

RESPOSTAS DO TREINAMENTO INTERVALADO AERÓBICO DE CORRIDA NA MELHORIA DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE OXIGÊNIO (VO_{2max}), COMPOSIÇÃO CORPORAL E ECONOMIA DE CORRIDA.

Matheus Cavalcante De Sá¹

Resumo: Diversos estudos procuram mensurar os efeitos do treinamento intervalado aeróbio de corrida (TI) na melhora da capacidade de absorção de oxigênio (VO_{2max}), correlacionando-os com melhorias na saúde (composição corporal) e no desempenho atlético (economia de corrida), uma vez que diversas variáveis podem influenciar a resposta ao treinamento, como intensidade, volume, duração e intervalo de recuperação. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi revisar sistematicamente a literatura, relacionando as principais variáveis da prescrição de TI e seus efeitos. Das evidências relatadas nesta revisão, pode-se concluir que o TI é estudado na literatura há vários anos, sem, contudo, haver um consenso quanto à prescrição de intensidade, volume e recuperação para os mais diferentes tipos de populações. Seus efeitos positivos no VO_{2max} , composição corporal e economia de corrida, entretanto, são consensuais na maioria dos estudos.

PALAVRAS-CHAVE: Treinamento intervalado, corrida, composição corporal, economia de corrida.

Abstract: Several studies attempt to measure the effects of running aerobic interval training (TI) in improving the capacity of oxygen uptake (VO_{2max}), correlating them with improvements in health (body composition) and athletic performance (running economy), since many variables can influence the response to training, such as intensity, volume, duration and recovery interval. In this sense, the objective of this study was to systematically review the literature relating the main variables in the prescription of TI and its effects. The evidence reported in this review, we can conclude that the TI is studied in the literature for several years, without, however, a consensus regarding the prescription of intensity, volume and recovery for many different types of populations. Its positive effects on VO_{2max} , body composition and running economy, however, are agreed in most studies.

KEYWORDS: Interval training, run, body composition, running economy.

Aceito em: 25/02/2011 - Revista de Educação Física 2012 Ago; 155:34-40. Rio de Janeiro - Brasil

INTRODUÇÃO

O termo treino pode ser definido como a participação sistemática e regular de exercícios para melhorar o desempenho esportivo. Esta melhora na performance, principalmente em esportes baseados em locomoção, é extremamente dependente da relação volume-intensidade presente em uma sessão de treino. Através de pesquisas científicas, procurou-se uma forma de achar, escolher e manipular a intensidade, duração do estímulo e períodos de descanso entre os estímulos de uma forma mais eficaz⁽¹⁾. Definiram, assim, um treino que intercalava períodos curtos e regulares de esforço, com períodos de recuperação dentro de uma mesma sessão de treino, e então chamaram este tipo de treino de Treinamento Intervalado (TI).

Segundo Billat⁽¹⁾, os pioneiros nas publicações de pesquisas sobre TI em jornais científicos foram Reindell e Roskamm, em 1959. Porém, o TI foi popularizado um pouco antes, no início dos anos 50, pelo campeão olímpico Emil Zatopek, vencedor das provas de

maratona, 10.000 e 5.000 metros em Helsinque. Desde então, corredores de média e longa distância passaram a utilizar técnicas de treino a velocidades próximas de suas velocidades de competição, usando para tal, treinamentos com estímulos de alta intensidade e intervalos recuperadores, caracterizando os primeiros a, de fato, utilizar o TI como principal método para melhora do desempenho em corredores e conseqüente melhora na capacidade absorção máxima de oxigênio (VO_{2max})⁽²⁾.

Apesar do conceito de VO_{++} ter surgido no início do século XX, foi apenas nos anos 70 e 80 que o VO_{2max} começou a ser sistematicamente mensurado, juntamente limiar de lactato (LL), conceito concebido nos anos 60⁽³⁾. Fisiologistas do Leste da Alemanha da década de 80, como Alois Mader, determinaram a [Lac]-1 a 4 mmol de lactato por litro de sangue como sendo o LL, usando estágios de velocidade constante, com 05 minutos de duração⁽⁴⁾.

