

APTIDÃO AERÓBIA E AMPLITUDE DOS DOMÍNIOS DE INTENSIDADE DE EXERCÍCIO NO CICLISMO

CIÊNCIAS DO EXERCÍCIO
E DO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

AEROBIC FITNESS AND AMPLITUDE OF THE EXERCISE INTENSITY DOMAINS DURING CYCLING

Renato Aparecido Corrêa Caritá¹
Fabrizio Caputo^{1,2}
Camila Coelho Greco¹
Benedito Sérgio Denadai¹

1. Universidade Estadual Paulista –
Rio Claro, SP, Brasil.
2. Universidade do Estado de
Santa Catarina – Florianópolis,
SC, Brasil.

Correspondência:

Benedito Sérgio Denadai.
Laboratório de Avaliação da
Performance Humana – Instituto
de Biociências – UNESP. Rio Claro,
SP, Brasil.
Av. 24A, 1.515, Bela Vista. 13506-
900. Rio Claro, SP, Brasil.
bdenadai@rc.unesp.br

RESUMO

Introdução: A determinação dos domínios de intensidade de exercício tem importantes implicações na prescrição do treino aeróbio e na elaboração de delineamentos experimentais. **Objetivo:** Analisar os efeitos do nível de aptidão aeróbia sobre a amplitude dos domínios de intensidade de exercício durante o ciclismo. **Métodos:** Doze ciclistas (CIC), 11 corredores (COR) e oito indivíduos não treinados (NT) foram submetidos aos seguintes protocolos em diferentes dias: 1) teste progressivo para determinação do limiar de lactato (LL), consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e sua respectiva intensidade (IVO_{2max}); 2) três testes de carga constante até a exaustão a 95, 100 e 110% IVO_{2max} para a determinação da potência crítica (PC); 3) testes até a exaustão para determinar a intensidade superior do domínio severo (I_{sup}). As amplitudes dos domínios (moderado \leq LL; LL $>$ pesado \leq PC; PC $>$ severo \leq I_{sup}) foram expressas como percentual da I_{sup} (VO_2). **Resultados:** A amplitude do domínio moderado foi similar entre CIC ($52 \pm 8\%$) e COR ($47 \pm 4\%$) e significativamente maior no CIC em relação ao NT ($41 \pm 7\%$). O domínio pesado foi significativamente menor no CIC ($17 \pm 6\%$) em relação ao COR ($27 \pm 6\%$) e NT ($27 \pm 9\%$). Em relação ao domínio severo não foram encontradas diferenças significantes entre os CIC ($31 \pm 7\%$), COR ($26 \pm 5\%$) e NT ($31 \pm 7\%$). **Conclusão:** O domínio pesado de exercício é mais sensível a mudanças determinadas pelo nível de aptidão aeróbia, existindo a necessidade de que se atenda ao princípio da especificidade do movimento, quando se pretende obter um elevado grau de adaptação fisiológica.

Palavras-chave: limiar anaeróbio, consumo de oxigênio, exercício aeróbio.

ABSTRACT

Introduction: The determination of the exercise intensity domains has important implications for the aerobic training prescription and elaboration of experimental designs. **Objective:** The aim of this study was to analyze the effects of aerobic fitness level on the amplitude of the exercise intensity domains during cycling. **Methods:** Twelve cyclists (CYC), eleven runners (RUN) and eight untrained subjects (NT) underwent the following protocols on different days: 1) progressive test to determine lactate threshold (LL), maximal oxygen uptake (VO_{2max}) and its corresponding intensity (IVO_{2max}); 2) three constant workload tests until exhaustion at 95, 100 and 110% IVO_{2max} to determine critical power (CP); 3) constant workload tests until exhaustion to determine the highest intensity at which VO_{2max} is reached (I_{sup}). **Results:** The amplitude of the moderate domain was similar between CYC ($52 \pm 8\%$) and RUN ($47 \pm 4\%$) and significantly greater in CYC when compared with NT ($41 \pm 7\%$). The heavy domain was significantly smaller in CYC ($17 \pm 6\%$) when compared with RUN ($27 \pm 6\%$) and NT ($27 \pm 9\%$). In relation to severe domain, there were no significant differences among CYC ($31 \pm 7\%$), RUN ($26 \pm 5\%$) and NT ($31 \pm 7\%$). **Conclusion:** It can be concluded that the heavy domain is more sensitive to changes determined by the aerobic fitness level; there is a need hence to observe the training specificity, when high level of physiological adaptation is aimed.

