



Revisión

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

Efeitos do treinamento intervalado em variáveis fisiológicas e na performance de ciclistas competitivos

V. P. Costa, R. D. de Lucas, K. M. Souza e L. G. A. Guglielmo

Laboratório de Esforço Físico. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.

Artigo história:

Recebido el 5 de agosto de 2012

Aceito el 23 de setembro de 2013

Palabras clave:

Entrenamiento de intervalos.

Entrenamiento.

Desempeño.

Keywords:

Interval training.

Training.

Performance.

Correspondencia:

V. Pereira Costa

Laboratório de Esforço Físico.

Universidade Federal de Santa Catarina.

Campus Universitário Trindade.

Florianópolis, Brasil.

CEP: 88040-900

E-mail: costavp2@yahoo.com.br

RESUMEN

Efectos del entrenamiento de intervalos en las variables fisiológicas y el rendimiento en ciclistas competitivos

Objetivo. En la presente investigación hemos planteado como objetivo analizar los efectos de diferentes métodos de entrenamiento de intervalos (EI) en los parámetros de la capacidad fisiológica y el desempeño de los ciclistas de competición.

Método. La clasificación de los métodos de EI es: a) sub-máxima (EISub), b) máxima (EImax), y c) supra-máxima (EISup). La estrategia de búsqueda incluyó los términos siguientes: entrenamiento de intervalos, entrenamiento de intervalos en el ciclismo, entrenamiento de intervalo de alta intensidad, entrenamiento de intervalo de alta intensidad en el ciclismo y sprint. Para este fin, se realizó una búsqueda entre julio de 2011 y febrero de 2012 en las bases de datos: PubMed y Google Scholar SPORTDiscus.

Resultados. Entre las diferentes metodologías de EI en ciclistas de competición, todos los métodos fueron suficientes para demostrar mejoras de la potencia aeróbica máxima (Pmax), el consumo máximo de oxígeno (VO2max), los umbrales fisiológicos, tiempo hasta el agotamiento (Tlim) y la prueba de 40 km de contrareloj de ciclismo (CR40km).

Conclusión. Los tres métodos de EI mostraron que es necesario 6-8 sesiones de entrenamiento durante un período de 4-6 semanas para que los ciclistas entrenados mejoraron las variables fisiológicas y de rendimiento.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Effects of interval training on physiological variables and performance in competitive cyclists

Objective. The aim of this study was to analyze the effects of different methods of interval training (IT) on physiological variables and performance in competitive cyclists.

Method. The classification of the IT methods were: a) sub-maximal (ITsub), b) high (ITmax) and c) supra-maximum (ITsup). The search strategy included the following terms: interval training, interval training on cycling, high intensity interval training, high intensity interval training in cycling and sprint. We choose for the followed databases: PubMed, Google Scholar and SPORTDiscus. For this purpose, a search were in a period between July 2011 and February 2012.

Results. The different methods of IT increased maximal aerobic power (Pmax), maximum oxygen consumption (VO2max), physiological thresholds, time to exhaustion (Tlim) and 40-km cycling time trial (CR40km) in competitive cyclists.

Conclusion. Therefore, the three methods of IT showed that 6-8 sessions of training during 4-6 weeks is necessary to improve physiological variables and cycling performance in competitive cyclists

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

INTRODUÇÃO

O objetivo principal do treinamento físico é proporcionar ao atleta adaptações fisiológicas e metabólicas que aumentem o seu nível de *performance*¹. A manipulação da intensidade e da duração dos estímulos de exercício juntamente com o modo e a duração dos intervalos de recuperação altera as participações relativas dos sistemas energéticos nas contrações musculares². Em resposta ao treinamento, as adaptações ocorrem em nível central e periférico, melhorando o funcionamento na dinâmica cardiovascular, do padrão de recrutamento neural, nos aspectos bioenergéticos e no equilíbrio ácido-básico muscular³⁻⁵. A magnitude destas adaptações é variável e parece depender do volume, da intensidade e da frequência de treinamento⁵⁻⁹.

Em indivíduos não treinados os efeitos decorrentes do treinamento já são bem destacados⁴, sendo que os métodos de treinamento que auxiliam na melhora do desempenho esportivo nestas pessoas, podem não necessariamente serem efetivos para atletas de alto nível⁵. De fato, em atletas altamente treinados, o aumento no volume de treinamento parece não aumentar a *performance* de *endurance* ou variáveis fisiológicas associadas ao sistema aeróbio, como o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), limiar anaeróbio (LAN), economia de movimento (EM) e enzimas oxidativas^{3,5,7}.

Entretanto, apesar do treinamento de longa duração, também chamado de método contínuo, ser importante para melhorar as variáveis fisiológicas associadas ao metabolismo aeróbio e a *performance*, o treinamento intervalado (TI), realizado com a repetição de estímulos curtos (ex. *sprints*) ou mais prolongados (ex. no LAN, ou acima) de alta intensidade separados por um período ativo ou passivo de recuperação^{5,8} parece ser fundamental para manter as adaptações fisiológicas e conseguir ganhos na *performance* aeróbia em atletas já treinados^{5,8}.