Estas mensurações ajudaram os estudiosos e técnicos na determinação da carga de treinamento, intervalo de descanso e intensidade relativa dos

treinos às velocidades associadas ao VO_{2max} (vVO_{2max}) e ao LL, trabalhando por vezes acima de $100\%VO_{2max}$, providenciando incrementos importantíssimos para o tipo específico de corrida a qual se queria trabalhar⁽⁵⁾.

Um recente artigo de revisão realizada por Silva⁽⁶⁾ trouxe informações sobre os objetivos a que se propôs grande parte das pesquisas envolvendo os TI. Em sua maioria, tais pesquisas foram realizadas em atletas, na busca de melhores performances⁽⁷⁾. Recentemente, alguns pesquisadores ultrapassaram as barreiras do esporte e vem buscando o efeito do TI em variáveis relacionadas à saúde, como na reabilitação cardiovascular⁽⁸⁾, melhora no sistema cardiopulmonar⁽⁹⁾ e adequação do perfil lipídico⁽¹⁰⁾.

Devido a toda esta gama de alcance que o TI proporciona, esta revisão tem por objetivo procurar referências na literatura existente, a fim de concatenar o efeito do TI na melhora da capacidade de absorção de oxigênio (VO_{2max}), correlacionando-os com melhorias na saúde (composição corporal) e no desempenho atlético (desenvolvendo uma melhor economia de corrida).

METODOLOGIA

Para esta revisão foi utilizado o modelo sistemático de pesquisa de base de dados Medline e Pubmed sem limites de data até dezembro de 2011. Para tanto, foram utilizados os termos aerobic interval training, body composition, running economy e recovery time, de forma isolada e combinada em citações no título, resumo ou no próprio texto.

REVISÃO DE LITERATURA

EXERCÍCIO INTERVALADO E CAPACIDADE AERÓBICA

VO_{2max} é, provavelmente, o mais importante fator de determinação de sucesso em esportes aeróbicos de endurance⁽¹¹⁾. Alguns pesquisadores⁽⁷⁾ que estudaram o exercício intervalado a fundo, o TI efetiva-se como uma maneira de aumentar o VO_{2max} em populações de atletas em quase todos os níveis. Makrides et al.⁽⁹⁾ procuraram, no entanto, tais resultados em populações de não atletas, utilizando-se do TI como maneira de melhorar a aptidão física, obtendo resultados semelhantes.

Um estudo conduzido por Helgerud et al.⁽¹²⁾ comparou os

efeitos dos treinos de endurance aeróbico, a diferentes intensidades e diferentes métodos combinados, para uma mesma frequência e trabalho total. Neste estudo, quarenta homens saudáveis, não fumantes, estudantes universitários, foram selecionados e submetidos a diferentes sessões de treino: Grupo 1: corrida contínua a 70% da frequência cardíaca máxima (FCmax) por 45 min; Grupo 2: corrida contínua a 85% FCMax por 24.25 min.; Grupo 3: TI de 47 repetições de 15 seg de estímulo a 90-95% FCmax por 15 seg de recuperação a 70% FCMax; Grupo 4: TI de 4 estímulos de 4 min a 90-95% FCMax, com 03 min de descanso a 70% FCMax. Como resultado, os TI promoveram um aumento de 5.5% e 7.3% (grupos 3 e 4, respectivamente) na VO_{2max} comparado aos grupos 1 e 2, que não se diferenciaram entre si.

A busca pela intensidade ideal do esforço, da recuperação, o modo em que a recuperação deve ser executada, o tempo máximo que se pode conseguir manter uma velocidade que fornecesse uma melhora efetiva nas condições de VO_{2max} , são apenas exemplos das variáveis que sempre foram palco de estudo nas pesquisas mundo a fora⁽¹³⁻¹⁶⁾.

Contudo, a melhora na VO_{2max} parece depender muito do nível de condicionamento físico. Em um estudo recente, conduzido em pacientes com doenças coronarianas, uma intervenção de 03 estímulos de corrida longa e lenta, a 70% FCMax, por 10 semanas, mostrou uma melhora de 7% na VO_{2max} , enquanto uma intervenção de TI de 4 X 4 min, a 90-95% FCMax, também por 10 semanas e 03 vezes por semana, mostrou uma melhora de 17.9% na VO_{2max} ⁽¹⁷⁾.

