



TCC/Unicamp  
R277c  
1359 FEF/116



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**O TREINAMENTO INTERVALADO DE  
ALTA INTENSIDADE APLICADO AO  
CONTROLE DO PESO CORPORAL**

**JULIANA DEL SANTORO REIS**

CAMPINAS / 2003



JULIANA DEL SANTORO REIS

# **O TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE APLICADO AO CONTROLE DO PESO CORPORAL**

Monografia apresentada à Universidade Estadual de Campinas como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Educação Física, sob orientação da Prof<sup>ª</sup>.Dr<sup>ª</sup>.Roseli Golfetti.

CAMPINAS  
2003

JULIANA DEL SANTORO REIS

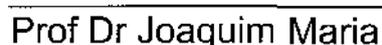
**O TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA  
INTENSIDADE APLICADO AO CONTROLE  
DO PESO CORPORAL**

DATA DE APROVAÇÃO:

Banca Examinadora:



Profª Drª Roseli Golfetti



Prof Dr Joaquim Maria  
Ferreira Antunes Neto

Aos meus avós, Arylce e Edésio,  
meus maiores exemplos de  
perseverança, honestidade e  
integridade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a meus pais, Flávio e Dulce, pelo amor, exemplo e, principalmente, pelo apoio e incentivo que me deram na primeira e talvez mais importante decisão de minha vida: a escolha pela Educação Física.

Agradeço às minhas irmãs, Sabrina e Fernanda, pela imensa paciência e por me ensinarem a crescer e a me tornar uma pessoa melhor a cada dia.

Agradeço ao Dr. Bruno pela amizade sincera e pela grande ajuda na realização deste trabalho.

Agradeço à turma de 2000 da FEF e às moradoras da República das Mais por terem compartilhado comigo esses quatro anos e por terem feito desses os melhores anos de minha vida.

Agradeço às grandes amigas Luciana e Michele pelas conversas, pelas baladas, pelas risadas, pelo grande carinho e confiança.

E, finalmente, agradeço a todos os professores e funcionário da FEF que fizeram parte da minha formação profissional e pessoal e, em especial, à prof<sup>a</sup> dr<sup>a</sup> Roseli Golfetti por ter orientado a realização do presente trabalho.

---

## RESUMO

O controle do peso corporal tem sido motivo de preocupação para órgãos de saúde, pesquisadores e a população em geral. Um dos meios de aumentar o gasto de energia do organismo e promover uma redução do peso corpóreo é através da atividade física. Apesar de haver um consenso acerca dos benefícios propiciados pela prática de atividade física regular na perda de peso e nas mudanças da composição corporal, diversos estudos apresentam relatos divergentes quanto a melhor duração, intensidade e método de treinamento nos quais a mesma deve ser realizada a fim de atingir tais objetivos.

Assim, o presente estudo teve como objetivo examinar, através de uma revisão bibliográfica, as evidências na literatura acerca do grau de eficiência do treinamento intervalado de alta intensidade no controle do peso corporal de indivíduos não-treinados que necessitam diminuir o percentual de gordura corporal.

---

## **ABSTRACT**

Weight control has been worrying health institutions, researchers and also people in general. One of the ways to increase total energy expenditure and promote weight control is the practice of physical activity. Even though the benefits of regular practice of physical activity in weight loss and changes in body composition are well known, there remains considerable controversy with regard to its ideal duration, intensity and method of training to achieve these goals.

Therefore, the present paper had the purpose to, through a bibliography review, examine the evidences exposed on literature about the impact of high intensity interval training on weight control of non-trained individuals who need to reduce their body fat percentage.

---

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
<b>I. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO BALANÇO ENERGÉTICO.....</b>	<b>12</b>
<b>II. A ATIVIDADE FÍSICA E O CONTROLE DO PESO CORPORAL .....</b>	<b>18</b>
1. INTENSIDADE DO EXERCÍCIO E COMBUSTÍVEL ENERGÉTICO .....	18
1.1 O NÍVEL DE TREINAMENTO E O SUBSTRATO ENERGÉTICO .....	22
2. INTENSIDADE DA ATIVIDADE FÍSICA E O GASTO CALÓRICO .....	23
<b>III. TREINAMENTO INTERVALADO.....</b>	<b>28</b>
1. ORIGEM E CONCEITUAÇÃO .....	28
2. METODOLOGIA E ASPECTOS FISIOLÓGICOS.....	33
<b>IV. O TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE.....</b>	<b>38</b>
1. ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS .....	38
2. O TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE E O CONTROLE DO PESO CORPORAL .....	43
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>47</b>

## INTRODUÇÃO

O controle do peso corporal tem sido motivo de preocupação para órgãos de saúde, pesquisadores e a população em geral. Alguns fatores contribuem para o aumento de peso dos indivíduos na atualidade. Dentre esses o desenvolvimento tecnológico, que conduz a um estilo de vida sedentário, e os hábitos alimentares muitas vezes inadequados, com dietas ricas em carboidratos e lipídeos. Somado a isso, à medida que o ser humano envelhece, seu peso corporal tende a aumentar devido a modificações que ocorrem no seu metabolismo orgânico.

O balanço energético resultante da energia ingerida e dispendida pelo organismo é responsável pela determinação do peso corporal do indivíduo. Um dos meios de aumentar o gasto de energia do organismo, conduzindo a um desequilíbrio no balanço energético e promover uma redução do peso corpóreo é através da atividade física. Sua intensidade, duração e tipo de modalidade influenciam diretamente na quantidade de calorias necessárias para sua execução.

O exercício prolongado de baixa intensidade, por promover uma maior utilização de lipídeos no mecanismo de produção de energia para sua realização, tem sido amplamente prescrito para pessoas que necessitam reduzir seu percentual de gordura corporal. De fato, dados fisiológicos comprovam que quanto mais intensa a atividade, menor é a contribuição dos lipídeos no fornecimento de energia para o cumprimento da mesma (ACHTEN; GLEESON; JEUKENDRUP, 2002). Entretanto, a maximização do dispêndio energético para a atividade mostra-se, para muitos autores, mais importante do que a maximização da solicitação de lipídeos como fonte de energia imediata para a

---

atividade quando o principal objetivo é o controle do peso corporal (GREDIAGIN, et al., 1995; HILLS; BYRNE, 1998).

Os principais fatores que determinam a demanda de energia utilizada na atividade física são sua duração e sua intensidade. Quanto mais elevadas a intensidade e a duração da atividade, maior será a demanda energética do organismo para sua realização e, conseqüentemente, maior a utilização das reservas de energia do organismo (GREDIAGIN, et al., 1995).