O principal objetivo do TI é estressar repetidamente os sistemas fisiológicos do atleta conduzindo a um maior desgaste se comparado ao treinamento de carga contínua^{5,8,9}. Sendo assim, as diversas combinações possíveis entre a intensidade, a duração e o número de repetições dos estímulos, assim como o tipo (ativa ou passiva) e a duração da recuperação entre os estímulos, possibilita o envolvimento dos diferentes sistemas energéticos, sendo que a manipulação destes fatores varia de acordo com os objetivos e a periodização de um treinamento. Devido a variedade de tipos de TI propostos na literatura^{5,7-9}, com aplicação à ciclistas treinados¹⁰, entende-se que seja importante conduzir uma revisão bibliográfica a fim de detectar e discutir os seus potenciais adaptativos. Com este tipo de abordagem pode-se melhorar o conhecimento científico a cerca do TI, especialmente para treinadores e atletas da modalidade em questão, assim como para futuras pesquisas conduzidas com ciclistas bem treinados.

Desta forma, a presente revisão bibliográfica teve como objetivo analisar os efeitos de diferentes métodos de TI, sobre variáveis fisiológicas, assim como sobre o desempenho de ciclistas competitivos.

MÉTODO

Para este artigo de revisão, foi realizado um levantamento bibliográfico por meio das seguintes bases de dados: PubMed, SPORTDiscus e Google Scholar. Para tal foram utilizadas palavras-chaves e termos de referência na língua inglesa, tais como: *interval training*, *interval training in cycling*, *high intensity interval training*, *high intensity interval training in cycling* e *sprint training*. A busca foi realizada no período compreendido entre ju-

ho de 2011 e fevereiro de 2012, sem estabelecer limites de data de publicação. Além disso, as referências bibliográficas dos estudos identificados pela pesquisa eletrônica foram revisadas para detectar estudos adicionais.

Critérios de exclusão

artigos com foco de pesquisa sobre TI em modalidades diferentes do ciclismo foram excluídos da revisão. Também foram excluídos artigos realizadas em cicloergômetro, tendo como amostra sujeitos ativos, obesos, mulheres, idosos, ciclistas recreacionais ou que apresentassem características de praticantes não competitivos do esporte ciclismo.

Critérios de inclusão

estudos que buscassem responder os objetivos da presente revisão foram incluídos, neste sentido, foram separados e analisados somente artigos publicados em revistas indexadas envolvendo modelos de TI em ciclistas competitivos. De forma geral, estes atletas possuíam experiência mínima de dois anos de competição, VO_{2max} acima de 55 ml.kg⁻¹ min⁻¹ e Pmax acima de 300 watts. Excepcionalmente, foram acrescentados alguns artigos sobre TI realizados em sujeitos ativos para contextualizar o treinamento intervalado supra-máximo. As pesquisas foram limitadas a estudos publicados apenas em língua inglesa entre os anos de 1980 e 2012.

Critérios de classificação do treinamento intervalado

billat et al.^{8,9} em extensa revisão sobre as diferentes combinações sobre o TI em corredores, classificam este tipo de treinamento como aeróbio e anaeróbio. Já em ciclistas e outros atletas de modalidades individuais, o TI tem sido classificado em três tipos que são: submáximo, máximo, e supramáximo; onde o termo máximo se refere à intensidade correspondente ao VO_{2max} ¹⁰. Sendo assim, no presente estudo os modelos de TI foram classificados de acordo com a proposta de Paton & Hopkins¹⁰: a) submáximo (TIs_{ub}); b) máximo (TIm_{ax}); e c) supramáximo (TIs_{up}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Treinamento intervalado submáximo

O TIs_{ub} consiste na composição de estímulos realizados em intensidade próxima ao LAN (ou máxima fase estável de lactato), ou seja entre 80 e 85 % da Pmax. A duração dos estímulos normalmente varia entre 3 - 12 min. combinados com curtos períodos de recuperação (30 - 120 s.)¹¹⁻¹⁶.

O TIs_{ub} com estas características tem como principais objetivos o aumento da capacidade aeróbia e conseqüentemente da *performance* em competições de *endurance* (ex: provas "contra-relógio" com distâncias entre 15 e 40 km)⁵. No entanto, além do aumento na capacidade aeróbia, este tipo de TI tem demonstrado também aumentar significativamente a Pmax¹¹⁻¹⁶ e o VO_{2max} ¹⁶ em ciclistas bem treinados.

Uma característica importante do TIs_{ub} é a recuperação entre os estímulos, que apresenta normalmente uma duração inferior ao tempo de esforço (tabela 1). Um período de recuperação curto entre os estímulos pode reduzir a participação da glicólise anaeróbia e, como consequência, aumentar a participação aeróbia¹⁷. Desta forma, a utilização do TIs_{ub} para atletas de *endurance* busca predominantemente adaptações refe-

Tabela 1

Resumo dos estudos que verificaram os efeitos do Tsub em ciclistas competitivos

Referência	Repetições	Intensidade	Duração	Recuperação	Semanas	Sessões de Tsub	Resultados
Lindsay FH, et al. ¹¹	6 - 8	80 %	5 min.	60 s.	4	6	↑Pmax, ↑Tlim, ↑CR40km
Weston AR, et al. ¹⁴	6 - 8	80 %	5 min.	60 s.	4	6	↑Pmax, ↑Tlim, ↑CR40km, ↑β, ↔: HK, PFK, CS, 3HCoA
Westgarth-Taylor C, et al. ¹³	6 - 9	80 %	5 min.	60 s.	6	12	↑Pmax, ↑CR40km, ↓CHOox
Hawley JA, et al. ¹²	6 - 9	80 %	5 min.	60 s.	7	6 - 12	↑Pmax, ↑CR40km
Stepito NK, et al. ¹⁵	8	85 %	4 min.	90 s.	3	6	↑Pmax, ↑CR40km
Stepito NK, et al. ¹⁵	4	80 %	8 min.	60 s.	3	6	↔
Swart J, et al. ¹⁶	8	80 %	4 min.	90 s.	4	8	↑Pmax, ↑CR40km,
Hoopker J, et al. ¹⁸	Sessão 1: 3 - 5	OBLA + 5 bpm	4 min.	4 min.	6	12	↑EM
	Sessão 2: 3 - 5	Máxima	40/30/20/10 s.	3 min/30/20/10 s.		-	