Um estudo conduzido por pesquisadores brasileiros⁽¹⁸⁾, promoveu um TI a 95% e 100% da vVO_{2max} para mostrar os efeitos nos índices fisiológicos aeróbicos e no desempenho de corrida. Dezesete homens bem treinados participaram do experimento e foram divididos aleatoriamente nos grupos de 95% e 100% vVO_{2max} e submetidos, então, a 02 TI na semana por 04 semanas, além de seus treinos normais. Como resultado, o estudo chegou a conclusão que em atletas bem treinados, o TI parece não melhorar o índice de VO_{2max} . Estes resultados corroboram estudos anteriores da literatura que parecem ser consensuais na dificuldade em se melhorar a VO_{2max} em atletas bem treinados, que já possuem um nível de VO_{2max} relativamente alto⁽¹⁹⁻²⁰⁾.

Em outra pesquisa⁽²¹⁾, procurou-se manipular altas

intensidades em um TI e mensurar seus efeitos na VO_{2max} , na velocidade de corrida associada ao LL e o desempenho em uma prova de 3000m. Dezesete homens, moderadamente treinados, foram divididos em 03 grupos, sendo: Grupo 1: 08 X 60% do tempo máximo que se conseguisse manter na vVO_{2max} (Tmax), com taxa de esforço-recuperação de 1:1; Grupo 2: 12 X 30 seg a 130% v VO_{2max} , com 4.5 min de recuperação; e Grupo 3, o grupo de controle: 60 min a 75% v VO_{2max} . Os grupos 1 e 2 executaram duas sessões de TI, e o grupo 03, duas sessões de corrida contínua por semana, durante 10 semanas. Como resultado deste trabalho, chegou-se a dados interessantes: O Grupo 01, submetido a um TI mais intenso obteve uma melhora de 9.1% em seu índice de VO_{2max} anterior ao treino. O Grupo 02, um pouco menos intenso, obteve melhora de 6.2% na VO_{2max} , enquanto o grupo controle não apresentou melhorias significativas.

Já outro estudo feito por O'donovan et al.(22), procurou em uma intervenção de 24 semanas envolvendo homens sedentários, com idade entre 30 e 45 anos, estudar os efeitos do TI, dividindo os voluntários em 03 grupos: um grupo de controle, sem intervenção, um grupo de exercícios de alta intensidade, exercitando-se a 80% VO_{2max} e um grupo de intensidade moderada, exercitando-se a 60% VO_{2max} , sem mudanças na dieta ou no estilo de vida e com mesmo gasto energético nos exercícios. Inicialmente, as intervenções aconteceram uma vez por semana, passando a duas a partir da oitava semana. O grupo de média intensidade melhorou seus níveis de VO_{2max} de 30.97 ± 5.71 para 35.82 ± 6.28 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), enquanto o grupo de alta intensidade melhorou de 31.76 ± 5.99 para 38.90 ± 8.08 . O grupo de controle não apresentou mudanças significativas. Desta forma, o estudo concluiu que o exercício de alta intensidade foi mais efetivo do que o exercício de intensidade moderada para uma melhoria no sistema cardiorrespiratório de homens sedentários para um mesmo custo energético.

EXERCÍCIO INTERVALADO E COMPOSIÇÃO CORPORAL

Revisando-se a literatura existente em busca de indícios de melhora no perfil lipídico de praticantes de TI, encontramos uma resposta positiva quanto à redução da massa gorda nos praticantes de TI. Além disso, as pesquisas levam a crer que, embora o TI seja benéfico para atletas e pessoas fisicamente ativas, populações

com dificuldade de manter um exercício contínuo, devido, por exemplo, a uma aptidão física muito baixa ou doenças crônicas, tendem a aceitar o TI mais com maior facilidade em relação à corrida contínua^(23,24).

Uma pesquisa comparou 60 min de treino de baixa intensidade realizado a 50% VO_{2max} , a um TI com 15 sessões de exercícios praticados a 100% VO_{2max} por 02 min, com 02 min de intervalo, e estudou o gasto calórico nas 24 horas após as sessões de treino. Como resultado, encontrou um maior gasto energético pós-exercício no grupo de TI, resultando em uma maior perda de massa gorda⁽²⁵⁾.