Alguns pesquisadores acreditam que a intensidade do exercício não interfere de forma significativa nas mudanças de composição e peso corporais decorrentes da prática regular de exercícios físicos (GREDIAGIN, et al., 1995). No entanto diversas pesquisas sobre o assunto têm mostrado que o exercício de alta intensidade, além de promover um maior dispêndio de energia para uma mesma duração em relação a exercícios de baixa intensidade, provoca adaptações fisiológicas responsáveis por aumentar os níveis de gasto calórico do organismo tanto durante o repouso quanto em atividade (HUNTER, et al., 1998).

Desta forma, o treinamento intervalado de alta intensidade, capaz de combinar longas durações com altos níveis de intensidade, além de induzir adaptações fisiológicas capazes de elevar os índices de dispêndio energético do organismo, tem sido amplamente estudado e avaliado com a finalidade de promover o controle do peso corporal de indivíduos não-treinados.

Assim, o presente estudo teve como objetivo examinar, através de uma revisão bibliográfica, as evidências na literatura acerca do grau de eficiência do treinamento intervalado de alta intensidade no controle do peso corporal de indivíduos não-treinados que necessitam diminuir o percentual de gordura corporal.

## **METODOLOGIA**

A metodologia de pesquisa adotada na realização deste trabalho foi a revisão bibliográfica. Para isso foi realizado um levantamento bibliográfico de publicações de maior relevância a respeito do tema estudado.

As fontes de busca utilizadas nesta pesquisa foram os sites internacionais de procura de artigos científicos Pubmed e Medline, além de sites de procura de teses e livros de bibliotecas locais. As palavras-chave empregadas para as buscas foram: interval training, weight control, high intensity exercise e high intensity interval training. A literatura selecionada compreendeu trabalhos que datam de 1971 a 2003.

Depois de selecionada a bibliografia, foi realizada a leitura do material, que seguiu as seguintes etapas: leitura de reconhecimento, leitura seletiva, leitura crítica e, enfim, leitura interpretativa.

Em seguida os dados foram selecionados e registrados sendo, em um próximo momento, interpretados através do seguinte procedimento: confronto das idéias de diferentes autores, atividade de reflexão, problematização de questões e, finalmente, conclusão a respeito da hipótese inicialmente proposta.

## **I. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO BALANÇO ENERGÉTICO**

A variação do peso corporal é determinada pelo balanço energético resultante da energia ingerida e despendida pelo organismo. Se a ingestão calórica é superior ao gasto calórico, haverá um aumento das reservas energéticas e, conseqüentemente, do peso corporal. Da mesma forma que se a ingestão de energia é inferior ao gasto energético, uma redução do peso corporal ocorrerá. Assim, para que o peso corporal seja mantido, a ingestão diária de calorias deve ser equivalente ao gasto energético corporal diário.

É através do processo alimentar que o organismo adquire energia para as funções da vida. Os nutrientes representados por carboidratos, lipídeos e proteínas fornecem a energia necessária para manter as funções do organismo em repouso e durante a atividade física. Os carboidratos apresentam como principal função o fornecimento de energia, particularmente durante a realização de exercícios. Além disso, funcionam como substrato energético para o sistema nervoso central, ativam o metabolismo dos lipídeos e preservam as proteínas teciduais (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998). Já a energia despendida pelo organismo em situação de repouso e durante atividade física de baixa intensidade provém essencialmente do metabolismo dos lipídeos. Em indivíduos bem nutridos durante o repouso 80 a 90% da demanda energética provém essencialmente dos lipídeos (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998). Já as proteínas desempenham um papel vital na manutenção, no reparo e no crescimento dos tecidos, e em grau substancialmente menor, podem funcionar como fonte alimentar de energia.

---

A ingestão de calorias é uma das variáveis do balanço energético, tendo grande participação no controle do peso corporal. Sua restrição é capaz de provocar um desequilíbrio negativo no balanço energético, promovendo uma redução das reservas energéticas do organismo. Porém, quando aplicada isoladamente com a finalidade de promover redução do peso corporal, a restrição de ingestão calórica resulta em adaptações metabólicas do organismo destinadas a preservar massa corpórea (BALLOR, et al., 1990).

Por outro lado, quando a ingestão de nutrientes excede a necessidade energética do organismo, ocorre uma elevação nas reservas de gordura corporal, predominantemente representadas pelos triglicerídeos, que estão estocados principalmente no tecido adiposo (~ 17.500mmol em um homem adulto, magro), músculo esquelético (~ 300mmol) e plasma (~ 0,5mmol). Inicialmente acontece um aumento na síntese de ácidos graxos a partir de suas moléculas precursoras Acetil-Coa (CURI, et. al., 2003). Em seguida esses ácidos graxos combinam-se com moléculas de glicerol e passam a constituir os triglicerídeos.

Existem três fatores que determinam o consumo de energia humana: a taxa metabólica de repouso ou o metabolismo basal, o efeito termogênico do alimento consumido e a energia despendida durante a atividade física e sua recuperação.

A taxa metabólica de repouso, ou a energia necessária para a manutenção de funções vitais do organismo no estado de vigília, é influenciada principalmente pelos seguintes fatores: tamanho corpóreo, composição corpórea, idade, sexo e estado hormonal (MAHAN; ARLIN, 1995). Dentre esses a composição corporal do organismo do indivíduo desempenha papel fundamental. Quanto maior a quantidade de massa muscular, maior será a taxa metabólica de repouso. Isso se explica devido ao fato de o

---

tecido muscular ser metabolicamente mais ativo que o tecido adiposo. Em pessoas saudáveis, o metabolismo basal representa aproximadamente 60 a 75% do dispêndio energético diário total (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998), e, após os vinte anos de idade, sofre uma queda de 2 e 3 % a cada década em mulheres e homens, respectivamente (POWERS; HOWLEY, 1994).

O segundo fator determinante do consumo de energia humana é desempenhado pelo efeito termogênico dos alimentos consumidos, que representa de 10% a 15% do dispêndio energético diário total, e é composto pela termogênese obrigatória e pela termogênese facultativa. A primeira resulta da necessidade de energia para os processos de digestão, absorção e assimilação dos nutrientes alimentares. Já a segunda relaciona-se com a ativação do sistema nervoso simpático e seu efeito estimulante sobre o organismo (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998). A composição da dieta influencia diretamente o efeito termogênico dos alimentos consumidos devido ao fato de carboidratos e proteínas necessitarem de um maior dispêndio energético para serem metabolizados pelo organismo do que os lipídeos (MAHAN; ARLIN, 1995).