Pmax: potência aeróbia máxima; Tlim: tempo de exaustão; CR: contra-relógio; β: capacidade de tamponamento muscular; HK: atividade da enzima hexoquinase; PFK: atividade da enzima fosfofrutoquinase; CS: atividade da enzima citrato sintase; 3HCoA: atividade da enzima 3-hidroxi-CoA desidrogenase; CHOox: oxidação dos carboidratos; EM: economia de movimento; % Percentagem em relação a Pmax; Tsub: Treinamento Intervalado Sub-máximo; OBLA: Onset of Blood Lactate Accumulation; ↑: melhora significativa; ↓: diminuição significativa; ↔: inalterado.

rentes ao metabolismo oxidativo, mais especificamente sobre os diferentes índices fisiológicos relativos à capacidade aeróbia (e.g. MLSS e PC) e também à potência aeróbia (ex: VO₂max). Entretanto, é importante ressaltar que a magnitude de aumento destas variáveis e da performance parece depender diretamente da intensidade e da duração dos estímulos juntamente com a duração dos intervalos de recuperação⁷.

Na tabela 1 pode-se verificar diferentes pesquisas sobre os efeitos do Tsub em ciclistas competitivos. Em um dos estudos pioneiros realizados com ciclistas bem treinados, Lindsay et al.¹¹ verificaram aumentos significativos na Pmax e na performance após um modelo de Tsub, com 8 ciclistas bem treinados. O treinamento foi conduzido durante 4 semanas (total de 6 sessões), sendo que cada sessão foi composta por 6 - 8 repetições de 5 min. a 80 % Pmax com períodos de 1 min. de recuperação. Após o período de treinamento, houve melhora significativa da Pmax (4,3 %; p < 0,01), da performance no contra-relógio de 40 km (CR40km) (3,6 %; p < 0,0001) e no tempo de exaustão (Tlim) a 150 % Pmax (19,8 %; p < 0,01). Interessantemente, o aumento no Tlim a 150 % Pmax foi evidente logo após duas semanas de treinamento. Assim, constatou-se que poucas sessões de Tsub foram suficientes para melhorar significativamente o desempenho destes ciclistas¹¹. No entanto, é importante ressaltar que o estudo foi conduzido no final do período da preparação básica da temporada, onde naturalmente espera-se que os atletas tenham uma maior capacidade de melhora no desempenho se comparado ao período específico ou competitivo.

Em um outro estudo realizado com ciclistas competitivos, o mesmo grupo de autores verificaram que o programa de Tsub descrito acima proporcionou adaptações metabólicas e fisiológicas significativas, além de também aumentar a performance destes atletas¹⁴. Foi verificado que após as 4 semanas de treinamento os ciclistas apresentaram aumentos significativos na Pmax (3,5 %), na performance do CR40km (2,2 %) e no Tlim a 150 % Pmax (22 %). Além disso, houve um aumento na capacidade de tamponamento muscular com apenas 3 semanas de treinamento (p < 0,05), sendo que este aumento apresentou uma alta correlação com o tempo no CR40km (r = -0,82; p < 0,05), mostrando uma possível relação causal entre estas variáveis. Por outro lado, não foram verificadas alterações significativas na atividade das enzimas glicolíticas hexoquinase (HK) e fosfofrutoquinase (PFK), e na atividade das enzimas oxidativas citrato sintase (CS) e 3-hidroxi-CoA desidrogenase (3HCoA). Sendo as-

sim, os autores sugeriram que o aumento no desempenho aeróbio após um programa de Tsub pode estar relacionado com a capacidade do músculo em tamponar íons hidrogênio (H⁺) sem modificar a atividade enzimática de ambos os sistemas energéticos glicolítico e oxidativo¹⁴.

Com um programa de Tsub bem semelhante ao realizado nos estudos anteriores^{11,14}, distinguindo apenas no volume de treinamento (12 sessões de 6 - 9 repetições de 5 min a 80 % Pmax com períodos de 1 min. de recuperação durante 6 semanas), Westgarth-Taylor et al.¹³ encontraram alterações similares nos parâmetros fisiológicos e na performance de 8 ciclistas competitivos. Após o período de intervenção, os ciclistas aumentaram significativamente a Pmax (4,9 %; p < 0,01) e a performance no CR40km (2,5 %; p < 0,05). Além disso, foi observada uma diminuição significativa na taxa de oxidação dos carboidratos, concentração de lactato plasmático e ventilação pulmonar para a mesma intensidade absoluta de exercício (60 %, 70 % e 80 % Pmax- pré-intervenção). Por outro lado, houve um aumento na taxa de oxidação dos lipídios para as mesmas intensidades absolutas. Entretanto, quando os ciclistas se exercitaram nas mesmas intensidades relativas estas variáveis não foram alteradas¹³.