Keywords: anaerobic threshold, oxygen consumption, aerobic exercise.

Recebido em 13/03/2012, Aprovado em 11/01/2013.

INTRODUÇÃO

Através da cinética do consumo de oxigênio pulmonar (VO_2) e da resposta da concentração de lactato sanguíneo ([La]) durante exercícios de carga constante, três domínios de intensidade de exercício têm sido identificados: moderado, pesado e severo^{1,2}. O domínio moderado corresponde a todas as intensidades de esforço que podem ser realizadas sem a modificação do lactato sanguíneo em relação aos valores de repouso, isto é, abaixo do limiar de lactato (LL)¹. O domínio pesado começa a partir da menor intensidade de esforço em que o lactato sanguíneo se eleva e tem como limite superior a potência crítica (PC)². O domínio severo caracteriza-se pelo alcance do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), estando delimitado entre a PC e a intensidade de exercício que permite um tempo mínimo para a obtenção do VO_{2max} (i.e., I_{sup})³. A determinação dos domínios de intensidade de exercício tem importantes implicações na prescrição do treino aeróbio e na elaboração de delineamentos experimentais, pois possibilita uma maior

individualização aguda das respostas fisiológicas e possivelmente uma melhor relação entre o nível de estresse e a adaptação pretendida³⁻⁵.

O treinamento aeróbio determina adaptações tanto na oferta central de oxigênio quanto na capacidade da sua utilização, podendo melhorar índices fisiológicos relacionados com o rendimento aeróbio como o LL, o VO_{2max} e a sua respectiva intensidade (IVO_{2max}), como também a economia de movimento (EM)⁶. Em indivíduos sedentários ou ativos, as melhoras da *performance* aeróbia e dos índices fisiológicos que predizem esta *performance* são evidentes após um treinamento aeróbio realizado em intensidades submáximas⁷. No entanto, um aumento adicional no treinamento aeróbio submáximo (maior volume) em indivíduos altamente treinados não parece modificar a *performance* aeróbia nem suas variáveis fisiológicas associadas (i.e., LL, VO_{2max} , EM)⁸. Além disso, diversos estudos têm verificado que a resposta de lactato ao exercício (i.e., LL) apresenta maior sensibilidade ao treinamento aeróbio, do que as variáveis que podem permitir o aumento da I_{sup} ,

como o $VO_{2m\acute{a}x}$ e a cinética do consumo de oxigênio^{6,9}. Assim, é possível hipotetizar que o treinamento aeróbio a longo prazo (p. ex., > 3-5 anos), poderia modificar de modo mais expressivo o domínio moderado, quando comparado aos demais domínios. Entretanto, poucos estudos têm analisado os domínios de intensidade de exercício¹⁰ e, até o momento, que seja do nosso conhecimento, nenhum estudo analisou a amplitude dos domínios de intensidade de exercício em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia no ciclismo.

Idealmente, a análise dos efeitos do treinamento aeróbio sobre a *performance* e os índices fisiológicos deveriam ser realizados de modo longitudinal. Entretanto, a duração dos protocolos de treinamento dificilmente ultrapassa 20 semanas, sendo raros os que duram mais do que um ano. Os poucos existentes acima deste período acabam se caracterizando como estudo de caso¹¹. Alternativamente, comparações transversais bem controladas podem permitir algumas observações sobre possíveis alterações que ocorrem após anos de treinamento aeróbio. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do nível de aptidão aeróbia sobre a amplitude dos domínios de intensidade de exercício durante o ciclismo. Baseada no princípio da especificidade do treinamento, a análise de corredores de *endurance* durante o ciclismo permite a obtenção de um grupo com aptidão aeróbia intermediária entre indivíduos não treinados e ciclistas bem treinados^{3,12}.