O estudo de O'donovan et al.⁽²²⁾ citado anteriormente, também mensurou o percentual de gordura dos grupos submetidos a intervenção de treino no pré e pós treino, encontrando uma redução significativa na porcentagem de gordura corporal tanto no grupo de TI moderado, quanto no de TI de alta intensidade.

Outro estudo, realizado por pesquisadores da Universidade Federal do Paraná⁽²⁶⁾ se propôs a verificar os efeitos de duas intensidades de treino aeróbio sobre a composição corporal de meninos pré-púberes, utilizando-se uma mescla de treinamento de corrida intervalada e contínua a diferentes intensidades, por um período de 30 min por dia, 03 vezes por semana, durante 08 semanas. Fizeram parte do estudo 35 crianças do sexo masculino, subdivididos em 03 grupos: Grupo A: 12 meninos realizaram um treinamento a 50% da Frequência Cardíaca de Reserva (FCres); Grupo B: 12 meninos realizaram um treinamento a 70% da FCres; e Grupo C: Grupo de controle, mantendo suas atividades normais. O resultado revelou que para esta população específica, as intervenções não geraram diferenças significativas dentro dos grupos em relação à composição corporal, mas diminuíram o seu aumento se comparados ao grupo de controle.

Isso se deve, em parte, a elevação do tecido adiposo no período que antecede a puberdade⁽²⁷⁾. Contudo, essa elevação foi menor no grupo de treinamento mais intenso, concordando com estudos que apontam o TI como ferramenta para manutenção de índices de composição corporal saudáveis em crianças⁽²⁸⁾.

Já na área dos adolescentes, uma pesquisa⁽²⁹⁾ procurou mostrar a influência do treinamento aeróbico e anaeróbico na massa corporal de adolescentes obesos. Participaram do estudo 28 adolescentes entre 15 e 19 anos, que apresentavam obesidade grave. Foram

divididos em três grupos: Grupo 01, de TI de 12 X 30 seg, com recuperação de 03 min; Grupo 02: treinamento contínuo no limiar ventilatório por 50 min; e Grupo 03: grupo controle, sem atividade física. A intervenção durou 12 semanas e foram realizadas 03 sessões por semana. Como resultado, os grupos 01 e 02 apresentaram diferença significativa em relação ao período pré-treino (redução de $11.3 \pm 6.5\%$ e $10.4 \pm 6.4\%$, respectivamente) e em relação ao grupo 03.

Alguns estudos também procuraram relacionar o TI ao aumento da oxidação de lipídios em mulheres. Um deles⁽³⁰⁾ experimentou uma intervenção de 02 semanas de TI de alta intensidade e mensurou a capacidade de oxidação de gordura durante o exercício. Foram realizadas 07 sessões de treino e participaram do estudo 08 mulheres jovens. As sessões de treino consistiam em 10 X 4 min a 90 % do vVO_2 de pico (VO_{2pico}) com 02 min de descanso entre os estímulos. Ao final do experimento, chegou-se a conclusão que a oxidação lipídica foi, em média, aumentada em 36%, após as sessões de TI.

Exposto tudo isso, compreende-se que o TI de alta intensidade sugere uma melhora mais eficiente nos níveis de VO_{2max} , num período de tempo mais curto, incrementando a capacidade aeróbica do praticante deste tipo de treino.

EXERCÍCIO INTERVALADO E ECONOMIA DE CORRIDA

Uma das consequências do TI é a melhora na eficiência de corrida. Essa melhor eficiência reflete-se em economia de energia durante a realização da marcha de corrida. Assim sendo, entende-se por economia de corrida (CR) como o custo de oxigênio (VO_2) para uma determinada intensidade absoluta de exercício⁽³¹⁾. Alguns autores demonstraram as variações individuais no custo de oxigênio bruto da atividade em uma velocidade padrão de execução⁽³²⁻³⁴⁾.

Inúmeros fatores fisiológicos e biomecânicos parecem influenciar na CR em atletas bem treinados ou corredores de elite. Isso inclui adaptações metabólicas dentro do músculo, tal como o aumento das mitocôndrias e das enzimas oxidativas, a habilidade dos músculos de guardar e gastar energia elástica pela melhora da rigidez muscular, e pela mecânica mais eficiente que conduz a um menor desperdício de energia nas forças de frenagem e de oscilação vertical excessiva⁽³⁵⁾. As mudanças na CR

com o treinamento têm sido atribuídas a modificações no padrão de recrutamento motor, diminuição da FC e ventilação pulmonar (VE) durante o exercício⁽³⁶⁾.

