

Índices de potência e capacidade aeróbia obtidos em cicloergômetro e esteira rolante: comparações entre corredores, ciclistas, triatletas e sedentários*

Fabrizio Caputo¹, Sérgio Garcia Stella², Marco Túlio de Mello² e Benedito Sérgio Denadai¹

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram: a) determinar, de modo transversal, os efeitos do treinamento aeróbio no pico do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_{2pico}$), na intensidade associada ao $\dot{V}O_{2pico}$ ($I\dot{V}O_{2pico}$) e no limiar anaeróbio (LAN) durante a corrida e o ciclismo; e b) verificar se a transferência dos efeitos do treinamento é dependente do tipo de exercício ou do índice fisiológico analisado. Participaram deste estudo 36 indivíduos do sexo masculino, sendo sete corredores (CR), nove ciclistas (CL) e nove triatletas (TR) bem treinados em provas de fundo e 11 sedentários (SE). Os voluntários realizaram, em dias diferentes e em ordem aleatória, um teste incremental até a exaustão voluntária na esteira rolante e outro na bicicleta ergométrica. Os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) obtidos na esteira e na bicicleta ergométrica (CR = $68,8 \pm 6,3$ e $62,0 \pm 5,0$; CL = $60,5 \pm 8,0$ e $67,6 \pm 7,6$; TR = $64,5 \pm 4,8$ e $61,0 \pm 4,1$; SE = $43,5 \pm 7,0$ e $36,7 \pm 5,6$, respectivamente) foram maiores no grupo que apresentava treino específico na modalidade. O grupo SE apresentou os menores valores de $\dot{V}O_{2pico}$, independente do tipo de exercício. Esse mesmo comportamento foi observado para o LAN ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) obtido na esteira e na bicicleta ergométrica (CR = $56,8 \pm 6,9$ e $44,8 \pm 5,7$; CL = $51,2 \pm 5,2$ e $57,6 \pm 7,1$; TR = $56,5 \pm 5,1$ e $49,0 \pm 4,8$; SE = $33,2 \pm 4,2$ e $22,6 \pm 3,7$, respectivamente). Pode-se concluir que as transferências dos efeitos do treinamento parecem ser apenas parciais, independentemente do índice ($\dot{V}O_{2pico}$, $I\dot{V}O_{2pico}$ ou LAN) ou

do tipo de exercício (corrida ou ciclismo). Em relação aos índices, a especificidade do treinamento parece estar menos presente no $\dot{V}O_{2pico}$ do que na $I\dot{V}O_{2pico}$ e no LAN.

Palavras-chave: Especificidade. Consumo máximo de oxigênio. Limiar anaeróbio. Corrida. Ciclismo.

RESUMEN

Capacidad aeróbica e índices de potencia en ciclo ergómetros y trotadores: una comparación entre velocistas, ciclistas, triatlonistas y sedentarios

Los objetivos de este estudio fueron dos: a) determinar, de modo transversal, los efectos de la práctica aeróbica en el tope del consumo de oxígeno ($\dot{V}O_{2pico}$), en la intensidad asociada al $\dot{V}O_{2pico}$ ($I\dot{V}O_{2pico}$) y en el umbral anaeróbico (LAN) durante carreras y ciclismo y; b) verificar si la transferencia de los efectos de esta práctica dependen del tipo de ejercicio o del índice fisiológico analizado. De este estudio, participaron 36 individuos del sexo masculino, 7 de ellos, velocistas (CR), 9 ciclistas (CL), 9 especialistas de remate en triatlón (TR) y 11 sedentarios (SE). En días diferentes y de forma aleatoria, los voluntarios realizaron una prueba gradual, con incrementos hasta la fatiga voluntaria en cintas de correr y en bicicleta estática. Los valores de $\dot{V}O_{2pico}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) obtenidos en las trotadoras y en la bicicleta estática (CR = $68,8 \pm 6,3$ y $62,0 \pm 5,0$; CL = $60,5 \pm 8,0$ y $67,6 \pm 7,6$; TR = $64,5 \pm 4,8$ y $61,0 \pm 4,1$; SE = $43,5 \pm 7,0$ y $36,7 \pm 5,6$; respectivamente) fueron mayores en el grupo que presentaba adecuación específica en cada modalidad. El grupo SE presentó valores de $\dot{V}O_{2pico}$ menores, independientes del tipo de ejercicio. Este mismo resultado se observó para LAN ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) en los valores que se obtuvieron en las cintas de correr y la bicicleta estática (CR = $56,8 \pm 6,9$ y $44,8 \pm 5,7$; CL = $51,2 \pm 5,2$ y $57,6 \pm 7,1$; TR = $56,5 \pm 5,1$ y $49,0 \pm 4,8$; SE = $33,2 \pm 4,2$ y $22,6 \pm 3,7$; respectivamente). A partir de esto, se concluye que la transferencia de los efectos de la práctica en estos aparatos, parecen ser apenas parciales, independientes del índice ($\dot{V}O_{2pico}$, $I\dot{V}O_{2pico}$ o LAN) o del tipo de ejercicio (carrera o ciclismo). En relación a los índices, la práctica específica

* Apoio: CNPq e Fapesp.