MATERIAL E MÉTODOS

Participaram deste estudo indivíduos do gênero masculino, sendo 12 ciclistas (idade: 25 ± 5 anos; massa corporal: 67 ± 8 kg; estatura: 175 ± 5 cm), 11 corredores (idade: 27 ± 9 anos; massa corporal: 65 ± 6 kg; estatura: 173 ± 6 cm) e oito não treinados (idade: 24 ± 3 anos; massa corporal: 72 ± 11 kg; estatura: 175 ± 6 cm). Os atletas possuíam pelo menos três anos de treino na modalidade. Todos os voluntários foram informados sobre os procedimentos do experimento e suas implicações, assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participação deste estudo. O protocolo deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade onde o experimento foi realizado.

Procedimento experimental

Cada voluntário visitou o laboratório em três estágios: 1) um teste incremental para determinar o LL, o $VO_{2m\acute{a}x}$ e a $IVO_{2m\acute{a}x}$; 2) três sessões de testes para determinar os parâmetros da PC; e 3) o terceiro estágio envolveu a determinação da I_{sup} . Os indivíduos 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 (± duas horas). Os testes foram realizados em uma bicicleta ergométrica de frenagem mecânica (Monark, 828E, Suécia). As variáveis respiratórias foram medidas usando um analisador de gases (K4b2, Cosmed, Roma, Itália), coletando dados a cada respiração. As amostras de sangue foram analisadas através de um analisador eletroquímico de lactato (YSL 2300 STAT, Ohio, EUA) e a frequência cardíaca monitorada através de um frequencímetro (Polar, Kempele, Finlândia).

Determinação do LL, $VO_{2m\acute{a}x}$ e $IVO_{2m\acute{a}x}$

Para o teste incremental realizado na bicicleta ergométrica, a carga inicial foi de 105 W para os ciclistas (CIC), 70 W para os corredores (COR) e 35 W para os indivíduos não treinados (NT), com incrementos de 35 W a cada 3 min, até a exaustão voluntária. No final de cada estágio foram coletados a FC e 25 µl de sangue do lóbulo da orelha, sem pausa. O mais alto VO_2 obtido durante 15 s foi considerado como o $VO_{2m\acute{a}x}$. Todos os indivíduos preencheram, no mínimo, dois dos três critérios

para o $VO_{2m\acute{a}x}$: 1) razão de trocas gasosas (R) ≥ 1,1; 2) $FC_{m\acute{a}x}$ no mínimo igual a 90% da máxima prevista pela idade; e 3) concentração pico de lactato maior que 8 mM¹³. A $IVO_{2m\acute{a}x}$ foi considerada como sendo a menor intensidade de exercício na qual ocorreu o $VO_{2m\acute{a}x}$ ¹⁴. O LL foi considerado como a intensidade anterior ao aumento na concentração de lactato acima dos valores da linha de base. Este foi determinado por dois examinadores experientes e independentes. Havendo discordância entre os examinadores, um terceiro examinador foi utilizado como critério de desempate.

Determinação da potência crítica (PC)

Os indivíduos realizaram três testes de carga constante em diferentes intensidades (95, 100 e 110% $IVO_{2m\acute{a}x}$) até a exaustão voluntária em dias diferentes. O teste começou com 10 min de aquecimento a 50% $IVO_{2m\acute{a}x}$ seguido por 5 min de recuperação. Após, os indivíduos foram instruídos a pedalar na intensidade determinada até que não conseguissem manter a intensidade fixada. O teste começou com o indivíduo pedalando com zero de resistência, até que a cadência de 70 rpm fosse atingida; neste ponto, a carga pré-selecionada foi imposta e o cronômetro foi iniciado. O teste foi finalizado quando o indivíduo não era mais capaz de manter a cadência acima de 67 rpm, após encorajamento verbal. Durante o teste, o pico do VO_2 ($VO_{2m\acute{a}x}$) foi definido como o maior valor em médias de 15 segundos.