Em um estudo envolvendo diferentes tipos de TI, Stepto et al.¹⁵ testaram os efeitos de 6 sessões de TI (totalizando 3 semanas) na performance de 20 ciclistas treinados. Dentre os 5 tipos de TI utilizados neste estudo, dois destes podem ser classificados como Tsub e estão representados na tabela 1. No Tsub composto por 8 estímulos de 4 min. realizados a 85 % Pmax com 1,5 min. de recuperação, os autores encontraram aumentos significativos da Pmax (~ 3,5 %) e da performance do CR40 km (~ 2,8 %). Por outro lado, o Tsub constituído de 4 estímulos de 8 min. a 80 % Pmax com 1 min de recuperação foi insuficiente em promover aumentos significativos nestes parâmetros. Os diferentes resultados encontrados entre os dois tipos de Tsub podem estar associados um pouco mais com a intensidade e do que volume empregado em cada programa específico de treinamento¹⁵.

Após esta sequência de estudos de Tsub realizados em ciclistas treinados, apenas uma década adiante foi localizado outro estudo experimental. Swart et al.¹⁶ compararam os efeitos de 2 programas de Tsub sobre as respostas fisiológicas aeróbias máximas (VO₂max e Pmax) e sobre a performance de CR40km, em ciclistas treinados divididos em dois grupos. A intensidade das repetições foram controladas por crité-

rios diferentes em cada grupo, sendo um controlado pela potência e outro pela frequência cardíaca (FC). Assim, o período experimental de 4 semanas (totalizando 8 sessões), foi desenhado a fim de atender a 80 % Pmax (grupo 1) ou para FC correspondente a 80 % Pmax (grupo 2). Em ambos os programas, os ciclistas desempenhavam por sessão 8 estímulos de 4 min. com 1,5 min. de recuperação. O principal achado foi que ambos os modelos de controle da intensidade promoveram melhora similares na Pmax e no CR40km. No entanto, foi encontrado um aumento significativo no valor de VO₂max apenas para o grupo monitorado pela FC. Sendo assim, os autores, ressaltam o uso de ambas as formas de controle do treinamento sendo enfatizado a utilização dos monitores de FC para a prescrição e controle do Tsub em ciclistas treinados¹⁶.

Recentemente, Hopker et al¹⁸ verificaram a influência do TI e do volume de treinamento na eficiência mecânica de ciclistas competitivos. Este estudo, apresenta uma característica diferenciada dos demais no sentido de que o TI foi realizado em duas sessões de treino diferentes por semana, ou seja, Tsub e TImax, ao longo de seis semanas. Além disso, os autores acrescentaram que TI foi adicionado ao treinamento já realizado pelos ciclistas, ou seja, os atletas realizavam o treino prescrito pelos treinadores com duas sessões extras de TI. A primeira sessão consistiu de 3 - 5 a estímulos de 4 min. de duração realizados na intensidade da FC correspondente ao o início da lactato acumulação (OBLA Onset of Blood Lactate Accumulation) + 5 bpm e separados por uma pausa de 4 min. A segunda sessão de treino consistia de duas etapas: 1) 3 - 5 sprints máximos de 40 s. separados por 3 min. de pausa; 2) sprints máximos de 30, 20 e 10 s. separados por pausas com a mesma duração. Os resultados indicaram significantes ganhos de eficiência bruta (1,6 ± 1,4 %) após seis semanas de TI. Esses resultados parecem ser únicos até o presente momento visto que os estudos que indicam melhora na eficiência mecânica em ciclistas foram realizados através de acompanhamento longitudinal bastante extenso ou com a adição do treinamento de força¹⁹, mas não sobre efeitos do TI²⁰. Apesar de demonstrar melhora na eficiência mecânica, se torna difícil discriminar qual o tipo de TI seria mais efetivo (Tsub ou TImax) pois ambos tipos de treino foram empregados no programa de treinamento¹⁸. No entanto, o modelo de TI misto que foi empregado se destacou devido a situações reais do ciclismo sendo que nas diversas modalidades a potência produzida é variável sendo os estímulos com característica mista¹⁸.

Foram localizados sete estudos na literatura sobre os efeitos do Tsub sobre as adaptações fisiológicas, metabólicas e desempenho de

ciclistas competitivos. Nestes estudos, a grande maioria destaca os benefícios de poucas sessões de Tsub em atletas já treinados apesar de apenas o estudo mais recente de Swart et al¹⁶ ter inserido um grupo controle no desenho experimental. De forma geral, dentre os resultados alcançados os ciclistas aumentaram significativamente a participação de enzimas glicolíticas e oxidativas, diminuíram a oxidação de carboidratos e aumentaram de lipídeos, melhoraram a capacidade de tamponamento muscular, Pmax, Tlim, CR40km; e em apenas um estudo o VO₂max. Portanto, parece que estímulos com a duração de aproximadamente 5 min. realizados na intensidade próxima a 80 % Pmax com razão esforço/pausa de 5:1, durante um período de 3 a 6 semanas (6 - 12 sessões), promovem aumentos significativos nos indicadores de desempenho em ciclistas treinados e em eventos com duração aproximada de 1h (40 km).

Treinamento intervalado máximo

TImax tradicionalmente envolve estímulos baseado em qualquer esforço físico maior do que 1 minuto até 3 minutos de duração. Esses intervalos são geralmente conduzidos em intensidades variando entre 90 - 105 % Pmax com períodos de recuperação similar ou maior que o intervalo. O principal objetivo do TImax é o desenvolvimento da Pmax⁸.