1. Laboratório de Avaliação da Performance Humana - Unesp, Rio Claro-SP.

2. Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício - EPM-Unifesp-SP.

Recebido em 18/2/03

2ª versão recebida em 4/7/03

Aceito em 14/7/03

Endereço para correspondência:

B.S. Denadai

Laboratório de Avaliação da Performance Humana, IB-Unesp

Av. 24A, 1.515 - Bela Vista

13506-900 - Rio Claro, SP - Brasil

E-mail: bdenadai@rc.unesp.br

en estos aparatos parece estar menos presente en el $\dot{V}O_{2pico}$ que en $\dot{I}VO_{2pico}$ y en LAn.

Palabras clave: Especificación. Consumo máximo de oxígeno. Umbral anaeróbico. Carrera. Ciclismo.

INTRODUÇÃO

Os efeitos do treinamento sobre o organismo são dependentes da interação de pelo menos três fatores: nível inicial de condicionamento, sobrecarga aplicada (intensidade, duração e frequência semanal) e tipo de exercício (especificidade de movimento).

As possíveis transferências dos efeitos do treinamento de um tipo de exercício para outro têm sido muito estudadas. Este modelo de estudo é bastante interessante, pois permite que se analisem os mecanismos fisiológicos que são responsáveis e/ou limitam as adaptações do organismo ao treinamento. Além disso, esses dados interessam também aos profissionais responsáveis pela avaliação e treinamento de atletas de multiesportes (duatlo e triatlo) ou atletas lesionados que necessitam, por algum período de tempo, substituir o tipo de movimento empregado no treinamento.

A maior parte dos estudos que analisaram a transferência dos efeitos do treinamento aeróbico entre segmentos corporais distintos (braço-perna ou perna-braço) verificou que as adaptações foram específicas para o segmento treinado¹⁻³.

Já os estudos que analisaram essa transferência entre os mesmos segmentos corporais, mas que realizaram exercícios diferentes (ciclismo-corrída ou corrida-ciclismo), têm produzido dados que podem ser considerados antagônicos. Nesses estudos, tem-se verificado que as transferências ciclismo-corrída e corrida-ciclismo podem ser semelhantes⁴, maior do ciclismo para a corrida⁵ ou maior da corrida para o ciclismo⁶. Parte desse antagonismo talvez possa ser explicado pela ausência de controle e/ou diferença no estado inicial de condicionamento dos sujeitos que foram empregados nos estudos citados anteriormente. Dentro desse aspecto, tem-se hipotetizado que as transferências seriam cada vez menores, à medida que o estado inicial de condicionamento fosse aumentando e, portanto, a sensibilidade aos efeitos do treinamento diminuindo. Entretanto, dados bem recentes obtidos em triatletas³ mostraram que os efeitos do treinamento de ciclismo foram transferidos para a *performance* na corrida (maior distância percorrida em 30 minutos), mostrando que mesmo em atletas poderia existir transferência (pelos menos para a *performance*) dos efeitos do treino de ciclismo para a corrida.

Outra hipótese que pode ser apresentada e que tem sido pouco investigada é a de que a magnitude da transferência

dos efeitos do treinamento entre a corrida e ciclismo poderia depender dos índices fisiológicos que são utilizados para a determinação dos efeitos do treinamento. Como o maior valor de consumo de oxigênio encontrado em um teste de esforço máximo ($\dot{V}O_{2pico}$) tem sido considerado o método padrão ouro para determinar a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório durante a atividade física⁷, muitos estudos utilizaram-no isoladamente para analisar as possíveis transferências dos efeitos do treinamento. Esse índice, entretanto, pode não ser o mais apropriado, pois muitos estudos verificaram em indivíduos moderadamente ou altamente treinados que o $\dot{V}O_{2pico}$ pode modificar-se pouco ou mesmo não se alterar, embora possam existir adaptações e melhora do rendimento aeróbico com o treinamento⁸. Confirmando esse aspecto, estudos têm encontrado que a *performance* aeróbia de curta (2-5min), média (5-30min) ou longa duração (> 30min) não depende isoladamente do $\dot{V}O_{2pico}$ ^{9,10}. Isto pode ocorrer, porque em indivíduos treinados, o $\dot{V}O_{2pico}$ parece ser limitado pela oferta central de oxigênio (débito cardíaco máximo)¹¹, que a partir de um determinado nível de condicionamento passa a não se modificar em resposta ao treinamento. Já para a intensidade de exercício correspondente ao $\dot{V}O_{2pico}$ ($\dot{I}VO_{2pico}$), que é o melhor índice para descrever a associação entre a potência aeróbia máxima e a economia de movimento¹², os aspectos discutidos anteriormente parecem não ocorrer. A $\dot{I}VO_{2pico}$ tem-se mostrado uma ótima preditora da *performance* aeróbia e também sensível aos efeitos do treinamento em atletas, mesmo quando o $\dot{V}O_{2pico}$ não se altera, pois pode haver melhora da economia de movimento¹³. O mesmo parece ocorrer com a resposta do lactato ao exercício incremental (genericamente conhecida com limiar anaeróbico – LAn), que, por depender mais das adaptações periféricas (capacidade oxidativa muscular), apresenta grande sensibilidade aos efeitos do treinamento e também alta correlação com a *performance* aeróbia em eventos de média e longa duração¹⁴. Entretanto, poucos estudos têm utilizado o LAn e até o momento, que seja do nosso conhecimento, nenhum estudo analisou a $\dot{I}VO_{2pico}$ para determinar as transferências dos efeitos do treinamento entre os diferentes tipos de exercício.