A atividade física constitui o terceiro fator do balanço energético, sendo o que apresenta o maior nível de variabilidade quanto ao consumo de energia, tanto durante sua realização quanto durante o repouso, podendo representar de 5 a 30% do dispêndio energético diário total (CALLES-ESCANDON; NORTON, 1992; POEHLMAN, 1989). A energia despendida para a atividade física e sua recuperação depende essencialmente das características da atividade, tais como: intensidade, modalidade e duração, bem como do peso corporal e do nível de condicionamento do indivíduo (HILL, et al., 1995).

---

Assim, a atividade física pode provocar um desequilíbrio no balanço energético do organismo, caracterizando uma situação de dispêndio de energia corporal superior a ingestão calórica.

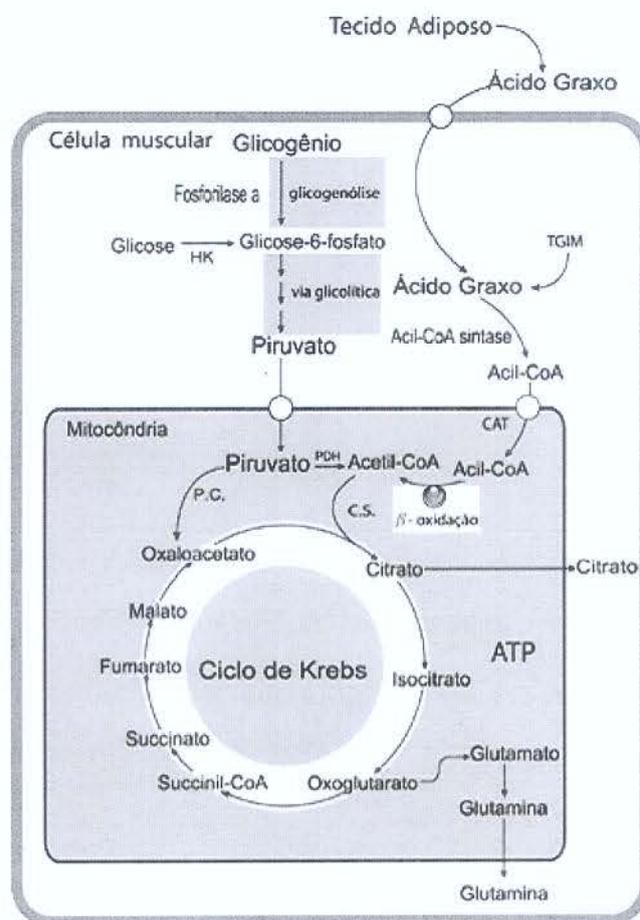
Em indivíduos bem nutridos o balanço energético negativo induz a um aumento na degradação de triglicerídeos do tecido adiposo, que ao serem hidrolisados resultam em ácidos graxos e glicerol. O metabolismo das células do tecido adiposo é controlado por hormônios e pelo sistema nervoso. De um lado, a insulina inibe a lipólise e estimula o processo de lipogênese e esterificação. Por outro lado, a mobilização dos ácidos graxos é estimulada pela ação da adrenalina, noradrenalina, cortisol e hormônio do crescimento (GH) (CURI, et. al., 2003).

Após serem hidrolisados os ácidos graxos são lançados para a corrente circulatória, ligam-se à albumina plasmática e são levados aos tecidos consumidores. As moléculas de glicerol são transportadas pela corrente sanguínea para o fígado, onde são metabolizadas (FERREIRA, 1988).

No sarcoplasma, os ácidos graxos precisam atravessar uma barreira, representada pelas membranas externa e interna da mitocôndria, a fim de serem oxidados. Ainda no citossol, os ácidos graxos são ativados, recebendo uma coenzima A (CoA) e tornando-se acil-CoA numa reação catalisada pela enzima acil-CoA sintetase. O acil-CoA atravessa as membranas mitocondriais por meio de um processo dependente de carnitina e das enzimas carnitina acil transferase I (CAT I), localizada na membrana externa, carnitina acil transferase II (CAT II), localizada na membrana interna e carnitina-acilcarnitina translocase, que atua entre as duas (CURI, et. al., 2003).

Posteriormente acontece a entrada da molécula de acil-CoA no processo de  $\beta$ -oxidação, que consiste na remoção sucessiva de pares de carbonos e formação de um

certo número de moléculas de acetil-CoA proporcional ao de carbonos do ácido graxo original. Durante a  $\beta$ -oxidação são liberados íons  $H^+$  e elétrons, reduzindo as flavoproteínas  $NAD^+$  e  $FAD$  em  $NADH + H^+$  e  $FADH_2$ , para sua posterior utilização na cadeia respiratória. Além disso, o acetil-CoA resultante é metabolizado no Ciclo de Krebs, onde há a redução de outras flavoproteínas (CURI, et. al., 2003).



**Figura 1:** Ciclo de Krebs: O acetil-coA proveniente da  $\beta$ -oxidação de ácidos graxos ao reagir com o oxalacetato gera citrato pela citrato sintetase. O citrato proveniente do ciclo de Krebs é parcialmente transportado para o citossol. O oxoglutarato é convertido em glutamato e este em glutamina. CS= citrato sintetase; HX= hexoquinase; PC= piruvato carboxilase; PDH= piruvato descarboxilase; CAT= acilcarnitina transferase; TGIM= triglicerídeos intramusculares. Fonte: CURI , et. al., 2003, p. 138.

Pode-se concluir que a atividade física, por apresentar um nível acentuado de variabilidade relacionado ao consumo de energia, é de extrema importância para a busca do desequilíbrio negativo do balanço energético e, conseqüentemente, para a redução do peso corporal.

## II. A ATIVIDADE FÍSICA E O CONTROLE DO PESO CORPORAL

Apesar de haver um consenso acerca dos benefícios propiciados pela prática de atividade física regular na perda de peso e nas mudanças da composição corporal, diversos estudos apresentam relatos divergentes quanto à melhor duração e intensidade nas quais a mesma deve ser realizada a fim de atingir tais objetivos.

A maximização do dispêndio energético para a atividade mostra-se, para muitos autores, mais importante do que a maximização da solicitação de lipídeos como fonte de energia imediata para a atividade para o controle do peso corporal (HILLS; BYRNE, 1998; GREDIAGIN, et al., 1995).

Alguns pesquisadores defendem a idéia de que os exercícios de alta intensidade mostram-se mais eficientes no controle do peso corporal por apresentarem maiores níveis de gasto calórico em relação aos exercícios de baixa intensidade e por causarem adaptações responsáveis pelo aumento no metabolismo basal do organismo.