Amostras de atletas de endurance foram analisadas com o objetivo de se medir os efeitos de dois diferentes programas de treinamento de alta intensidade na CR⁽³⁷⁾. Participaram do estudo 17 corredores bem treinados nas provas de fundo do atletismo. Os atletas foram divididos aleatoriamente em dois grupos: um grupo treinando a 95% vVO_{2max} e outro a 100% vVO_{2max} . Durante 04 semanas, os atletas realizaram o mesmo treino base, diferenciando-se apenas em 02 intervenções de intervalado por semana nas intensidades já mencionadas. A duração dos estímulos variou de atleta para atleta, pois se utilizou porcentagem do T_{max} para a duração, contudo, a metragem foi a mesma para todos. Como resultado, e de acordo com literatura já existente⁽¹⁹⁾, a inclusão de 02 semanas de TI de alta intensidade melhorou a CR em atletas treinados durante um período de tempo relativamente curto. Entretanto, essas melhoras parecem depender de intensidades mais fortes.

Seiler & Sjursen⁽³⁸⁾ realizaram um estudo onde procuram observar os efeitos da duração do estímulo nas respostas fisiológicas durante um TI, que consistiu em 04 diferentes tipos de TI. Doze corredores bem treinados, homens e mulheres, participaram da pesquisa. Ao final das intervenções, houve melhora na CR para todos os indivíduos.

Parece, enfim, que a CR está ligada a diversos fatores fisiológicos e motores, mas o volume e a intensidade do exercício parecem ter participação importante em sua melhora.

PROPORÇÃO ENTRE ESFORÇO E RECUPERAÇÃO NO TREINAMENTO INTERVALADO

A proporção entre estímulo-recuperação é apresentada por Billat⁽¹⁾ como uma das formas de se mensurar a intensidade e o volume do TI. Em sua revisão, diversas vezes tentou-se procurar uma proporção ideal para cada tipo específico de performance atlética. O autor conclui, ainda, que a recuperação em movimento no TI tem vários benefícios se comparado à recuperação estática, pois, além de atingir e manter o consumo de O_2 , estimula a remoção dos íons de hidrogênio ($[H^+]$).

Segundo Seiler & Heltelid⁽³⁹⁾, fisiologicamente,

diminuindo-se rapidamente o impacto da recuperação intermitente com duração crescente, o entendimento atual dos eventos celulares no trabalho muscular imediato segue o encerramento do exercício. Três aspectos-chaves da recuperação muscular intracelular aguda, no exercício intenso, são: a reposição de fosfocreatina (PCr), a remoção de $[H^+]$ e a restituição do gradiente de potássio transmembranoso. A recuperação da PCr é bem rápida durante o primeiro minuto logo após o fim do exercício^(40,41), embora a concentração intracelular de potássio gradualmente decline durante a sessão de TI⁽⁴²⁾. Em contraste, o tempo médio de recuperação do pH intracelular é mais longo, geralmente reportado de 5 a 15 min⁽⁴³⁻⁴⁵⁾.

Devido a tais fatores, as proporções entre estímulo-recuperação em TI de alta intensidade e curta duração e suas repostas fisiológicas, associadas ao índice de VO_{2max} , foram estudadas por diversos pesquisadores. No experimento de Rozenek et al.⁽⁴⁶⁾, doze homens, saudáveis, fisicamente ativos, membros de um clube de luta, que já treinavam corrida como parte do programa de treinamento, porém o TI não fazia parte do regime regular de treino, foram submetidos a uma intervenção de 03 exercícios intervalados, consistindo em uma sessão de 15 seg. de estímulo a 100% vVO_{2max} com 15 seg. de recuperação a 50% vVO_{2max} ; outra sessão de 30 seg. de estímulo a 100% vVO_{2max} com 15 seg. de recuperação a 50% vVO_{2max} ; e por fim uma sessão de 60 seg de estímulo a 100% vVO_{2max} com 15 seg. de recuperação a 50% vVO_{2max} , representando-se assim uma proporção estímulo-recuperação de 1/1, 2/1 e 4/1, respectivamente. O número de estímulos foi proporcional, de forma a todas as sessões cobrirem uma distância média de 2.400 m. Como resultado ao experimento, Rozenek et al.⁽⁴⁶⁾ encontraram dificuldades em cumprir os objetivos no estímulo de 4/1, ressaltando que em TI de curta duração e alta intensidade nesta proporção parece ser muito forte, principalmente em uma fase inicial de TI. O estímulo de 2/1, em um treino de alta intensidade e curta duração pareceu oferecer melhores resultados entre todas as proporções estímulo-recuperação apresentadas neste estudo, mostrando uma melhora no uso dos sistemas energéticos, tanto aeróbico como anaeróbico, além de um aumento na tolerância ao lactato.