Os estudos que analisam de modo longitudinal os efeitos do treinamento podem ser considerados inicialmente como os melhores modelos de investigação. Nestes modelos, as possíveis influências da carga genética sobre os índices que serão investigados são potencialmente melhor controladas. Por outro lado, a quase totalidade desses estudos longitudinais analisou períodos relativamente pequenos (quatro a 24 semanas), dificultando a obtenção de informações sobre as adaptações que podem ocorrer mais a longo prazo com o treinamento (um a dois anos).

Desse modo, os objetivos deste estudo foram: a) determinar de modo transversal os efeitos do treinamento no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, na $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ e no LAn durante a corrida e o ciclismo e b) verificar se a transferência dos efeitos do treinamento é dependente do tipo de exercício ou do índice fisiológico analisado.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo sete corredores (CR: $25,8 \pm 6,0$ anos, $60,4 \pm 4,1$ kg, $172,1 \pm 6,9$ cm), nove ciclistas (CL: $22,6 \pm 2,1$ anos, $62,8 \pm 5,4$ kg, $173,8 \pm 5,9$ cm) e nove triatletas (TR: $21,4 \pm 4,1$ anos; $66,2 \pm 7,0$ kg; $174,2 \pm 8,4$ cm) bem treinados em provas de fundo, e 11 indivíduos sedentários (SE: $26,8 \pm 4,1$ anos, $74,9 \pm 14,3$ kg, $175,1 \pm 5,1$ cm), sendo todos do sexo masculino. Os atletas possuíam pelo menos dois anos de treino específico na modalidade. Cada voluntário foi informado sobre os procedimentos do experimento e suas implicações, tendo assinado um termo de consentimento para a participação no estudo. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências – Unesp – Rio Claro.

Procedimentos experimentais

Cada voluntário participou de duas sessões experimentais, as quais foram realizadas em ordem aleatória, com intervalos de cinco a sete dias entre as sessões. Os sujeitos foram orientados a vir para os testes descansados, alimentados e hidratados e a não realizar esforços intensos nas últimas 48 horas. Em relação a cada voluntário, os testes foram realizados no mesmo local e horário do dia (\pm duas horas).

Os testes de corrida foram realizados em uma esteira rolante motorizada (*Inbramed Millenium Super ATL*) mantida com 1% de inclinação. Os testes de ciclismo foram realizados em uma bicicleta ergométrica (*Monark*) de frenagem mecânica e rotação mantida constante a 70rpm durante todo o teste. Variáveis respiratórias foram medidas usando um analisador de gases (*Cosmed K4*, Roma, Itália), coletando dados respiração a respiração e fazendo uma média a cada 15s. As amostras de sangue foram analisadas através de um analisador eletroquímico de lactato (*YSL 2300 STAT*) e a frequência cardíaca monitorada através de um freqüencímetro (*Polar X – Trainer plus*).

Determinação do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ e LAn

O teste incremental realizado na esteira rolante teve a velocidade inicial de $14\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ para os corredores e triatletas e $9\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ para os demais sujeitos, e incrementos de $1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos, até a exaustão voluntária. Ao

final de cada estágio houve uma pausa de 30s, quando foram coletados a frequência cardíaca (FC) e 25ml de sangue do lóbulo da orelha.

Para o teste contínuo progressivo realizado na bicicleta ergométrica, a carga inicial foi de 105W para os ciclistas e triatletas e 70W para os demais sujeitos, e os incrementos de 35W a cada 3min, até a exaustão voluntária. No final de cada estágio foram coletados a FC e 25ml de sangue do lóbulo da orelha, sem pausa.

O mais alto $\dot{V}O_2$ obtido durante 15s foi considerado como o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. A $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ foi a menor velocidade ou potência em que o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foi obtido. Se a intensidade na qual ocorreu o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ não fosse sustentada por pelo menos 1min, a intensidade do estágio anterior foi assumida como a $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ ¹⁵. O LAn foi encontrado através de interpolação linear, considerando-se uma concentração fixa de lactato de $3,5\text{mM}$ ¹⁶.

Análise estatística

Todos os dados estão expressos como média \pm DP. Os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, frequência cardíaca máxima (FCmax), lactato pico, LAn expresso de forma absoluta ($\dot{V}O_{2\text{LAn}}$) e como percentual do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (LAn% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$), frequência cardíaca correspondente ao LAn (FCLAn) e a FCLAn em relação a FCmax (LAn%FCmax) foram analisados utilizando-se a ANOVA *two-way* (grupo vs. modalidade), complementada pelo teste de Scheffé. A comparação da $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ foi realizada pela ANOVA *one-way*, complementada pelo teste de Scheffé. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os valores médios do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ estão expressos na figura 1 e tabela 1. O $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foi significativamente maior na corrida do que no ciclismo para os grupos CR e SE. Já para o grupo TR não houve diferença entre os exercícios e para o grupo CL o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foi maior no ciclismo. O grupo SE obteve um $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ menor do que os demais grupos, nos dois tipos de exercício. Quando foram comparados os grupos CR e CL, o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foi maior onde os atletas eram especificamente treinados. O grupo TR obteve um $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ menor do que CL no ciclismo e estatisticamente semelhante na corrida. Em relação ao grupo CR, os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ do grupo TR não foram diferentes para os dois tipos de exercício.