Apenas quatro estudos foram encontrados sobre os efeitos do TImax em ciclistas treinados (tabela 2). Stepto et al¹⁵ não encontraram melhora no desempenho de ciclistas treinados após seis sessões de treinamento ao longo de três semanas. Neste estudo dois grupos experimentais podem ser classificados como TImax, em ambos os atletas realizaram 12 estímulos de 1 e 2 min. de duração, na intensidade correspondente a 90 e 100 % Pmax; e com período de recuperação de 3 e 4 min respectivamente. A grande diferença do TImax proposto pelos autores em comparação com os estudos prévios realizados com indivíduos não treinados, está na relação esforço/pausa que foi mais longa para os ciclistas treinados. Neste sentido, assim como discutido no Tsub, especula-se que um período de recuperação mais reduzido possa resultar em maior stress no sistema oxidativo permitindo assim aumento na performance aeróbia como verificado em indivíduos não treinados.

Laursen et al.²¹ verificaram os efeitos da adição de 4 sessões de TImax no programa de treinamento em ciclistas treinados. Neste estudo, o treinamento físico foi composto por 20 estímulos de 1 min. de duração rea-

Tabela 2

Estudos sobre efeitos do TImax em ciclistas treinados

Referência	Repetições	Intensidade	Duração	Repouso	Semanas	Sessões de TImax	Resultados
Stepto NK, et al. ¹⁵	12	90 %	2 min.	3 min.	3	6	↔
Stepto NK, et al. ¹⁵	12	100 %	1 min.	4 min.	3	6	↔
Laursen PB, et al. ²¹	20	100 %	1 min.	2 min.	2	4	↑Pmax, ↑LV, ↑Tlim
Laursen PB, et al. ²²	8	100 %	60 % Tlim	120 % Tlim	4	8	↑Pmax, ↑CR40km, ↑VO ₂ pico
Laursen PB, et al. ²²	8	100 %	60 % Tlim	65 % FCmax	4	8	↑Pmax, ↑CR40km, ↑VO ₂ pico
Laursen PB, et al. ²³	8	100 %	60 % Tlim	120 % Tlim	4	8	↑Pmax, ↑CR40km, ↑VO ₂ pico, ↑LV, ↑CAN
Laursen PB, et al. ²³	8	100 %	60 % Tlim	65 % FCmax	4	8	↑Pmax, ↑CR40km, ↑VO ₂ pico, ↑LV, ↑CAN

Pmax: potência aeróbia máxima; Tlim: tempo de exaustão; CR: contra-relógio; LV: limiar ventilatório; VO₂pico: consumo de oxigênio de pico; CAN: capacidade de trabalho anaeróbio; % Percentagem em relação a Pmax; TImax: treinamento intervalado máximo; FCmax: frequência cardíaca máxima; ↑: melhora significativa; ↔ : inalterado.

lizados na Pmax separados por pausas de 2 min. ao longo de apenas duas semanas. Após o treinamento, os ciclistas aumentaram significativamente a Pmax (4,3 %), LV1 (22 %) e LV2 (15 %), sem aumentos significativos no VO₂max. Em outro estudo, Laursen et al.²² verificaram os efeitos do TImax nos índices fisiológicos e no desempenho de ciclistas treinados após 4 semanas de treinamento. Dois grupos experimentais foram classificados como TImax, em ambos os ciclistas realizaram esforços na intensidade da Pmax durante um período de tempo correspondente a 60 % Tlim na Pmax, sendo que a principal diferença entre os grupos foram as pausas para a recuperação (120 % Tlim e 65 % frequência cardíaca máxima (FCmax)

, respectivamente). Dentre os resultados alcançados, os autores destacaram que ambos os tipos TImax aumentaram significativamente a Pmax (4,7 - 6,2 %) e o VO₂pico (5,4 - 8,1 %), e diminuíram o tempo no CR4km (5,1 - 5,8 %), sendo que os maiores aumentos foram encontrados após pausas com duração controlada pela recuperação da FC.

Após alguns anos, Laursen et al.²³ publicaram outro artigo verificando a influência do TI nas adaptações de ciclistas treinados. Dois grupos de ciclistas realizaram o TImax: ambos realizaram esforços na intensidade da Pmax durante um período de tempo de 60 % Tlim na Pmax, sendo que a principal diferença dos treinos foram as pausas para a recuperação (120 % Tlim e 65 % FCmax). Os resultados indicam que após 4 semanas de TImax os ciclistas treinados aumentaram significativamente o LV1, LV2 e a capacidade de trabalho anaeróbia (CAN)²³.

Dentre os estudos sobre os efeitos do TImax encontrados em ciclistas treinados, três foram dos mesmos autores. Interessantemente, que apenas os estudos deste grupo de pesquisadores encontraram resultados significativos e similares após TImax. Por outro lado, Stepto et al.¹⁵ não encontraram resultados significativos nos índices fisiológicos e no desempenho de ciclistas treinados após TImax. É importante ressaltar que a inclusão de grupo controle o monitoramento do treinamento realizado fora da intervenção e a ampliação do número de sujeitos, limitam as inferências referente ao estudo de Stepto et al.¹⁵. Apesar disso, existe um indicativo que após poucas sessões de TImax, ciclistas treinados apresentaram aumento significativo na Pmax, VO₂ pico, LV1, LV2, CAN, e performance no CR40km. Neste sentido, parece que programas de TImax com a relação esforço pausa 1:2 estão associados com indicativos de ganhos de adaptação e desempenho em ciclistas treinados. Assim, acredita-se que novos estudos são necessários para continuar na investigação da configuração ideal do TImax para atletas e acrescentar medidas sobre alterações metabólicas, enzimáticas e neuromusculares.