A pesquisa de Seiler & Hetlelid⁽³⁹⁾ teve por objetivo investigar os efeitos da duração do intervalo de recuperação na intensidade dos estímulos durante

um TI. Uma amostra de 09 homens corredores, bem treinados, foi utilizada. Foram executados 06 X 04 min na máxima intensidade possível por cada sujeito, e manipulado o intervalo de recuperação em 01, 02 e 04 min. Como resultado, obteve-se melhoras contundentes, nos diversos aspectos avaliados no trabalho, de forma mais efetiva quando a recuperação durou por volta de 02 min, mostrando que para essa população, uma proporção de 2/1 entre esforço-recuperação foi melhor. Franch et al.⁽⁴⁷⁾ estudaram corredores moderadamente treinados por seis semanas. Foram desenvolvidos treinamentos com três tipos de corrida: corrida contínua a 90% VO_{2max} , TI longo, 4min de esforço, para 02 min de recuperação, numa proporção de 2/1 e TI curto (15 seg de esforço por 15 seg de recuperação, numa proporção de 1:1). Os TI foram executados sempre acima do VO_{2max} . A pesquisa revelou melhores resultados no TI longo, principalmente em relação a melhora do VO_{2max} , com uma melhora de 6.0%.

Um estudo conduzido por Millet et al.⁽⁴⁸⁾ estudou oito triatletas bem treinados que se exercitaram a 100% e 50% VO_{2max} , e aplicaram 03 intervenções distintas: 30 seg de esforço por 30 seg de recuperação (1:1), 60 seg de esforço por 30 seg de recuperação (2:1) e durante metade do T_{max} . Os resultados mostraram que as mesmas sessões de corrida, com o mesmo tempo total, mas com diferentes intervalos de recuperação, levam a respostas diferentes no VO_{2max} e na FC. O exercício onde a recuperação foi pequena gerou respostas abaixo do que as outras duas intervenções.

Das argumentações utilizadas nessa revisão, leva-se a crer que o tempo do intervalo é, talvez, mais importante que a sua proporção ao esforço.

DISCUSSÃO

Em repouso pré-exercício, a FC, a PAS, a PAD e o DP não diferiram entre as duas sessões de treino (Tabela 2). Esses achados sugerem que os voluntários encontravam-se em condições hemodinâmicas semelhantes em ambos os dias, bem como que o intervalo entre as duas sessões foi suficiente para que os efeitos agudos da primeira não interferissem sobre as variáveis cardiovasculares da segunda.

O protocolo tensional, o qual foi desempenhado com maiores cargas, menor número de repetições e

CONCLUSÃO

Das evidências relatadas nesta revisão, pode-se concluir que o TI aeróbico é estudado na literatura há vários anos, sem, contudo, haver um consenso quanto à prescrição de intensidade, volume e recuperação para os mais diferentes tipos de populações.

O que parece ser consensual nas evidências reportadas são as respostas positivas do TI na capacidade aeróbica, com o aumento expressivo do VO₂max em praticantes do TI, na composição corporal, com uma melhora do perfil lipídico e consequente perda de massa gorda e aumento da massa magra, e na economia de corrida, providenciando um melhor recrutamento motor e resultando em uma forma mais eficiente de corrida.

Alguns cuidados são sugeridos através das pesquisas no que se diz respeito ao tempo e forma que o intervalo entre os estímulos é executado. Tais cuidados visam transformar o TI em um treino mais saudável e agradável de ser executado, para que os objetivos, sejam para uma melhor performance ou para uma melhor saúde, possam ser atingidos ao final do programa de treinamento.