As figuras 2 e 3 mostram a $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ obtida na corrida e na bicicleta, respectivamente. A $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ do grupo SE foi menor do que a dos demais grupos, nos dois tipos de exercício. Durante a corrida, o grupo CR apresentou uma $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ maior do que a do CL. Já para o ciclismo, o grupo CL mostrou $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ maior do que a do CR. A $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ do grupo TR não foi diferente da do grupo CL e significativamente maior

do que a do CR, durante o ciclismo. Do mesmo modo, na corrida a $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ do grupo TR não foi diferente da do grupo CR e significativamente maior do que a do CL.

A tabela 1 mostra os valores máximos de FC e lactato sanguíneo, obtidos ao final do teste incremental realizado na bicicleta e na esteira. Com exceção do grupo CL em que não houve diferença, a FC_{max} foi significativamente menor no ciclismo do que na corrida. No ciclismo, a FC_{max} do grupo CL foi maior do que a dos grupos CR e TR e semelhante à do grupo SE. Na corrida não foram observadas diferenças entre os grupos. Para o LAC_{pico} , foram observadas diferenças apenas entre os tipos de exercício no grupo CL.

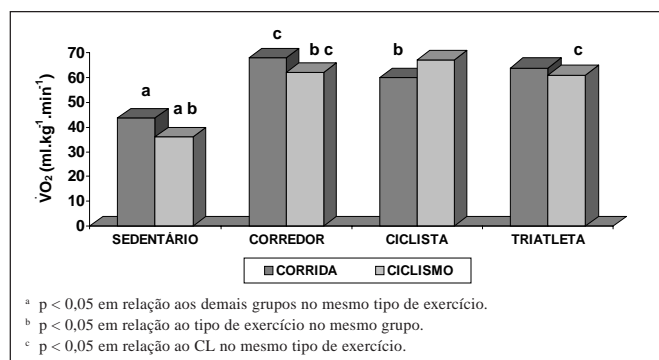


Fig. 1 – Valores médios do pico do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$), obtidos na esteira e na bicicleta dos grupos sedentário (SE), corredores (CR), ciclistas (CL) e triatletas (TR)

Os valores de $\dot{V}O_{2\text{LAN}}$ obtidos na bicicleta e na esteira estão expressos na figura 4 e tabela 2. O $\dot{V}O_{2\text{LAN}}$ foi significativamente maior na corrida do que no ciclismo para os grupos SE, CR e TR. Já para o grupo CL o $\dot{V}O_{2\text{LAN}}$ foi maior no ciclismo. O grupo SE obteve $\dot{V}O_{2\text{LAN}}$ menor do que o dos demais grupos, nos dois tipos de exercício. Quando foram comparados os grupos CR e CL, o $\dot{V}O_{2\text{LAN}}$ foi maior no tipo de exercício em que os atletas eram especificamente treinados. O grupo TR obteve $\dot{V}O_{2\text{LAN}}$ menor no ciclismo e maior na corrida em relação ao grupo CL. Em relação ao grupo CR, os valores de $\dot{V}O_{2\text{LAN}}$ do grupo TR não foram diferentes para os dois tipos de exercício.

Os valores correspondentes à FCL_{AN} , $LAN\%FC_{\text{max}}$ e do $LAN\%\dot{V}O_{2\text{pico}}$, obtidos na bicicleta e na esteira, estão expressos na tabela 2. Os valores do $LAN\%\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foram significa-

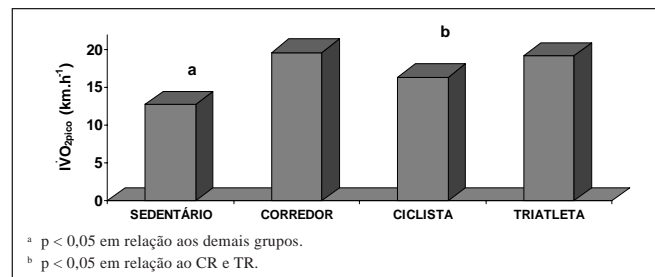


Fig. 2 – Valores médios da intensidade correspondente ao $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ($IVO_{2\text{pico}}$), obtidos na esteira dos grupos sedentário (SE), corredores (CR), ciclistas (CL) e triatletas (TR)

TABELA 1
Valores médios \pm DP do pico do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$), da intensidade correspondente ao $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ($IVO_{2\text{pico}}$), da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e do lactato pico (LAC_{pico}) obtidos na bicicleta e na esteira dos grupos sedentário (SE), corredores (CR), ciclistas (CL) e triatletas (TR)