Treinamento intervalado supramáximo

TIsup é comumente realizado com estímulos que envolva qualquer esforço físico com a duração de até no máximo 1 min. Esses intervalos são geralmente executados na intensidade máxima possível ou acima de 100% Pmax com períodos de recuperação similar ou maior que o intervalo. Por muitos anos se pensava que o principal objetivo do TIsup seria o desenvolvimento da potência e capacidade anaeróbia desde que as pausas de recuperação sejam longas, no entanto, programas de TIsup separados por pausas curtas também objetivam o desenvolvimento do componente aeróbio^{24,25}.

Tradicionalmente o TIsup vem sendo utilizado como método de treinamento para o desenvolvimento do componente anaeróbio sendo justificado em parte pelo princípio da especificidade. No entanto, tem sido crescente as investigações sobre a influência do TIsup nas variáveis aeróbias, sendo que alguns estudos encontraram aumentos no VO₂max e atividade da CS após TIsup em sujeitos não treinados²⁶.

Recentemente, Burgomaster et al.²⁷ apresentaram um proposta de TIsup que sugere uma nova forma de pensar sobre a especificidade e a adaptação ao treinamento. Neste sentido, o TIsup parece ser um método que induz a uma série de benefícios ao organismo, benefícios estes normalmente atribuídos ao treinamento aeróbio de baixa intensidade. Assim, Burgomaster et al.²⁷ verificaram que após 3 sessões de TIsup ao longo de 6 semanas induzem adaptações fisiológicas similares ao treinamento contínuo de baixa intensidade em sujeitos não treinados. O treinamento foi composto por 4 - 6 sprints máximos de 30 s. separados por um período de 4 - 5 min. de recuperação passiva. Os resultados acrescentam que após um curto período de TIsup, houve aumento dos marcadores do metabolismo de carboidratos intramuscular, oxidação de lipídeos e biogênese mitocondrial. Estas adaptações foram similares ao treinamento aeróbio submáximo com 40 - 60 min. de duração. Esses resultados se tornam muito interessantes devido ao fato que o volume do grupo que realizou o TIsup foi aproximadamente 90 % menor que o grupo do treinamento aeróbio (~ 225 vs. ~ 2250 kj.semana⁻¹) resultando em um tempo total acumulado de aproximadamente 1,5 vs. 4,5 h. semana⁻¹. Previamente a este estudo os autores utilizaram este mesmo programa de treino durante um período mais curto (14 dias) e verificaram ganhos de performance em eventos curtos (~ 2 min.) e longos (~ 55 - 60 min.) mais uma vez em indivíduos não treinados²⁸. Coletivamente, estes resultados são atraentes no sentido que poucas e curtas sessões de TIsup no ciclismo estacionário são suficientes para promover ganhos de adaptações orgânicas e desempenho em sujeitos não treinados, de-

Tabela 3
 Estudos sobre efeitos do TIsup em ciclistas treinados

Referência	Repetições	Intensidade	Duração	Repouso	Semanas	Sessões de TIsup	Resultados
Stepto NK, et al. ¹⁵	12	175%	30 s	4.5 min	3	6	↑CR40km, ↑Tlim
Laursen PB, et al. ²²	12	175%	30 s	4.5 min	4	8	↑Pmax, ↑ CR40km
Creer AR, et al. ³⁰	4-10	all-out	30 s	4 min	4	8	↑RMS, ↓MF, ↑VO ₂ max, ↑PP, ↑PM ↑[La]
Laursen PB, et al. ²³	12	175%	30 s	4.5 min	4	8	Pmax, CR40km, LV, CAN
Paton C e Hopkins WG ³¹	3 x 5 + treinamento de força	all-out	30 s	30 s	4-5	12	↑Pmax, ↑PM1km, ↑PM4km, ↑[La], ↑ Economia
Lunn WR, et al. ³²	2-10	all-out	20 s	3 min	10	20	↑PP, ↑PM, ↑PP.kg ⁻¹ , ↑PM.kg ⁻¹

Pmax: potência aeróbia máxima; Tlim: tempo de exaustão; RMS: raiz quadrada da média; MF: mediana da frequência; CR: contra-relógio; LV: limiar ventilatório; CAN: capacidade de trabalho anaeróbio; [La] curva lactato-potência; PP: pico de potência; PM: potência média; VO₂max: consumo máximo de oxigênio; % Percentagem em relação a Pmax; TIsup: treinamento intervalado supra-máximo; ↑: melhora significativa; ↓: diminuição significativa

monstrando que esses ganhos não seriam restritos apenas ao treinamento contínuo aeróbio de longa duração e baixa intensidade²⁹.

