assim, inalterada. Diante disso, a velocidade de corrida no limiar de lactato provavelmente não contribui para os aumentos do desempenho de corrida que ocorrem durante a adolescência. Adicionalmente, a velocidade pico atingida no teste incremental também se mostrou inalterada para a amostra estudada. Há de se ressaltar que a utilização de métodos distintos para avaliar o limiar de lactato pode conduzir a resultados contraditórios. Enfatizamos também que os resultados aqui encontrados são limitados a grupos não treinados do gênero masculino, semelhantes ao da amostra aqui estudada.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Almarwaey, O.A., Jones, A.M., Tolfrey, K. Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. *Journal of Sports Sciences*, Londres, v. 22, n. 2, p. 215-225, fev. 2004.
- Armstrong, N., Tomkinson, G., Ekelund, U. Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. *British Journal of Sports Medicine*, Londres, v. 45, n. 11, p. 849-858, set. 2011.
- Armstrong, N., Welsman, J. R. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exercise and Sport Sciences Review*, Nova Iorque, v. 22, n. 1, p. 435-476, jan. 1994.
- Beneke, R. et al. Predicting maximal lactate steady state in children and adults. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 21, n. 4, p. 493-505, nov. 2009.
- Cheng, B. et al. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 13, n. 7, p. 518-522, out. 1992.
- Eriksson, B.O., Gollnick, P.D., Saltin, B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiologica Scandinavica*, Oxford, v. 87, n. 4, p. 485-497, abr. 1973.
- Falgaitrette, G. et al. Bio-energetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Berlim, v. 62, n. 3, p. 151-156, mai. 1991.
- Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine*, Auckland, v. 39, n. 6, p. 469-490, jun. 2009.
- Frainer, D.E.S., Oliveira, F.R., Pazin, J. Influência da maturação sexual, idade cronológica e índices de crescimento no limiar de lactato e no desempenho da corrida de 20 minutos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 139-144, mai./jun. 2006.
- Greco, C.C., Denadai, B. S. Relationship between critical speed and endurance capacity in young swimmers: Effect of gender and age. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 17, n. 4, p. 353-363, nov. 2005.
- Krahenbuhl, G.S., Morgan, D.W., Pangrazi, R.P. Longitudinal changes in distance-running performance of young males. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 10, n. 2, p. 92-96, abr. 1989.
- Machado, F.A., Guglielmo, L.G., Denadai, B. S. Effect of the chronological age and sexual maturation on the time to exhaustion at maximal aerobic speed. *Biology of Sport*, Varsóvia, v. 24, n. 1, p. 21-30, mar. 2007.
- Machado, F.A. et al. The Dmax is highly related to performance in middle-aged females. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 32, n. 9, p. 672-676, set. 2011a.
- _____. Comparação entre os ajustes de curva exponencial e polinomial na determinação do limiar de lactato pelo método Dmax. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, Florianópolis, v. 33, n. 4, p. 1029-1040, out./dez. 2011b.
- Machado, F.A., Nakamura, F.Y., De Moraes, S.M.F. Influence of regression model and incremental test protocol on the relationship between lactate threshold using the maximal-deviation method and performance in female runners. *Journal of Sports Sciences*, Londres, v. 30, n. 12, p. 1267-1274, ago. 2012.
- Mahon A.D. et al. Blood lactate and perceived exertion relative to ventilatory threshold: boys versus men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Washington - DC, v. 29, n. 10, p. 1332-1337, out. 1997.
- Malina, R.M., Bouchard, C., Bar-Or, O. Growth, maturation and physical activity. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2004.
- Nicholson, R.M., Sleivert, G.G. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Washington - DC, v. 33, n. 2, p. 339-342, fev. 2001.
- Nicolao, A.L.A. et al. Influência da maturação sexual no limiar de lactato em jogadoras de futebol. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 16, n. 5, p. 335-338, set./out. 2010.
- Noakes, T.D., Myburgh, K.H., Schall, R. Peak treadmill running velocity during the VO₂ max test predicts running performance. *Journal of Sports Sciences*, Londres, v. 8, n. 1, p. 35-45, jan./abr. 1990.
- Pires, M.C., Lopes, A.S. Crescimento físico e características socio-demográficas em escolares no município de Florianópolis-SC, Brasil. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 17-26, jul./dez. 2004.
- Pfitzinger, P., Freedson, P. Blood lactate responses to exercise in children: part 2. Lactate threshold. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 9, n. 4, p. 299-307, nov. 1997.
- Rowland, T.W. *Fisiologia do exercício na criança*. 2. ed. Barueri: Manole, 2008.
- _____. Oxygen uptake and endurance fitness in children: a developmental perspective. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 1, n. 4, p. 313-328, nov. 1989.
- Scott, B.K., Houmard, J.A. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 15, n. 8, p. 504-507, nov. 1994.
- Stratton E. et al. Treadmill Velocity Best Predicts 5000-m Run Performance. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 30, n. 1, p. 40-45, jan. 2009.
- Tanaka, H., Shindo, M. Running velocity at blood lactate threshold of boys ages 6-15 years compared with untrained and trained young males. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 6, n. 2, p. 90-94, abr. 1985.
- Tanner, J.M. *Growth and adolescent*. 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1962.
- Unnithan, V.B., Eston, R.G. Stride frequency and submaximal treadmill running economy in adults and children. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 2, n. 2, p. 149-155, mai. 1990.
- Williams, J.R., Armstrong, N. Relationship of maximal lactate steady state to performance at fixed blood lactate reference values in children. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 3, n. 4, p. 333-341, nov. 1991.