Variáveis	Ergômetro	Grupo			
		SE (n = 11)	CR (n = 7)	CL (n = 9)	TR (n = 9)
$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	Esteira	43,5 \pm 7,0 ^a	68,8 \pm 6,3 ^c	60,5 \pm 8,0 ^b	64,5 \pm 4,8
	Bicicleta	36,7 \pm 5,6 ^{ab}	62,0 \pm 5,0 ^{bc}	67,6 \pm 7,6	61,0 \pm 4,1 ^c
$IVO_{2\text{pico}}$	Esteira*	12,8 \pm 1,0 ^a	19,7 \pm 1,7	16,4 \pm 1,2 ^d	19,2 \pm 1,2
	Bicicleta**	200,3 \pm 36,2 ^a	267,4 \pm 35,9 ^e	332,2 \pm 41,3	328,5 \pm 47,1
FC_{max} (bpm)	Esteira	199,1 \pm 7,1	195,4 \pm 5,7	194,8 \pm 10,6	193,0 \pm 11,2
	Bicicleta	186,2 \pm 6,8 ^b	181,0 \pm 14,3 ^b	191,0 \pm 8,4 ^d	182,4 \pm 5,7 ^b
[LAC] pico (mM)	Esteira	9,1 \pm 1,9	9,7 \pm 1,7	7,7 \pm 0,8 ^b	8,3 \pm 1,4
	Bicicleta	10,3 \pm 1,4	9,5 \pm 2,2	10,1 \pm 1,8	8,8 \pm 1,7

* Unidades em km.h^{-1} ; ** Unidades em watts.
^a $p < 0,05$ em relação aos demais grupos no mesmo tipo de exercício.
^b $p < 0,05$ em relação ao tipo de exercício no mesmo grupo.
^c $p < 0,05$ em relação ao CL no mesmo tipo de exercício.
^d $p < 0,05$ em relação aos TR e CR no mesmo tipo de exercício.
^e $p < 0,05$ em relação aos TR e CL no mesmo tipo de exercício.

tivamente maiores na corrida do que no ciclismo para os grupos CR e SE. Já para o grupo TR e CL não houve diferença entre os exercícios. O $LAN\% \dot{V}O_{2pico}$ no ciclismo do grupo SE foi menor em relação ao grupo CR e ambos foram menores em relação aos grupos CL e TR. Na corrida, o $LAN\% \dot{V}O_{2pico}$ foi menor para o grupo SE em relação aos grupos CL e TR. Com exceção do grupo CL no qual não houve diferença, a $FCLAn$ foi significativamente menor no ciclismo do que na corrida. A $FCLAn$ do grupo SE no ciclismo foi menor em relação aos demais grupos. Não foram encontradas diferenças no ciclismo para a $FCLAn$, entre o grupo CR e TR, porém ambos foram significativamente menores em relação ao grupo CL. Não foram encontradas diferenças para

todos os grupos na $FCLAn$ obtidas na corrida. Os valores do $LAN\%FCmax$ foram significativamente maiores na corrida do que no ciclismo para os grupos CR e SE. Já para o grupo TR e CL não houve diferença entre os exercícios. O $LAN\%FCmax$ do grupo SE no ciclismo foi menor em relação aos demais grupos. Não foram encontradas diferenças no ciclismo para o $LAN\%FCmax$, entre os grupos CR e TR, e TR e CL, porém para o grupo CR o $LAN\%FCmax$ foi significativamente menor em relação ao grupo CL. Não foram encontradas diferenças para todos os grupos no $LAN\%FCmax$ obtido na corrida.

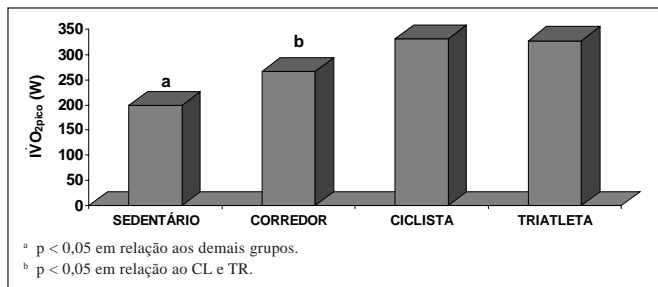


Fig. 3 – Valores médios da intensidade correspondente ao $\dot{V}O_{2pico}$ (IVO_{2pico}), obtidos na bicicleta dos grupos sedentário (SE), corredores (CR), ciclistas (CL) e triatletas (TR)

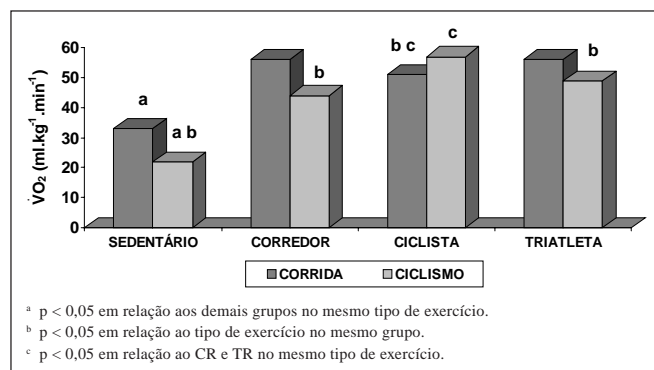


Fig. 4 – Valores médios do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) correspondente ao limiar anaeróbico, obtidos na esteira e na bicicleta dos grupos sedentário (SE), corredores (CR), ciclistas (CL) e triatletas (TR)