BIBLIOGRAFIA

- 1 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.
- 2 Reindell H, Roskamm H. Ein Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des Interval training unter besonderer Berücksichtigung des Kreilaufes. *Schweiz Z Sportmed.* 1959;7:1-8.
- 3 Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients during Exercise. *Am J Cardiol.* 1964;14:844-852.
- 4 Billat VL. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Med.* 1996 Sep;22⁽⁹⁾:157-175.
- 5 Essen B. Glycogen depletion of different fibre types in human skeletal muscle during intermittent and continuous exercise. *Acta Physiol Scand.* 1978;103⁽⁴⁾:446-455.
- 6 Silva AS. Efeito do exercício intervalado na capacidade aeróbica, composição corporal e na população obesa: uma revisão baseada em evidências. *Motriz.* 2010;16⁽²⁾:468-476
- 7 Billat VL, Slawinski J, Bocquet V, Demarle A, Lafitte L, Chassaing P, Koralsztein JP. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol.* 2000 Feb;81⁽³⁾:188-196.
- 8 Georgiou D, Chen Y, Appadoo S, Belardinelli R, Greene R, Parides MK, Glied S. Cost-effectiveness analysis of long-term moderate exercise training in chronic heart failure. *Am J Cardiol.* 2001;87⁽⁹⁾:984-988; A984.
- 9 Makrides L, Heigenhauser GJ, Jones NL. High-intensity endurance training in 20- to 30- and 60- to 70-yr-old healthy men. *J Appl Physiol.* 1990 Nov;69⁽⁶⁾:1792-1798.
- 10 Tjonna AE, Stolen TO, Bye A, Volden M, Slordahl SA, Odegard R, Skogvoll E, Wisloff U. Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. *Clin Sci (Lond).* 2009 Feb;116⁽⁴⁾:317-326.
- 11 Saltin B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol.* 1967 Sep;23⁽³⁾:353-358.
- 12 Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R, Hoff J. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39⁽⁴⁾:665-671.
- 13 Thevenet D, Leclair E, Tardieu-Berger M, Berthoin S, Regueme S, Prioux J. Influence of recovery intensity on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young, endurance-trained athletes. *J Sports Sci.* 2008 Oct;26⁽¹²⁾:1313-1321.
- 14 Thevenet D, Tardieu M, Zouhal H, Jacob C, Abderrahman BA, Prioux J. Influence of exercise intensity on time spent at high percentage of maximal oxygen uptake during an intermittent session in young endurance-trained athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2007 Dec;102⁽¹⁾:19-26.
- 15 Thevenet D, Tardieu-Berger M, Berthoin S, Prioux J. Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2007 Jan;99⁽²⁾:133-142.
- 16 Morton RH, Billat V. Maximal endurance time at VO₂max. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Aug;32⁽⁸⁾:1496-1504.
- 17 Rognmo O, Hetland E, Helgerud J, Hoff J, Slordahl SA. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004 Jun;11⁽³⁾:216-222.
- 18 Denadai BS, Ortiz MJ, Greco CC, de Mello MT. Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO₂ max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2006 Dec;31⁽⁶⁾:737-743.
- 19 Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein JP. Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc.* 1999 Jan;31⁽¹⁾:156-163.