Conforme observado na tabela 3, novamente poucos estudos foram encontrados sobre os efeitos do TIsup em ciclistas treinados. Stepto et al¹⁵ verificaram que os ciclistas aumentaram substancialmente o desempenho de curta (Tlim: ~ 5 %) e longa duração (CR40km: ~ 2 %) após 3 semanas de TIsup, no entanto, não foram encontrados aumentos na Pmax. O treinamento foi composto por 12 esforços de 30 s a 175 % Pmax separados por 4,5 min. de recuperação. Laursen et al²² utilizaram o mesmo modelo de treinamento do estudo de Stepto et al¹⁵ em ciclistas treinados, no entanto, ajustaram a carga de treinamento na metade do programa e aumentaram o volume de treino em uma semana. Os autores encontraram que após o período do treinamento os indicadores de potência aeróbia aumentaram significativamente (Pmax: 3 % e VO₂pico: 3 %), assim como o desempenho no CR40km (4,3 %). Além disso, em outro estudo mais recente utilizando o mesmo modelo de treinamento²³, os autores encontraram aumentos no LV1 (17 %), LV2 (9 %) e CAn (75 %). Neste estudo, Laursen et al²³ acrescentam que após o TIsup os ciclistas não apresentaram alterações no volume plasmático, hematócrito e hemoglobina. Normalmente essas variáveis são utilizadas como indicadores de adaptações relacionadas a oferta de oxigênio durante o exercício, neste caso parece que os aumentos no desempenho no contra-relógio de curta e longa duração estão associados principalmente à adaptações periféricas. Ao analisarmos coletivamente os resultados destes estudos, percebemos que existem indicativos que o TIsup pode aumentar a potência e capacidade aeróbia, capacidade anaeróbia e a performance de curta e longa duração em ciclistas já treinados.

As adaptações metabólicas e neurais foram investigadas após a utilização do TIsup em ciclistas treinados³⁰. Neste estudo, os ciclistas realizaram 2 sessões de TIsup ao longo de 4 semanas. Os estímulos foram progressivos ao longo do treinamento sendo realizados de 4 a 10 *sprints* de 30 s. por sessão, em intensidade *all-out* e com intervalo de recuperação de 4 min. Interessantemente este foi o único estudo encontrado que analisou as alterações neuromusculares em ciclistas treinados após treinamento. Os resultados indicam que houve aumento significativo da atividade eletromiográfica após a treinamento. Além disso, os ciclistas realizaram sucessivos *sprints* de 30 s. e foram encontrados aumentos significativos na média das concentrações plasmáticas de lactato ($18,2 \pm 2,4$ e $19,4 \pm 3,1$ mmol.l⁻¹), pico de potência (PP) (6 %) e potência média (PM) (6 %). Em adição, houve aumento significativo no VO₂max ($4,0 \pm 0,4$ e $4,2 \pm 0,4$ l.min⁻¹) após teste incremental, no entanto, sem alterações nos limiares ventilatórios após o treinamento. Sendo assim, percebe-se que após 4 semanas de TIsup em ciclistas já treinados, são suficientes para promover alterações no padrão neuromuscular e indicadores de potência aeróbia e anaeróbia³⁰.

Paton e Hopkins³¹ incorporaram 8 sessões de treinamento de força explosiva combinado com TIsup no programa de treinamento semanal de ciclistas para verificar os efeitos nas respostas fisiológicas e o desempenho dos atletas. Basicamente o treinamento era combinado com 3 séries de 20 saltos unilaterais (utilizando uma caixa de 40 cm de altura) combinados com 5 *sprints* máximos de 30 s. com pausa passiva de 30 s. Os autores encontraram melhora significativa na Pmax (7 %), na potência média no CR de 1 km (9 %), na potência média no CR de 4 km (8 %), no perfil da curva potência-lactato (6 %), e na economia de pedalada (3 %). Os aumentos na Pmax e nas medidas de desempenho de curta duração são significativamente superiores aos observados nos estudos anteriores sobre os efeitos do TIsup em ciclistas treinados. Além disso, este foi o

primeiro estudo que verificou ganhos na economia em ciclistas treinados após TIsup visto que o estudo de Hopker et al.¹⁸ foi publicado anos depois. No entanto, devido a natureza do programa de treinamento e do desenho experimental, não fica claro se os aumentos verificados são provenientes do TIsup, do treinamento de força ou da combinação dos métodos.

Em estudo recente, Lunn et al.³² investigaram os efeitos do TIsup e da redução do peso corporal nas variáveis anaeróbias em ciclistas experientes. O grupo de ciclistas realizou o TIsup em uma frequência de 2 sessões por semana durante um período de 10 semanas. Os estímulos tinham a duração de 20 s. realizados em intensidade *all-out* com intervalo de descanso de 3 min. Diferentemente dos outros estudos, os estímulos foram progressivamente aumentados sendo que a primeira semana foram apenas 2 *sprints* por sessão e na última 10 *sprints* em cada sessão. Os resultados indicam que após o TIsup os participantes aumentaram significativamente o PP (10,7 %) e a PM (9,1 %) e também em valores relativos à massa corporal (10,2 %; 6,2 %)³².

Assim, os efeitos do TIsup nos índices fisiológicos e no desempenho de ciclistas treinados ainda apresentam alguns resultados que necessitam de maiores investigações. Dentre os estudos investigados existe a carência de grupo experimental controle, ampliação do número de sujeitos e controle do treinamento paralelo que esta sendo realizado pelos atletas. De forma geral, os estudos até o presente momento indicam que poucas semanas de treinamento intervalado realizado em intensidade acima do VO₂max e com intervalo de pausas longos, promovem alterações na performance de curta e longa duração, Pmax, limiares ventilatórios, indicadores anaeróbios e alterações no recrutamento de unidades motoras em ciclistas já treinados.

Em conclusão, na tentativa de aperfeiçoar a preparação física para o esporte de alto rendimento, atletas e treinadores, procuram discriminar as variáveis mais importantes para determinação das cargas de treinamento e sua associação com o desempenho esportivo. Apesar da evolução no ciclismo competitivo, ainda existe uma lacuna relativa sobre a influência de diferentes modelos de treinamento nas adaptações fisiológicas e no desempenho destes atletas. Compreender o treinamento pode colaborar para a determinação de referências a serem alcançadas pelos atletas e/ou elaboração de objetivos realistas em médio/longo prazo, de acordo com os modelos do treinamento desportivo contemporâneo.