Entretanto, ainda não está bem esclarecido se a intensidade do exercício interfere de forma significativa nas mudanças de peso e composição corporais.

### 1. INTENSIDADE DO EXERCÍCIO E COMBUSTÍVEL ENERGÉTICO

A atividade física é capaz de aumentar significativamente a demanda de energia do organismo. Existem meios de transferência de energia que são responsáveis por suprir esse aumento na demanda energética, e que variam de acordo com a intensidade e duração da atividade física, bem como com o nível de condicionamento

---

do indivíduo. A atuação desses meios de transferência de energia não ocorre de forma isolada, no entanto, diferentes atividades exigem predominância de determinados meios.

A intensidade absoluta do exercício, ou a demanda energética total para sua realização, determina a quantidade de combustível necessária como fonte energética. Enquanto a intensidade relativa do exercício é de extrema importância na determinação das proporções dos diferentes substratos que serão depletados pelo organismo (HOLLOSZY; KOHRT; HANSEN, 1998).

Exercícios de curta duração e alta intensidade exigem um fornecimento rápido de energia, que, nesse caso, provém essencialmente das vias metabólicas anaeróbias. Até os cinco primeiros segundos de atividade, o sistema ATP-CP é capaz de suprir quase toda a energia necessária para sua realização (POWERS; HOWLEY, 1994). A quantidade de fosfatos intramusculares de alta energia é determinante no desempenho do indivíduo nessa situação.

Para que o exercício extenuante possa exceder um curto período de tempo, os fosfatos de alta energia devem ser ressintetizados numa alta velocidade. Essa ressíntese ocorre essencialmente através da glicólise anaeróbia, onde o glicogênio muscular é depletado, gerando a formação de ácido láctico (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998). O lactato começa a ser produzido numa maior velocidade quando a intensidade do exercício aumenta e as células musculares não conseguem oxidá-lo na mesma velocidade com que o mesmo é produzido. Quando, além disso, o tecido muscular não oferece condições de suprir as novas demandas energéticas aerobicamente, caracteriza-se o ponto denominado limiar de lactato no sangue, ou limiar anaeróbio. O lactato pode ser benéfico durante o exercício, funcionando como

---

substrato para o fígado sintetizar glicose, além de servir como substrato direto para músculos esqueléticos e tecido cardíaco. Porém, sua presença em altas concentrações no tecido muscular é capaz de prejudicar a capacidade contrátil do mesmo (POWERS; HOWLEY, 1994).

Atividades físicas que ultrapassam a duração de alguns minutos têm o sistema aeróbio como principal fornecedor de energia para sua realização (POWERS; HOWLEY, 1994). Nesse caso, a captação de oxigênio representa um fator de grande importância. Carboidratos e lipídeos são os principais substratos energéticos oxidados pela musculatura esquelética durante exercícios prolongados com intensidades entre 30 e 80% VO<sub>2</sub> máximo. As principais fontes de carboidrato do organismo são: glicogênio muscular e hepático e carboidratos ingeridos. A contribuição de carboidratos e lipídeos para a realização dos exercícios pode sofrer grandes variações e depende essencialmente da intensidade dos mesmos (VAN LOON, et al., 2001). Conforme a intensidade do exercício é elevada, a contribuição dos carboidratos como fonte energética para o exercício aumenta e, uma diminuição correspondente da oxidação de lipídeos ocorre. Romijn afirma que os ácidos graxos livres plasmáticos são o principal substrato utilizado durante exercícios com intensidade baixa a moderada (25 e 65% VO<sub>2</sub> máximo). Além disso, sugere que os índices de oxidação lipídica durante exercícios de alta intensidade (85%VO<sub>2</sub> máximo) sofrem uma diminuição considerável, tendo o carboidrato como fonte energética principal (ROMIJN, et al., 1993).

Seguindo o mesmo raciocínio, Holloszy, Kohrt e Hansen (1998) acreditam que durante exercícios realizados numa intensidade que pode ser mantida por 90 minutos ou mais entre 55 e 75% VO<sub>2</sub> máx, ou da capacidade máxima de utilização do oxigênio,

---

existe uma diminuição progressiva na porcentagem de energia derivada do glicogênio muscular e um aumento progressivo na oxidação de ácidos graxos plasmáticos.

Com o objetivo de quantificar a utilização de substratos energéticos e estudar a forma com que os mesmos são selecionados pela musculatura esquelética durante a execução de exercícios prolongados, van Loon e colaboradores (2001), realizaram a seguinte pesquisa: 8 ciclistas foram estudados em repouso e durante a execução de séries de exercícios com duração de trinta minutos e intensidades que variavam entre 40, 55 e 75% da carga máxima (W Max). Foi notado que ambos os índices de oxidação lipídica e de carboidratos sofreram aumento durante o exercício quando comparados com os índices de repouso. Entretanto, a contribuição dos lipídeos para o gasto calórico total manteve-se a mesma tanto em repouso quanto durante a execução dos exercícios de intensidade de 40 e 55% da carga máxima. Porém quando a intensidade do exercício foi aumentada para 75% da carga máxima, a utilização dos substratos sofreu grande alteração. A contribuição dos lipídeos para geração de energia diminuiu 34 % em relação ao exercício realizado a 55% da carga máxima.

Os mecanismos que regulam a contribuição relativa de carboidratos e lipídeos como fonte energética para a realização de exercícios prolongados vêm sendo largamente pesquisados, porém ainda não foram totalmente esclarecidos.

Através de uma revisão bibliográfica a respeito da regulação do metabolismo de carboidratos e lipídeos durante e após o exercício, Holloszy, Kohrt e Hansen (1998) afirmam que a quantidade de carboidrato utilizada durante atividade contínua é regulada pela necessidade energética dos músculos ativos. Entretanto, a utilização de lipídeos durante a atividade não apresenta uma regulação precisa devido ao fato de não haver uma estreita relação entre a disponibilidade e metabolismo dos lipídeos e o

---

dispêndio energético. Assim, entendem que a quantidade de lipídeos oxidados durante o exercício é determinada pela utilização de carboidratos e pela disponibilidade de ácidos graxos livres, além da intensidade relativa do exercício e nível de condicionamento do praticante. Uma alta disponibilidade e oxidação de ácidos graxos livres resultam numa menor utilização de glicogênio muscular e hepático, da mesma forma que, elevada disponibilidade e utilização de carboidratos diminui a contribuição dos ácidos graxos livres para a demanda energética do exercício (WELTAN, et al., 1998).