Os valores individuais de potência-tempo limite obtidos nos testes de carga constante foram ajustados através do modelo hiperbólico de dois parâmetros (equação 1) (HILL, 1993), usando o procedimento de regressão não linear através do *software* Microcal Origin 6.0 (Northampton, MA, EUA):

$$tlim = CTA.(pot\acute{e}ncia - PC)^{-1}$$

Os valores foram derivados para dois parâmetros: PC, a qual é a assíntota da relação e a CTA, definida como sendo a área delimitada pela PC, o eixo-x e qualquer ponto da curva potência-tempo. Regressões também foram realizadas usando os modelos equivalente linear $pot\acute{e}ncia-tlim^{-1}$ e a relação trabalho-tempo. Os parâmetros estimados (PC e CTA) não foram significativamente diferentes entre os três modelos. Assim, para cada participante, o parâmetro estimado gerado usando o modelo hiperbólico de dois parâmetros foi usado como critério de mensuração (CIC, SEE = 5,3 ± 5,7 e $R^2 = 0,98 \pm 0,03$; COR, SEE = 4,6 ± 3,1 e $R^2 = 0,97 \pm 0,02$; NT, SEE = 6,0 ± 4,2 e $R^2 = 0,98 \pm 0,02$).

Determinação da intensidade superior (I_{sup})

Subsequentemente, para determinar a I_{sup} , foram utilizadas técnicas de regressão linear para descrever a relação entre o tempo para se atingir o $VO_{2m\acute{a}x}$ ($TAVO_{2m\acute{a}x}$) e $tlim$ durante as cargas preditivas (95, 100 e 110% $IVO_{2m\acute{a}x}$). Assim, através do $TAVO_{2m\acute{a}x}$ expresso como função do $tlim$ foi possível encontrar o único $tlim$, no qual o $VO_{2m\acute{a}x}$ foi alcançado no instante de exaustão ($TAVO_{2m\acute{a}x}=tlim$). Dessa forma, a I_{sup} foi estimada usando a equação 1, substituindo o $tlim$ pelo $TAVO_{2m\acute{a}x}$ ¹⁵. Depois de estimada a I_{sup} , foram realizados pelo menos dois testes de esforço máximo para a sua real determinação. Após um aquecimento de 10 min a 50% da $IVO_{2m\acute{a}x}$ e 5 min de repouso, a intensidade foi ajustada em 100% I_{sup} estimada e o indivíduo foi estimulado verbalmente a manter o esforço até a exaustão. Nos outros testes, realizados em dias diferentes, foram aplicados 5% de aumento ou diminuição na intensidade entre cada teste, até que o valor de $VO_{2m\acute{a}x}$ fosse ou não alcançado. Neste caso foi considerada como critério de determinação da I_{sup} a maior intensidade em que a média do VO_2 de três valores consecutivos de 5 s (i.e., 15 s) foi maior ou igual do que a média me-

nos um desvio padrão (DP) do $VO_{2m\acute{a}x}$ obtidos no teste incremental e nos testes de carga constante (95, 100 e 110% $IVO_{2m\acute{a}x}$). O VO_2 foi mensurado continuamente durante todo o protocolo. As amplitudes dos domínios (moderado \leq LL; LL > pesado \leq PC; PC > severo \leq Isup) foram expressas como percentual da Isup (VO_2).

Análise estatística

Os dados foram expressos como média \pm DP. A normalidade das variáveis determinadas neste estudo foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk. A análise dos efeitos da aptidão aeróbia sobre as variáveis submáximas e máximas foi realizada pela análise de variância ANOVA *one-way*, complementada pelo teste de Scheffé. A análise dos efeitos do nível de aptidão aeróbia sobre a amplitude dos domínios de exercício (%Isup) foram realizadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Os valores máximos obtidos durante o teste incremental dos grupos CIC, COR e NT estão expressos na tabela 1. O $VO_{2m\acute{a}x}$ do grupo CIC foi significativamente maior do que os grupos COR e NT ($p < 0,05$). O $VO_{2m\acute{a}x}$ do grupo COR foi significativamente maior do que no grupo NT ($p < 0,05$). A $IVO_{2m\acute{a}x}$ do grupo CIC foi significativamente maior do que os grupos COR e NT ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre os grupos COR e NT ($p > 0,05$). A [La] pico do grupo COR foi significativamente menor do que para o grupo CIC ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre os grupos CIC e NT e COR e NT ($p > 0,05$). A $FC_{m\acute{a}x}$ foi similar entre os grupos ($p > 0,05$).

Tabela 1. Valores médios \pm DP das variáveis obtidas no teste progressivo dos grupos ciclistas (CIC), corredores (COR) e não treinados (NT).