TABELA 2
Valores médios \pm DP do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_{2LAN}$), do percentual do pico do consumo de oxigênio ($\% \dot{V}O_{2pico}$), da frequência cardíaca ($FCLAn$) e do percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FCmax$) correspondentes ao limiar anaeróbico (LAN) obtidos na bicicleta e na esteira dos grupos sedentário (SE), corredores (CR), ciclistas (CL) e triatletas (TR)

Variáveis	Ergômetro	Grupo			
		SE (n = 11)	CR (n = 7)	CL (n = 9)	TR (n = 9)
$\dot{V}O_{2LAN}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	Esteira	33,2 \pm 4,2 ^a	56,8 \pm 6,9 ^e	51,2 \pm 5,2 ^{bc}	56,5 \pm 5,1 ^b
	Bicicleta	22,6 \pm 3,7 ^{a b}	44,8 \pm 5,7 ^{be}	57,6 \pm 7,1	49,0 \pm 4,8 ^e
$\dot{V}O_{2LAN}$ ($\% \dot{V}O_{2pico}$)	Esteira	76,6 \pm 6,4 ^d	82,0 \pm 6,6	84,6 \pm 6,2	87,3 \pm 4,2
	Bicicleta	61,6 \pm 5,9 ^{ab}	72,1 \pm 7,2 ^{bd}	85,1 \pm 4,2	81,5 \pm 5,5
FCLAn (bpm)	Esteira	173,1 \pm 9,1	176,2 \pm 6,0	175,8 \pm 5,7	176,2 \pm 8,3
	Bicicleta	137,6 \pm 10,7 ^{ab}	150,8 \pm 9,6 ^{be}	175,3 \pm 7,8	160,7 \pm 8,1 ^{be}
% FCmax	Esteira	86,4 \pm 2,3	89,5 \pm 2,1	90,2 \pm 3,7	91,0 \pm 2,5
	Bicicleta	74,1 \pm 5,6 ^{ab}	83,5 \pm 5,7 ^{be}	91,5 \pm 2,0	87,9 \pm 3,8

^a p < 0,05 em relação aos demais grupos no mesmo tipo de exercício.
^b p < 0,05 em relação ao tipo de exercício no mesmo grupo.
^c p < 0,05 em relação ao CR e TR no mesmo tipo de exercício.
^d p < 0,05 em relação ao CL e TR no mesmo tipo de exercício.
^e p < 0,05 em relação ao CL no mesmo tipo de exercício.

DISCUSSÃO

Os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LAn apresentados pelos nossos sujeitos são semelhantes aos apresentados na literatura para o perfil dos indivíduos analisados neste estudo⁸⁻¹⁰. Mesmo não tendo interferido no treinamento dos atletas, através da associação entre o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ e LAn podemos assumir que os nossos sujeitos sofreram as adaptações de um treinamento aeróbio a longo prazo, independente de qualquer influência genética, que poderia elevar os níveis de tais índices fisiológicos sem treinamento¹⁷.

De acordo com o que é classicamente demonstrado, o grupo TR tendeu a igualar seus valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ para as duas modalidades^{18,19}. Os grupos SE e CR apresentaram valores mais altos na corrida, enquanto o grupo CL mostrou valor mais alto durante o ciclismo. Este comportamento confirma o verificado em outros estudos¹⁸⁻²¹, sugerindo que o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ não depende só da massa muscular participante no exercício, mas também da especificidade do treinamento. É interessante notar que os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ apresentados pelos CL e CR durante o exercício não específico para cada grupo não foram diferentes quando comparados com o TR e significativamente superiores em relação aos sedentários. Isso sugere uma transferência dos efeitos do treinamento em relação à potência aeróbia, tanto do ciclismo para corrida, quanto da corrida para o ciclismo. Essa transferência, entretanto, parece ser apenas parcial, pois os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ de CR foram maiores na corrida em relação a CL, enquanto o CL apresentou valores mais altos durante o ciclismo em relação a CR. Assim, parecem ser necessárias adaptações bem específicas para a melhora do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, para as duas modalidades de exercício, quando se objetiva o maior aumento possível do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e/ou quando o treinamento é realizado por atletas altamente treinados.

Existem grandes evidências na literatura que mostram que o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ em atletas é limitado por fatores centrais (débito cardíaco máximo)¹¹. Nossos dados, entretanto, sugerem que esse comportamento pode não ocorrer quando se analisam atletas em exercícios em que os mesmos não são especificamente treinados. Nestas condições, parece existir contribuição dos mecanismos periféricos (ajuste do fluxo sanguíneo muscular e/ou capacidade oxidativa) na limitação do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. Na corrida, mesmo tendo igualado os valores de FC_{max} (e provavelmente o débito cardíaco máximo) com o ciclismo, os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ do grupo CL foram maiores no ciclismo. No ciclismo, os fatores periféricos parecem estar ainda mais presentes, pois tanto o grupo CR como TR apresentaram menor FC_{max} (e provavelmente um débito cardíaco máximo) em relação à corrida. É provável que sejam necessárias adaptações bem específicas nos grupos musculares empregados no ciclismo (como o discutido abaixo), para que não existam limitações peri-

féricas que impeçam atingir a FC_{max} durante o teste incremental.