Em contrapartida, van Loon e colaboradores (2001) acreditam que a quantidade de lipídeos utilizados como fonte energética durante exercícios prolongados de alta intensidade não é limitada pela disponibilidade de ácidos graxos livres no plasma. Em pesquisa realizada pelos mesmos foi mostrado que durante a execução de exercício de alta intensidade, a quantidade total de ácidos graxos livres não sofreu queda significativa, no entanto, a utilização desse substrato energético sofreu diminuição considerável. Ao buscar explicação para o fato, os autores levantaram a hipótese de que a diminuição da oxidação lipídica durante exercícios de alta intensidade pode ter como causa a queda na disponibilidade de carnitina livre, limitando assim a entrada de ácidos graxos de cadeia longa na mitocôndria para que sejam oxidados.

### 1.1 O NÍVEL DE TREINAMENTO E O SUBSTRATO ENERGÉTICO

O nível de treinamento também interfere de forma importante na seleção e contribuição de substratos energéticos utilizados pelo organismo para a realização de exercícios físicos. As adaptações causadas pelo metabolismo aeróbio resultam numa

---

maior utilização de lipídeos como fonte de energia para atividades físicas (ACHTEN; GLEESON; JEUKENDRUP, 2002; HOLLOSZY; KOHRT; HANSEN, 1998).

Em 1999, van Loon e colaboradores investigaram o efeito do nível de treinamento na seleção e oxidação de substratos energéticos através de um experimento. 6 indivíduos treinados aerobicamente e 7 não-treinados se submeteram a 120 minutos de exercício em bicicleta ergométrica em uma intensidade absoluta de 148W e relativa de 50% Wmax com ingestão de glicose. Foi observado que indivíduos treinados aerobicamente apresentam aumento substancial na oxidação de lipídeos durante exercício contínuo de intensidade moderada com ingestão de glicose. O maior gasto calórico apresentado pelos voluntários treinados ocorreu exclusivamente devido a esse aumento na oxidação lipídica.

O nível de treinamento teve efeito significativo na utilização total de glicogênio muscular e hepático durante a realização de exercícios contínuos de intensidade moderada com ingestão de glicose somente quando as comparações foram feitas em relação ao mesmo nível absoluto de intensidade. Nesse caso, a oxidação de glicogênio muscular e hepático foi substancialmente menor no grupo treinado.

## 2. INTENSIDADE DA ATIVIDADE FÍSICA E O GASTO CALÓRICO

O exercício prolongado de baixa intensidade, por promover uma maior utilização de lipídeos no mecanismo de produção de energia para sua realização, tem sido amplamente prescrito para pessoas que necessitam reduzir seu percentual de gordura corporal. De fato, dados fisiológicos comprovam que quanto mais intensa a atividade,

---

menor é a contribuição dos lipídeos no fornecimento de energia para o cumprimento da mesma (ACHTEN; GLEESON; JEUKENDRUP, 2002). Entretanto, a maximização do dispêndio energético para a atividade mostra-se, para muitos autores, mais importante do que a maximização da solicitação de lipídeos como fonte de energia imediata para a atividade quando o principal objetivo é o controle do peso corporal (GREDIAGIN, et al., 1995; HILLS; BYRNE, 1998).

Os fatores que exercem maior influência no gasto calórico do organismo decorrente da atividade física, tanto durante sua execução quanto em repouso, são a sua duração e a sua intensidade. Quanto maiores a intensidade e a duração da atividade física, maior será a demanda energética do organismo para sua realização (GREDIAGIN, et al., 1995). Assim, para uma mesma duração, quanto mais elevada a intensidade da atividade, maior será o seu dispêndio calórico. Isto significa que, o gasto energético necessário para uma corrida de intensidade leve de duração de 30 min será alcançado muito mais rapidamente se a intensidade dessa corrida for elevada a um nível de moderado a elevado, por exemplo.

Alguns pesquisadores acreditam que a intensidade do exercício não interfere de forma significativa nas mudanças corporais decorrentes da prática regular de exercícios físicos. Com o objetivo de avaliar a importância da intensidade da atividade física nas mudanças da composição corporal, um grupo de estudiosos comparou o efeito de programas de exercícios de alta intensidade (80% VO<sub>2</sub> máximo) e de baixa intensidade (50% VO<sub>2</sub> máximo) em mulheres não-treinadas por um período de 12 semanas com frequência de quatro sessões semanais. As sessões de exercícios tinham duração suficiente para que a demanda energética fosse de 300 Kcal. As avaliações finais

---

revelaram que os dois grupos haviam eliminado mesmas quantidades de tecido adiposo (GREDIAGIN, et al., 1995).

Porém, outros estudiosos afirmam que os exercícios de alta intensidade, além de promoverem maior demanda energética para sua realização, geram adaptações orgânicas responsáveis por elevar o dispêndio energético do organismo. Este aumento na demanda energética proporcional ao nível de intensidade da atividade ocorre porque quanto mais intensa a atividade menor é o grau de eficiência de sua realização (HUNTER, et al., 1998). Alguns fatores contribuem para esta situação, como: dependência aumentada de fibras musculares ineficazes de rápida contração, maior recrutamento de músculos estabilizadores e elevados níveis de contração de músculos associados a funções cardíacas e respiratórias. Além disso, a utilização de energia para a remoção de lactato e a atividade do sistema nervoso simpático também podem ser responsáveis por esse aumento na demanda de energia em exercícios de alta intensidade (HUNTER, et al., 1998).

O gasto de energia do organismo durante o repouso pode ser aumentado de 5 a 15% por um período de 24 a 48 horas como consequência de uma atividade física realizada em uma intensidade mínima de 70% VO<sub>2</sub> máximo (HUNTER, et al., 1998).

O aumento de massa muscular, que pode ocorrer em decorrência da realização de exercícios de alta intensidade, relaciona-se diretamente com essa elevação no gasto calórico por promover um aumento no metabolismo basal do organismo. Além disso, aumentos na quantidade do hormônio norepinefrina seguidos de exercícios intensos indicam que o sistema nervoso simpático pode estar envolvido no aumento do gasto energético pós-exercício. Este incremento nos níveis de norepinefrina subsequente ao

---

exercício de alta intensidade tem papel importante no gasto calórico aumentado e pode ter duração de até 24 horas após sua execução (POEHLMAN; DANFORTH, 1991).

Toth e Poehlman criaram a hipótese de que o fluxo energético, ou o aumento do consumo e do gasto energético decorrente dos exercícios físicos de alta intensidade, pode ser responsável pela elevação do dispêndio de energia do organismo em repouso (TOTH; POEHLMAN, 1996).