Variáveis	CIC (N = 12)	COR (N = 11)	NT (N = 8)
$VO_{2m\acute{a}x}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	65 \pm 7*	55 \pm 6†	42 \pm 4
$IVO_{2m\acute{a}x}$ (W)	348 \pm 32*	257 \pm 40	220 \pm 43
$FC_{m\acute{a}x}$ (bpm)	187 \pm 6	177 \pm 14	187 \pm 11
[La]pico (mM)	12 \pm 2	9 \pm 2	10 \pm 1

* $p < 0,05$ em relação aos grupos COR e NT. † $p < 0,05$ em relação ao grupo NT. - $p < 0,05$ em relação ao grupo CIC.

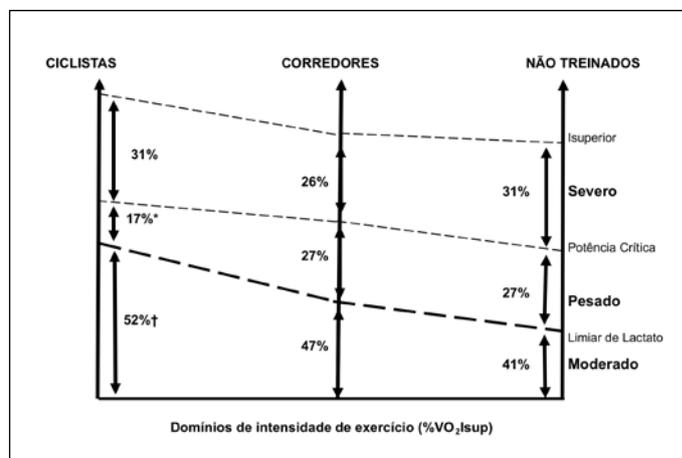
O LL (VO_2 e W) do grupo CIC foi significativamente maior do que dos grupos COR e NT ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre os grupos COR e NT ($p > 0,05$). A PC (VO_2 e W) do grupo CIC foi significativamente maior do que dos grupos COR e NT ($p < 0,05$). A PC (VO_2 e W) foi significativamente diferente entre os grupos COR e NT ($p < 0,05$). A Isup (VO_2 e W) do grupo CIC foi significativamente maior do que dos grupos COR e NT ($p < 0,05$). A Isup (VO_2 e W) do grupo COR foi significativamente maior do que no grupo NT ($p < 0,05$) (tabela 2).

Em relação à amplitude dos domínios de intensidade (valores relativos - % Isup VO_2), o domínio moderado do CIC (51,7 \pm 7,9%) foi significativamente maior em relação ao NT (41,2 \pm 6,8%) ($p = 0,0044$) e sem diferenças significantes em relação ao COR (46,7 \pm 4,2%). Não foi encontrada diferença significativa entre NT e COR. Já para o domínio pesado, o CIC apresentou amplitude significativamente menor (17,5 \pm 3,5%) em relação ao COR (27,1 \pm 5,6%) ($p = 0,0021$) e NT (27,5 \pm 9,1%) ($p = 0,0034$). Não foi encontrada diferença significativa entre o COR e GNT. A amplitude do domínio severo foi similar entre os grupos (CIC = 30,9 \pm 6,5%; COR = 26,2 \pm 5,2%; e NT = 31,3 \pm 7,3%) ($p > 0,05$) (figura 1).

Tabela 2. Valores médios \pm DP do consumo de oxigênio (VO_2) e da carga (W) correspondentes ao limiar de lactato (LL), potência crítica (PC) e intensidade superior (Isup) dos grupos ciclistas (CIC), corredores (COR) e não treinados (NT).

Variáveis	CIC (N = 12)	COR (N = 11)	NT (N = 8)
VO_{2LL} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	45 \pm 7*	29 \pm 4	20 \pm 4
LL (W)	219 \pm 37*	125 \pm 28	87 \pm 31
VO_{2PC} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	60 \pm 7*	45 \pm 4 †	33 \pm 6
PC (W)	302 \pm 33*	222 \pm 35†	167 \pm 48
VO_{2sup} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	87 \pm 10*	61 \pm 6†	48 \pm 5
Isup (W)	449 \pm 34*	319 \pm 51†	257 \pm 59

* $p < 0,05$ em relação aos grupos COR e NT. † $p < 0,05$ em relação ao grupo NT.