- 20 Smith TP, Coombes JS, Geraghty DP. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O_2 uptake and the time for which this can be maintained. *Eur J Appl Physiol*. 2003 May;89(3-4):337-343.
- 21 Esfarjani F, Laursen PB. Manipulating high-intensity interval training: effects on VO_{2max} , the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport*. 2007 Feb;10(1):27-35.
- 22 O'Donovan G, Owen A, Bird SR, Kearney EM, Nevill AM, Jones DW, Woolf-May K. Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate- or high-intensity exercise of equal energy cost. *J Appl Physiol*. 2005 May;98(6):1619-1625.
- 23 Wen H, Gao Y, An JY. [Comparison of high-intensity and anaerobic threshold programs in rehabilitation for patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease]. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2008 Aug;31(8):571-576.
- 24 Hunter GR, Weinsier RL, Bamman MM, Larson DE. A role for high intensity exercise on energy balance and weight control. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998 Jun;22(6):489-493.
- 25 Treuth MS, Hunter GR, Williams M. Effects of exercise intensity on 24-h energy expenditure and substrate oxidation. *Med Sci Sports Exerc*. 1996 Sep;28(9):1138-1143.
- 26 Mascarenhas LPG, Stabelini Neto A, Vasconcelos IQAd, Smolarek AdC, Bozza R, Ulbrich AZ, Campos Wd. Efeitos de duas intensidades de treinamento aeróbio na composição corporal e na potência aeróbia e anaeróbia de meninos pré-púberes. *Rev Bras Educ Fís Esp*. 2008;22(1):81-89.
- 27 Malina RM, Bouchard C. *Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação*. São Paulo: Roca; 2002.
- 28 Johnson MS, Figueroa-Colon R, Herd SL, Fields DA, Sun M, Hunter GR, Goran MI. Aerobic fitness, not energy expenditure, influences subsequent increase in adiposity in black and white children. *Pediatrics*. 2000 Oct;106(4):E50.
- 29 Fernandez AC, Mello MT, Tufik S, Castro PM, Fisberg M. Influência do treinamento aeróbio e anaeróbio na massa de gordura de adolescentes obesos. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10(3):152-158.
- 30 Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol*. 2007 Apr;102(4):1439-1447.
- 31 Daniels JT. A physiologist's view of running economy. *Med Sci Sports Exerc*. 1985 Jun;17(1):332-338.
- 32 Bunc V, Heller J. Energy cost of running in similarly trained men and women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1989;59(3):178-183.
- 33 Helgerud J. Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994;68(2):155-161.
- 34 Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2001 Nov;33(11):1925-1931.
- 35 Pate RR, Kriska A. Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med*. 1984 Mar-Apr;1(12):87-98.
- 36 Denadai BS. Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações. Ribeirão Preto: BSD; 1999.
- 37 Ortiz MJ, Denadai BS, Stella S, Mello MT. Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em atletas de endurance. *Rev Bras Ci e Mov*. 2003;11(3):53-56.
- 38 Seiler S, Sjursen JE. Effect of work duration on physiological and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training. *Scand J Med Sci Sports*. 2004 Oct;14(6):318-325.
- 39 Seiler S, Hetlelid KJ. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Med Sci Sports Exerc*. 2005 Sep;37(9):1601-1607.
- 40 Harris RC, Edwards RH, Hultman E, Nordesjo LO, Nylin B, Sahlin K. The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflugers Arch*. 1976 Dec 28;367(2):137-142.
- 41 Taylor DJ, Bore PJ, Styles P, Gadian DG, Radda GK. Bioenergetics of intact human muscle. A ^{31}P nuclear magnetic resonance study. *Mol Biol Med*. 1983 Jul;1(1):77-94.
- 42 Verburg E, Hallen J, Sejersted OM, Vollestad NK. Loss of potassium from muscle during moderate exercise in humans: a result of insufficient activation of the Na^+K^+ -pump? *Acta Physiol Scand*. 1999 Apr;165(4):357-367.
- 43 Metzger JM, Fitts RH. Role of intracellular pH in muscle fatigue. *J Appl Physiol*. 1987 Apr;62(4):1392-1397.
- 44 Oosthuysen T, Carter RN. Plasma lactate decline during passive recovery from high-intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1999 May;31(6):670-674.
- 45 Pan JW, Hamm JR, Hetherington HP, Rothman DL, Shulman RG. Correlation of lactate and pH in human skeletal muscle after exercise by 1H NMR. *Magn Reson Med*. 1991 Jul;20(1):57-65.
- 46 Rozenek R, Funato K, Kubo J, Hoshikawa M, Matsuo A. Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO_{2max} . *J Strength Cond Res*. 2007;21(1):188-192.
- 47 Franch J, Madsen K, Djurhuus MS, Pedersen PK. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Med Sci Sports Exerc*. 1998 Aug;30(8):1250-1256.
- 48 Millet GP, Candau R, Fattori P, Bignet F, Varray A. VO_2 responses to different intermittent runs at velocity associated with VO_{2max} . *Can J Appl Physiol*. 2003 Jun;28(3):410-423.

1- Universidade Federal De São Paulo – São Paulo - SP
 Avenida São João, 566, Apto 144 – São Paulo – SP CEP
 01036-901
 Tel.: (11) 98430-0456
 mat_sa@msn.com