Embora o fluxo energético aumentado possa contribuir para o incremento do gasto calórico do organismo após o exercício, outros fatores parecem apresentar significativa influência sobre esta questão. O aumento da oxidação lipídica subsequente ao exercício de alta intensidade e a elevação da síntese de glicogênio a fim de repor o glicogênio previamente utilizado são alguns deles (GAESSER; BROOKS, 1980). Além disso, o exercício de alta intensidade possivelmente cause maiores índices de ressíntese protéica após sua realização, aumentando ainda mais o gasto calórico do organismo no pós-exercício (HUNTER, et al., 1998).

O exercício de alta intensidade promove um maior desequilíbrio negativo no balanço energético do organismo em relação a exercícios de baixa intensidade por promover uma maior diferença entre o total de calorias ingeridas e dispendidas pelo mesmo (IMBEAULT, et al., 1997). Em adição a isso, por gerar uma elevação no condicionamento aeróbio do indivíduo, esse tipo de exercício permite que o mesmo gaste mais energia na realização de exercícios de mesma intensidade relativa quando comparado com um indivíduo menos condicionado.

Conclui-se, assim, que programas de exercícios que combinem longos períodos de duração com altos níveis de intensidade e, além disso, provoquem adaptações responsáveis por aumentar a demanda de energia do organismo, sejam os mais

eficientes para promover o controle do peso corporal. Como a realização de esforços intensos por longas durações pode ser muito extenuante, ou até mesmo insuportável, o treinamento intervalado, que intercala períodos de trabalho com períodos de recuperação, mostra-se um modo eficiente de realizar tal combinação.

### **III. TREINAMENTO INTERVALADO**

O método intervalado de treinamento, por ser capaz de combinar longos períodos de duração com altos níveis de intensidade provocando baixos índices de fadiga do organismo, deveria ter sua aplicação em programas que objetivam promover o controle do peso corporal mais estudada e avaliada. Para isso, é necessário, inicialmente, conhecer sua conceituação, suas formas de aplicação e as respostas do organismo decorrentes de sua utilização.

#### **1. ORIGEM E CONCEITUAÇÃO**

O treinamento intervalado é um método de treinamento que envolve séries repetidas de exercícios de curta a longa duração em intensidades elevadas, iguais ou superiores à máxima fase estável de concentração de lactato no organismo, intercaladas com períodos de recuperação, que podem incluir exercícios leves ou repouso (BILLAT, 2001).

O treinamento intervalado foi inicialmente descrito por Reindell e Roskamm, 1959 e Reindell et al, 1962, e foi popularizado nos anos 50 pelo campeão olímpico, Emil Zatopek (BILLAT, 2001).

Nos anos precedentes à primeira guerra mundial, o treino contínuo era largamente utilizado para treinar desportistas que se preparavam em resistência. Supunha-se que deveria haver uma correlação entre a intensidade do exercício levada a efeito e a futura competição.

---

Foi na década de vinte que o método contínuo cedeu lugar ao de repetição. Este se caracterizava, segundo o especialista M. Pihkhal, pelo aumento da intensidade nos exercícios, com duração inferior à força básica de competição, separados por curtas pausas de repouso (VOLKOV, 2002).

A seguir, surgiu o sistema sueco de corrida ininterrupta “solta”, denominado de fartlek. Este sistema, desenvolvido por G. Olander, consistia na realização de períodos de exercícios em alta intensidade seguidos de períodos de recuperação onde se realizavam atividades moderadas (VOLKOV, 2002).

Porém, foi somente na década de trinta, no treinamento de atletas alemães por W. Gerschler, que o princípio do treino intervalado foi levado a efeito na sua total amplitude. O treinador defendia a idéia de que, durante os treinos, o atleta deveria alcançar níveis altos de velocidade, de forma que nas competições lhe fosse possível atingir e manter a aceleração necessária ao longo de todo o percurso (VOLKOV, 2002).

Após a segunda guerra mundial, o treinamento intervalado se tornou amplamente utilizado no processo de treino de corredores europeus. Emil Zatopek, Gordon Pirie e Sigfried Hermann treinados, respectivamente, por Tonni Nett, Roger Moens e Vladimir Kutz aplicavam este método de treinamento em seus treinos (BILLAT, 2001).

Os resultados triunfais do corredor tcheco Emil Zatopek marcaram o treinamento intervalado na década de 50. Numa mesma sessão de treino, Zatopek realizava corridas em intensidades máximas de 200 e 400 metros, repetidos de 20 a 30 vezes, tendo duração total de 2 a 3 horas. Durante os intervalos de recuperação eram realizadas corridas de baixa intensidade (VOLKOV, 2002).

Os excelentes resultados obtidos pelo corredor tcheco geraram interesse por parte de estudiosos, que realizaram diversos estudos e pesquisas sobre a utilização do método intervalado.

Na década de 60 surgiram os primeiros estudos científicos acerca desse método de treinamento. Em 1960 o fisiologista pioneiro Per Olof Astrand desenvolveu o método de treinamento intervalado de longa duração a uma velocidade entre a máxima e a velocidade correspondente ao VO<sub>2</sub> máximo (90 a 95% vVO<sub>2</sub> máximo). Os três minutos de corrida a esta intensidade eram capazes de induzir o VO<sub>2</sub> máximo nas últimas repetições, apesar da recuperação completa entre elas (BILLAT, 2001).

Astrand considerou esta a melhor forma de treinamento intervalado com o objetivo de melhorar a capacidade máxima de consumo e utilização de oxigênio (VO<sub>2</sub>máximo), pois através dele todos os parâmetros cardiorrespiratórios atingiam suas capacidades máximas.

Do mesmo grupo de pesquisadores, Christensen et al., 1960, propôs o treinamento intervalado de curta duração em uma intensidade de 100% da velocidade correspondente ao VO<sub>2</sub> máximo, aonde 10 segundos de corrida eram alternados com 10 segundos de repouso total. Esse tipo de treinamento apresentava a vantagem de atingir o VO<sub>2</sub> máximo, sem que houvesse um acúmulo significativo de lactato (BILLAT, 2001).

Ainda em 1960 foi publicado o primeiro estudo, realizado por Christensen, Hedman e Saltin, descrevendo as respostas metabólicas decorrentes do treinamento intervalado de curta duração (de 5 a 30 segundos). Tal feito teve grande relevância considerando a ausência de métodos automáticos para a mensuração do VO<sub>2</sub> máximo.