A $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ é o índice que melhor descreve a associação entre a potência aeróbia máxima ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e a economia de movimento²². Como esperado, a $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ foi maior quando o atleta apresentava treino específico na modalidade e bem inferior em ambos os testes para o SE, com os valores dentro da faixa de variação demonstrada pela literatura para esse tipo de amostra¹⁵ (figuras 2 e 3). Importante destacar que os valores mais elevados de $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ não devem ter ocorrido apenas pelo maior $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, mas possivelmente também pela maior economia de movimento na modalidade na qual o sujeito apresentava treino específico. Isso pode ser melhor visualizado quando se observam os valores de $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ na modalidade não específica do sujeito. Nos grupos CR (ciclismo) e CL (corrida), os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foram semelhantes aos do TR, enquanto os valores de $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ foram significativamente menores nos grupos CR e CL. Estes dados demonstram que a economia de movimento tem um papel fundamental na determinação da $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ e que a transferência de um tipo de exercício para o outro provavelmente não ocorreu ou foi muito reduzida. A economia de movimento é muito dependente de adaptações periféricas específicas (enzimáticas, neuromusculares e técnica motora), dificultando as transferências dos efeitos do treinamento. Nossos dados confirmam a importância da determinação da $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ e não apenas do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, reforçando o encontrado em outros estudos, que verificaram que a $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ é mais válida para explicar diferenças individuais na *performance* aeróbia, do que o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ou a economia de movimento isoladamente¹².

Para as variáveis submáximas, novamente os maiores valores de LAn foram observados quando os sujeitos apresentavam treino específico para a modalidade (figura 4). Este comportamento é semelhante ao encontrado para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e sugere que níveis elevados de adaptação no LAn em resposta ao treinamento são obtidos apenas com treinos específicos. Vale ressaltar, entretanto, que os valores de LAn apresentados pelo SE nos dois exercícios são respectivamente bem inferiores aos valores encontrados durante a corrida do CL e no ciclismo do CR, sugerindo uma transferência, ainda que parcial, dos efeitos do treinamento. Porém, diferente do verificado com o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, esses valores (CL na corrida e CR no ciclismo) foram menores que aqueles apresentados pelo TR, demonstrando que as transferências dos efeitos do treinamento, mesmo que parciais, são mais específicas na resposta do lactato do que no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$.

Em nosso modelo de estudo, o LAn expresso em valores absolutos ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) deve ser analisado com alguma ressalva, pois as diferenças entre os grupos neste índice podem ser determinadas em grande parte pelos diferentes

valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. Entretanto, quando o LAn é expresso como porcentagem do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (LAn% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$), ou seja, em valores relativos, o comportamento encontrado não difere do discutido anteriormente, excetuando-se a semelhança que foi observada para os grupos SE e CR na corrida. Nesse sentido ressalta-se que o tipo de exercício parece interferir no LAn% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, principalmente quando se verifica que o grupo SE apresentou um valor semelhante ao CR na corrida e significativamente maior quando comparado com seus valores no ciclismo.

Os menores valores de LAn% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (SE) e FCmax (SE, CR e TR) no ciclismo em relação à corrida, podem ser decorrentes das diferenças biomecânicas entre as modalidades. Mesmo utilizando grupos musculares semelhantes, a eficiência delta (Δ intensidade/ $\Delta \dot{V}O_2 \times 100$) do ciclismo (25%) é muito menor que da corrida (45%)²³. Suas contrações de características isométricas²⁴ podem de alguma forma influenciar, através da diminuição da ação da bomba muscular, o retorno venoso e o ajuste do fluxo sanguíneo muscular durante o exercício. Durante atividades de alta intensidade, especialmente nos sujeitos sem experiência no ciclismo, pode ser observado, com a instalação da fadiga, aumento no trabalho muscular do tronco e membros superiores sem qualquer contribuição para a geração de trabalho externo. Isso pode gerar uma redistribuição de fluxo sanguíneo para a parte superior do corpo e uma possível “competição” pelo débito cardíaco. Associado a isso, as altas pressões intramusculares desenvolvidas durante o ciclo de pedalada podem levar a uma oclusão parcial da artéria femoral²⁵, podendo reduzir a oferta de oxigênio e ocasionar maior recrutamento de fibras do tipo II. Dessa forma, é possível especular que durante o ciclismo sejam necessárias adap-

tações mais específicas para tentar diminuir essas aparentes limitações biomecânicas.

Já durante a corrida, a ação muscular excêntrica pode ter importantes conseqüências para o gasto energético. Primeiro, o gasto metabólico da contração excêntrica é substancialmente menor que o da contração concêntrica²⁶. Segundo, o ciclo de alongamento-encurtamento na corrida permite uma estocagem de energia elástica durante a fase excêntrica, liberada posteriormente durante a fase concêntrica, aumentando a geração de força para um dado impulso neural. Esse “benefício” biomecânico da corrida parece em parte justificar essa maior transferência do LAn% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ que ocorre para a corrida e também o comportamento do LAn% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e FCmax nos grupos que não treinam o ciclismo.