Assim, dentre os diferentes modelos de TI apresentados, percebe-se que todos os métodos demonstram resultados significativos em ganhos nos índices fisiológicos e no desempenho de curta e longa duração em ciclistas já treinados. Sendo assim, o TI nas suas três classificações aqui apresentadas, realizado entre 6 - 8 sessões de treino ao longo de 4 - 6 semanas consecutivas, é um método de treinamento esportivo específico que promove aumento das variáveis fisiológicas e metabólicas, bem como o desempenho em ciclistas já treinados.

Conflito de interesses

Os autores declaram que no tienen ningún conflito de intereses.

RESUMO

Objetivo. O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos de diferentes métodos de treinamento intervalado (TI) nos parâmetros fisiológicos e no desempenho de ciclistas competitivos.

Método. A classificação dos métodos de TI foram: a) sub-máximo (TIsup), b) máximo (TI_{max}) e c) supra-máximo (TIsup). A estratégia de busca incluiu os

seguintes termos: treinamento intervalado, treinamento intervalado em ciclistas, treinamento intervalado de alta intensidade, treinamento intervalado de alta intensidade em ciclistas e sprint. Foram consultadas as seguintes bases de dados: PubMed, Google Scholar e SPORTDiscus. Para isso, foi realizada uma pesquisa entre julho de 2011 e fevereiro de 2012.

Resultados. Dentre as diferentes metodologias de TI em ciclistas competitivos, todos os métodos foram suficientes para demonstrar melhorias na potência aeróbica máxima (Pmax), consumo máximo de oxigênio (VO2max), limiares fisiológicos, tempo de exaustão (Tlim) e contra-relógio de 40 km no ciclismo (CR40km) em ciclistas competitivos.

Conclusão. Portanto, os três métodos de TI demonstraram que são necessárias de 6-8 sessões de treino durante um período de 4-6 semanas para se obter ganhos nas variáveis fisiológicas e na performance em ciclistas competitivos.

Palavras-chave:

Treinamento intervalado.
Treinamento.
Desempenho.

Referências

1. Borresen J, Lambert MI. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med.* 2009;39(9):779-95.
2. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol.* 1984;56(4):831-8.
3. Hawley JA, Stepto N. Adaptations to training in endurance cyclists: implications for performance. *Sports Med.* 2001;31(7):511-20.
4. Jones AM, Carter HC. The effects of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000;29(6):373-86.
5. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training optimizing training programs and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32(1):53-73.
6. Kubukeli ZN, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Med.* 2002;32(8):489-509.
7. Laursen PB. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(S2):1-10.
8. Billat VL. Interval training for performance: a scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31(1):13-31.
9. Billat VL. Interval training for performance: a scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31(2):75-90.
10. Paton C, Hopkins WG. Effects of high-intensity training on performance and physiology of endurance athletes. *Sportscience.* 2004;8:25-40.
11. Lindsay FH, Hawley JA, Myburgh KH, Schomer HH, Noakes TD, Dennis SC. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(11):1427-34.
12. Hawley JA, Myburgh KH, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. *J Sports Sci.* 1997;15(3):325-33.
13. Westgarth-Taylor C, Hawley JA, Rickard S, Myburgh KH, Noakes TD, Dennis SC. Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 1997;75(4):298-304.
14. Weston AR, Myburgh KH, Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD, Hawley JA. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 1997;75(1):7-13.
15. Stepto NK, Hawley JA, Dennis SC, Hopkins WG. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(5):736-41.
16. Swart J, Lamberts RP, Derman W, Lambert MI. Effects of high-intensity training by heart rate or power in well-trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 2009;23(2):619-25.
17. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol.* 1993;75(2):712-9.
18. Hopker J, Coleman D, Passfield L, Wiles J. The effect of training volume and intensity on competitive cyclists' efficiency. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010;35(1):17-22.
19. Sunde A, Storen O, Bjerkaas M, Larsen MH, Hoff J, Helgerud J. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res.* 2010;24(8):2157-6.
20. Santalla A, Naranjo J, Terrados N. Muscle efficiency improves over time in world-class cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(5):1096-101.
21. Laursen PB, Blanchard MA, Jenkins DG. Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly trained males. *Can J Appl Physiol.* 2002;27(4):336-48.
22. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(11):1801-7.
23. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 2005;19(3):527-33.
24. Gibala MJ, Little JP, Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol.* 2006;575(Pt 3):901-11.
25. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev.* 2008;36(2):58-63.
26. Jacobs I, Esbjornsson M, Sylven C, Holm I, Jansson E. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19(4):368-74.
27. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, MacDonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol.* 2008;586(1):151-60.
28. Gibala MJ, Little JP, Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol.* 2006;575(Pt 3):901-11.
29. Hawley JA. Specificity of training adaptation: time for a rethink? *J Physiol.* 2008;586(1):1-2.
30. Creer AR, Ricard MD, Conlee RK, Hoyt GL, Parcell AC. Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. *Int J Sports Med.* 2004;25(2):92-8.
31. Paton C, Hopkins WG. Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. *J Strength Cond Res.* 2005;19(4):826-30.
32. Lunn WR, Finn JA, Axtell, RS. Effects of sprint interval training and body weight reduction on power to weight ratio in experienced cyclists. *J Strength Cond Res.* 2009;23(4):1217-24.