---

Foi reportado que um corredor que apresentava um  $VO_2$  máximo de 5,6 L/min ao alternar corridas de 15 segundos a 100% da velocidade correspondente ao  $VO_2$  máximo com períodos de repouso total de mesma duração, foi capaz de manter esse exercício por 30 minutos com um baixo nível de lactato sanguíneo (2,3 mmol/L). Este corredor atingiu sua capacidade máxima de captação e utilização de oxigênio ao final da série de exercícios (BILLAT, 2001).

Os efeitos metabólicos imediatos e em longo prazo decorrentes do método de treino intervalado foram examinados pela primeira vez pelos grupos de Astrand e Christensen também nos anos 60. Eles compararam exercícios realizados em mesmas intensidades, porém com períodos de duração diferentes. Os autores observaram que séries de exercícios contendo períodos de trabalho e de recuperação de curta duração representaram estímulos submáximos tanto para o sistema circulatório quanto para o respiratório. Já as séries que contavam com períodos de trabalho e de recuperação mais longos solicitaram respostas quase máximas desses sistemas. Partindo de um ponto de vista prático, os autores concluíram que optando por períodos de trabalho e recuperação mais longos o indivíduo poderia obter maiores adaptações do treinamento na função cardiorrespiratória (BILLAT, 2001).

Em outro estudo publicado no mesmo volume, o mesmo grupo criou a hipótese de que a mioglobina poderia representar um estoque de oxigênio utilizado durante a fase inicial do exercício antes dos índices respiratórios e circulatórios alcançarem valores que correspondessem à demanda de oxigênio para sua realização (BILLAT, 2001).

No ano de 1967, o grupo americano de Fox pesquisou o treinamento intervalado em um contexto militar. Eles confrontaram a utilização das fontes metabólicas de

---

energia do organismo durante corridas contínuas e intervaladas realizadas em mesmas intensidades. Além disso, compararam as respostas fisiológicas decorrentes de períodos de recuperação contendo corridas de baixa intensidade e repouso total. Os autores concluíram que os processos de ressíntese e subsequente utilização de parte das reservas dos fosfatos de alta energia se mostraram responsáveis pelo menor acúmulo de ácido láctico no organismo e um conseqüente retardo no aparecimento da fadiga durante o exercício realizado de forma intervalada (BILLAT, 2001).

No decorrer dos anos 70 e 80 foram desenvolvidos processos sistematizados de mensuração inicialmente do VO<sub>2</sub>máximo e, posteriormente, do limiar anaeróbio de atletas. Fisiologistas alemães, como Alois Mader, determinaram o nível de lactato sanguíneo correspondente ao limiar anaeróbio do organismo como 4 mmol/L. Também foi neste período que surgiu o conceito de velocidade associado ao VO<sub>2</sub>máximo com Daniels et al., (DANIELS; YARBOUGH; FOSTER, 1978 apud BILLAT, 2001) e di Prampero (DI PRAMPERO, 1986 apud BILLAT, 2001) e com a velocidade máxima aeróbia do teste de Montreal de Léger e Boucher (BILLAT, et al., 2000). Atualmente a velocidade correspondente ao VO<sub>2</sub>máximo é facilmente medida através de testes incrementais e pode ser usada como referência para a prescrição de treinamentos intervalados.

Hoje em dia o emprego das diferentes formas de treino intervalado ocorre no treinamento de diversas modalidades esportivas, juntamente com a utilização de outros meios e métodos de treino que complementam e reforçam a performance dos atletas. Entretanto, a utilização do método intervalado na rotina de exercícios de indivíduos não-treinados com o objetivo de controle do peso corporal ainda é pouco aplicada e estudada pelos profissionais da área.

---

A prescrição do treinamento intervalado baseia-se nas seguintes considerações: estímulo (distância), tempo de esforço, número de repetições, tempo de intervalo de recuperação e tipo de ação no intervalo (SEGADÃES FILHO, 1996).

A combinação desses fatores resulta em diversos tipos de treinamento intervalado, que apresentam terminologias distintas. Algumas delas são: intervalado aeróbio, intervalado anaeróbio, "tempo training", "interval sprint", "acceleration sprint", "hollow sprint", intervalado extensivo, intervalado intensivo, métodos de intervalos breves, médios e longos, dentre outras.

## 2. METODOLOGIA E ASPECTOS FISIOLÓGICOS

O método intervalado de treinamento apresenta diversas denominações resultantes das diferentes combinações de suas variáveis, que são: estímulo, tempo de esforço, número de repetições, tempo de intervalo de recuperação e tipo de ação no intervalo.

Basicamente, todas elas são fundamentadas na intensidade do exercício executado durante o intervalo de trabalho. Quanto mais elevada for sua intensidade, menor será o seu tempo de execução e seu número de repetições e maior será o tempo necessário para a recuperação do organismo. Da mesma forma que se a intensidade alcançada durante o intervalo de trabalho for de leve a moderada, sua duração poderá ser maior, bem como seu número de repetições, e menor será o tempo necessário para recuperar os sistemas orgânicos envolvidos no exercício.

---

Billat (2001) classifica o treinamento intervalado de acordo com o sistema energético predominante para sua realização. O treinamento intervalado aeróbio é conceituado pela autora como um tipo de treinamento intervalado que solicita o metabolismo aeróbio em maior proporção do que o anaeróbio. Sendo assim, o treinamento intervalado será denominado anaeróbio quando os sistemas de fornecimento de energia predominantes para sua execução forem anaeróbios.

Laursen e Jenkins (2002) definem o treinamento intervalado anaeróbio como séries repetidas de exercícios com duração de curta a moderada (10 segundos a 5 minutos) realizadas em intensidades que excedam o limiar anaeróbio do indivíduo.

Uma grande vantagem da utilização do treinamento intervalado consiste na possibilidade que o mesmo oferece de ampliar significativamente o volume de realização de exercícios de alta intensidade em relação ao volume suportado em uma sessão contínua de treinamento. Essa situação pode ser explicada pela interação existente entre o sistema anaeróbio alático e a glicólise anaeróbia durante o exercício intervalado em comparação com o contínuo.