* $p < 0,05$ em relação aos corredores e não treinados. † $p < 0,05$ em relação aos não treinados.

Figura 1. Amplitude dos domínios de intensidade de exercício moderado, pesado e severo para os ciclistas (N = 12), corredores (N = 11) e não treinados (N = 8).

DISCUSSÃO

Para o nosso conhecimento, este estudo foi o primeiro a determinar e analisar os efeitos do nível da aptidão aeróbia sobre a amplitude dos domínios de intensidade de exercício durante o ciclismo. O principal achado deste estudo foi que níveis intermediários de aptidão aeróbia (i.e., COR) já são suficientes para o aumento da amplitude do domínio moderado durante o ciclismo. Entretanto, para que ocorra a diminuição da amplitude do domínio pesado, parecem ser necessários elevados níveis de aptidão aeróbia e treinamento específico no ciclismo (i.e., CIC). Finalmente, a amplitude do domínio severo não parece ser influenciada pelos diferentes níveis de aptidão aeróbia.

De acordo como o que é classicamente demonstrado, o CIC apresentou valores mais elevados de $VO_{2m\acute{a}x}$ em relação ao COR e NT^{3,12}. Além disso, o $VO_{2m\acute{a}x}$ do COR foi significativamente maior do que NT. Estes dados mostram que embora haja uma transferência dos efeitos do treino da corrida para o ciclismo (i.e., COR > NT), parecem ser necessárias adaptações bem específicas para a melhora do $VO_{2m\acute{a}x}$ no ciclismo, quando o objetivo é o maior aumento possível deste índice e/ou quando o treinamento é realizado por atletas altamente treinados (i.e. CIC > COR). Conclusões similares podem ser obtidas em relação à PC e Isup, que mostraram o mesmo comportamento do $VO_{2m\acute{a}x}$. Entretanto, a resposta de lactato ao exercício (i.e., LL - VO_2 e W) parece apresentar um comportamento diferente das demais variáveis. Embora o LL (VO_2 e W) do CIC foi superior em relação aos demais grupos, não houve diferença significativa entre COR e NT. Assim, para os índices aeróbios que dependem prioritariamente das adaptações periféricas (i.e., capacidade oxidativa)¹⁶, os efeitos do treinamento são mais específicos ao

modo de exercício treinado, podendo não existir transferências de um modo para o outro. Para o $VO_{2m\acute{a}x}$ PC e Isup, pode existir transferência parcial dos efeitos do treino entre os modos de exercício (corrida para o ciclismo), provavelmente pelos mecanismos centrais (i.e., oferta de oxigênio) que contribuem para a melhora destes índices após o treinamento. Dados similares foram obtidos após a análise longitudinal dos efeitos do treinamento realizado por indivíduos sedentários com duração de 10 semanas¹⁷.

O domínio moderado de exercício compreende todas as intensidades de esforço que podem ser realizadas sem a modificação do lactato sanguíneo em relação aos valores de repouso, isto é, intensidades que são realizadas até o LL¹. Como inicialmente hipotetizado, o CIC apresentou maior amplitude deste domínio em relação ao NT, não existindo, entretanto, diferença em relação ao COR (figura 1). Assim, quando a amplitude dos domínios é normalizada em relação à Isup ($\%IsupVO_2$), parece existir uma transferência parcial dos efeitos do treinamento da corrida para o ciclismo. Entretanto, para o domínio pesado, o grupo CIC apresentou uma menor amplitude em relação ao COR e NT. A diminuição do domínio pesado no CIC sugere que o treino aeróbio a longo prazo pode melhorar mais o LL do que a PC. Caputo e Denadai¹⁸ verificaram em ciclistas bem treinados que a PC representa 75%Δ (i.e., 75% da diferença entre o LL e $VO_{2m\acute{a}x}$), enquanto em sedentários, Neder *et al.*¹⁰ verificaram um valor de 67%Δ. Do mesmo modo, Greco *et al.*¹⁹ encontraram que a PC expressa em $\%VO_{2m\acute{a}x}$ foi similar entre ciclistas e não treinados (91% *versus* 87%, respectivamente), embora a resposta de lactato (máxima fase estável de lactato – MLSS), tenha sido significativamente diferente (83% *versus* 77%, respectivamente). Estes dados em conjunto mostram que, similar ao $VO_{2m\acute{a}x}$ a PC pode

ser menos sensível aos efeitos do treino do que a resposta de lactato (LL e MLSS). Porém, esta adaptação parece depender de treinamento aeróbio específico a longo prazo no ciclismo.