Com base nos dados obtidos neste estudo, pode-se concluir que, independente do índice ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$, $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ ou LAn) ou do tipo de exercício (corrida ou ciclismo), as transferências dos efeitos do treinamento parecem ser apenas parciais, existindo a necessidade de que se atenda ao princípio da especificidade do movimento, quando se pretende obter um elevado grau de adaptação fisiológica. Em relação aos índices, a especificidade do treinamento parece estar menos presente e, portanto, a transferência é maior, quando as adaptações dependem mais dos fatores conhecidos como centrais, como é o caso do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. Para a $\dot{I}VO_{2\text{pico}}$ (quando os níveis de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ são elevados) e o LAn, que dependem mais das adaptações periféricas, o grau de transferência pode ser menor.

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

REFERÊNCIAS

1. Magel JR, Foglia GF, McArdle WD, Gutin B, Pechar GS, Katch FI. Specificity of swim training on maximum oxygen uptake. *J Appl Physiol* 1975; 38:151-5.
2. Bhambhani YN, Eriksson P, Gomes PS. Transfer effects of endurance training with the arms and legs. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:1035-41.
3. Millet GP, Candau RB, Barbier B, Busso T, Rouillon JD, Chatard JC. Modelling the transfers of training effects on performance in elite triathletes. *Int J Sports Med* 2002;23:55-63.
4. Boutcher SH, Seip RL, Hetzler RK, Pierce EF, Snead D, Weltman A. The effects of specificity of training on rating of perceived exertion at the lactate threshold. *Eur J Appl Physiol* 1989;59:365-9.
5. Loy SF, Shapiro BI, Hoffmann JJ. Effect of running versus cycle training on cycle ergometer, treadmill, and running performance. *Sports Med Training Rehabilitation* 1993;4:1-9.
6. Pechar GS, McArdle WD, Katch FI, Magel JR, DeLuca J. Specificity of cardiorespiratory adaptation to bicycle and treadmill training. *J Appl Physiol* 1974;36:753-6.
7. Shephard RJ, Allen C, Benade AJ, Davies CT, di Prampero PE, Hedman R. The maximum oxygen intake. An international reference standard of cardiorespiratory fitness. *Bull World Health Organ* 1968;38:757-64.
8. Kohrt WM, O'Connor JS, Skinner JS. Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21:569-75.
9. Brandon LJ. Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Med* 1995;19:268-77.
10. Caputo F, De Lucas RD, Mancini E, Denadai BS. Comparação de diferentes índices obtidos em testes de campo para predição da performance aeróbia de curta duração no ciclismo. *Rev Bras Ciênc Mov* 2001;9:13-7.
11. Saltin B, Strange S. Maximal oxygen uptake: “old” and “new” arguments for a cardiovascular limitation. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:30-7.
12. Daniels JA, Daniels N. Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:483-9.
13. Billat VL, Mille-Hamard L, Demarle A, Koralsztejn JP. Effect of training in humans on off- and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. *Eur J Appl Physiol* 2002;87:496-505.
14. Denadai BS. Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: Conceitos e aplicações. Ribeirão Preto, SP: BSD, 1999.

-
15. Billat VL, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, et al. A comparison of time to exhaustion at VO_2 max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics* 1996;39:267-77.
 16. 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;6:117-30.
 17. Jeukendrup AE, Craig NP, Hawley JA. The bioenergetics of world class cycling. *J Sci Med Sport* 2000;3:414-33.
 18. Boussana A, Matecki S, Galy O, Hue O, Ramonatxo M, Le Gallais D. The effect of exercise modality on respiratory muscle performance in triathletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:2036-43.
 19. Denadai BS, Piçarro IC, Russo AK. Consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio determinados em testes de esforço máximo, na esteira rolante, bicicleta ergométrica e ergômetro de braço em triatletas brasileiros. *Rev Paul Ed Física* 1994;8:49-57.
 20. Bouckaert J, Vrijens J, Pannier JL. Effect of specific test procedures on plasma lactate concentration and peak oxygen uptake in endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1990;30:13-8.
 21. Fernhall B, Kohrt W. The effect of training specificity on maximal and submaximal physiological responses to treadmill and cycle ergometry. *J Sports Med Phys Fitness* 1990;30:268-75.
 22. Machado FA, Guglielmo LGA, Denadai BS. Velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio em meninos de 10 a 15 anos. *Rev Bras Med Esporte* 2002;8:1-6.
 23. Daniels J, Daniels N. Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:483-9.
 24. Bijker KE, Groot G, Hollander AP. Delta efficiencies of running and cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1546-51.
 25. Patterson RP, Moreno MI. Bicycle pedaling forces as a function of pedaling rate and power output. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:512-6.
 26. Edwards RH, Hill DK, McDonnell M. Myothermal and intramuscular pressure measurements during isometric contractions of the human quadriceps muscle. *J Physiol* 1972;224:58-9.
 27. Van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, De Haan A. Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *J Appl Biomech* 1997;13:389-415.