Finalmente, o domínio severo, que compreende todas as intensidades que permitem a obtenção do $VO_{2m\acute{a}x}$ parece não ser influenciado pelos diferentes níveis de aptidão aeróbia. Embora as maiores intensidades e, conseqüentemente, os menores tempos de exercício mantidos neste domínio (i.e., Isup = 2 a 3 min)³ sejam predominantemente aeróbias²⁰, há importante participação das fontes anaeróbias de energia. Isto pode explicar, pelo menos em parte, a ausência da influência da aptidão aeróbia sobre a amplitude do domínio severo encontrada neste estudo.

CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos neste estudo, pode-se concluir que a resposta de lactato (LL) apresenta adaptações mais específicas ao treinamento do que os demais índices aeróbios (PC e $VO_{2m\acute{a}x}$). Além disso, o domínio pesado de exercício é reduzido com o aumento da aptidão aeróbia, sugerindo que o LL é mais sensível ao treinamento aeróbio do que a PC. Estas adaptações, entretanto, parecem depender de adaptações específicas no ciclismo, existindo a necessidade de que se atenda ao princípio da especificidade do movimento, quando se pretende obter um elevado grau de adaptação fisiológica.

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

REFERÊNCIAS

1. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sports Sci Rev* 1996;24:35-70.
2. Xu F, Rodhes EC. Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Med* 1999;27:313-27.
3. Caputo F, Denadai BS. The highest intensity and the shortest duration permitting attainment of maximal oxygen uptake during cycling: effects of different methods and aerobic fitness level. *Eur J Appl Physiol* 2008;103:47-57.
4. Greco CC, Caputo F, Denadai BS. Critical power and maximal oxygen uptake: Estimating the upper limit of the severe domain, a new challenge? *Sci Sports* 2008;23:216-22.
5. Vanhatalo A, Jones AM, Burnley M. Application of critical power in sport. *Int J Sports Physiol Perform* 2011;6:128-36.
6. Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sport Med* 2000;29:373-86.
7. Green HJ, Jones LL, Hughson RL, Painter DC, Farrant BW. Training induced hypervolemia: lack of an effect on oxygen utilization during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19:202-6.
8. Lake MJ, Cavanagh PR. Six weeks of training does not change running mechanics or improve running economy. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:860-9.
9. Figueira TR, Caputo F, Machado CEP, Denadai BS. Aerobic fitness level typical of elite athletes is not associated with even faster VO_2 kinetics during cycling exercise. *J Sports Sci Med* 2008;7:132-8.
10. Neder AJ, Jones PW, Nery LE, Whipp BJ. The effect of age on the power/duration relationship and intensity-domains limits in sedentary men. *Eur J Appl Physiol* 2000;82:326-32.
11. Martin DT, Quod MJ, Gore CJ, Coyle EF. Has Armstrong's cycle efficiency improved? *J Appl Physiol* 2005;99:1628-9.
12. Caputo F, Denadai BS. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. *Eur J Appl Physiol* 2004;93:87-95.
13. Taylor HI, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol* 1955;8:73-80.
14. Billat VL, Mille-Hamard L, Demarle A, Koralsztein 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.
15. Hill DW, Poole DC, Smith JC. The relationship between power and time to achieve VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:709-14.
16. Denadai BS, Greco CC. Prescrição do treinamento aeróbio: teoria e prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
17. 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 Occup Physiol* 1989;59:365-9.
18. Caputo F, Denadai BS. Does 75% of the difference between VO_2 at lactate threshold and VO_{2max} lie at the severe intensity domain in well trained cyclists? *Sci Sports* 2009;24:257-61.
19. Greco CC, Carità RAC, Dekerle J, Denadai BS. Effect of aerobic training status on both maximal lactate steady state and critical power. *Appl Physiol Nutr Metab* 2012;37:736-43.
20. Spencer MR, Gastin PB. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:157-62.