Durante o exercício intervalado, a energia proporcionada pela glicólise anaeróbia é menor do que aquela fornecida durante o exercício contínuo. Isso se deve a uma maior contribuição do sistema anaeróbio alático para a realização do trabalho intervalado. Durante os intervalos de recuperação, grande parte das reservas musculares de ATP e CP que foram previamente depletadas durante o intervalo de trabalho é reabastecida através do sistema aeróbio. Além disso, o sistema aeróbio também é responsável pelo reabastecimento de grande parte das reservas de oxigênio da mioglobina e pela remoção do lactato produzido na musculatura ativa. Dessa forma, o exercício que segue o intervalo de recuperação dispõe do ATP e CP e do oxigênio da

---

mioglobina ressintetizados durante o período de recuperação. Conseqüentemente a glicólise anaeróbia contribuirá menos para o fornecimento de energia para o exercício, e, assim, o ácido láctico não se acumulará com a mesma rapidez, nem com o mesmo grau (FOX, 2000).

As prescrições de treinamento intervalado que objetivam elevar a capacidade de fornecimento energético dos sistemas anaeróbios do organismo são constituídas de intervalos de trabalho de média duração realizados com intensidades moderadas a máximas (sistema ATP-CP e glicólise anaeróbia) ou por intervalos de curta duração e intensidades ainda mais altas (sistema ATP-CP). Para que o fornecimento de energia para a atividade seja realizado essencialmente através do sistema anaeróbio alático, o período de recuperação deverá ser suficiente para que a maior parte dos estoques dos fosfatos de alta energia (ATP e CP) sejam ressintetizados. Mcardle, Katch e Katch (1998) sugerem, nesse caso, que a relação entre intervalo de trabalho e intervalo de recuperação seja de 1:3. Se, por outro lado, o objetivo for solicitar em maior proporção o sistema anaeróbio láctico de fornecimento energético, somente parte desses fosfatos deverão ser ressintetizados, e a relação deverá ser de 1:2.

Já programas de treinamento intervalado constituídos por intervalos de trabalho de longa duração realizados a intensidades mais baixas visam o desenvolvimento dos sistemas aeróbios de fornecimento de energia. Nesse caso, a relação entre os intervalos de trabalho e os intervalos de recuperação deverão seguir a seguinte proporção: 1:1, ou 1:1,5 (MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998).

A duração, o tipo de exercício realizado nos intervalos de recuperação bem como o nível de treinamento do indivíduo são determinantes na seleção do substrato energético que será predominantemente utilizado no intervalo de trabalho subseqüente.

---

Assim, a determinação de tais parâmetros deve ser realizada de acordo com o objetivo do programa de treinamento.

O início do intervalo de recuperação é marcado por uma rápida queda no VO<sub>2</sub>máximo e na frequência cardíaca. É durante este período que os estoques de oxigênio dos tecidos musculares são brevemente reabastecidos e grande parte dos fosfatos de alta energia são ressintetizados. O tempo necessário para que ocorra uma ressíntese completa dos fosfatos de alta energia utilizados previamente pela musculatura é de no mínimo 3 minutos, enquanto 30 segundos são capazes de reabastecer 70% do volume total (GOLLNICK, et al., 1973). Já o período de tempo necessário para o reabastecimento dos estoques de oxigênio mioglobínicos compreende de 10 a 80 segundos (GREEN, BALL-BURNETT, et al., 1992). E, para que o pH e a concentração de lactato retornem a seus índices de repouso serão necessários no mínimo 60 minutos de recuperação (KARLSSON; SALTIN, 1971).

A intensidade dos exercícios realizados durante o período de recuperação pode proporcionar diferentes níveis de recuperação dos sistemas orgânicos envolvidos no exercício. A realização de exercícios de baixa a moderada intensidade durante os intervalos de recuperação, além de não permitir que o consumo de oxigênio sofra queda significativa, é responsável por estimular a remoção do lactato produzido na musculatura ativa. No entanto uma maior e mais rápida ressíntese dos fosfatos de alta energia ocorre durante intervalos de recuperação que proporcionem repouso total ao organismo.

Além de ser influenciada pela duração e tipo de exercício executado no período de recuperação, a forma pela qual o organismo se recupera dos esforços realizados durante os períodos de trabalho também está relacionada com o nível de

condicionamento aeróbio do indivíduo. Estudos sugerem que a capacidade aeróbia elevada pode melhorar a recuperação do organismo após a realização de exercícios através de uma resposta aeróbia aumentada, remoção de lactato elevada e ressíntese de fosfatos de alta energia mais eficiente (TOMLIN; WENGER, 2001). No mais, uma capacidade aeróbia aumentada é capaz de elevar a contribuição do sistema aeróbio de fornecimento energético para o esforço, reduzindo, assim, os níveis de produção de lactato resultantes do processo da glicólise anaeróbia pelo tecido muscular.

As diferentes formas de treinamento intervalado proporcionam distintas adaptações fisiológicas, tanto metabólicas quanto cardiorrespiratórias, no organismo humano. Deste modo, a manipulação e a combinação dos parâmetros do método intervalado devem ser determinadas de acordo com as adaptações fisiológicas pretendidas pelo programa de treinamento.

Como o presente trabalho teve como objetivo analisar as evidências presentes na literatura a respeito do grau de eficiência do treinamento intervalado de alta intensidade no controle do peso corporal de indivíduos não-treinados que necessitam diminuir o percentual de gordura corporal, serão examinadas a seguir as principais adaptações fisiológicas decorrentes deste tipo de treinamento.

#### **IV. O TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE**

Por ser um método de treinamento capaz de combinar longos períodos de duração com altos índices de intensidade, e desta forma promover elevados níveis de gasto energético, o treinamento intervalado de alta intensidade e as adaptações fisiológicas decorrentes de sua realização têm sido pesquisados e avaliados neste sentido.

O treinamento intervalado anaeróbio, devido ao fato de apresentar maiores índices de intensidade de trabalho em relação ao aeróbio, e, conseqüentemente, demanda energética mais elevada, é o tipo de treinamento intervalado mais estudado quanto à sua eficiência no controle do peso corporal. As adaptações fisiológicas decorrentes de sua prática regular têm sido pesquisadas e relatadas por muitos autores.

##### **1. ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS**

Diversos estudos longitudinais a respeito das adaptações fisiológicas decorrentes do treinamento intervalado de alta intensidade, tanto metabólicas quanto cardiorrespiratórias, em indivíduos não treinados têm sido reportados.

Uma possível adaptação metabólica decorrente do treinamento intervalado de alta intensidade é a simultânea elevação da capacidade de fornecimento de energia dos sistemas aeróbio e anaeróbio do organismo. Isto pode ser avaliado através da

---

resposta na atividade de enzimas oxidativas e glicolíticas em função deste tipo de treinamento.

A influência do treinamento intervalado de alta intensidade na atividade enzimática de células musculares foi examinada por Mac Dougall e colaboradores em 1998. Por sete semanas, doze estudantes não treinados realizaram quatro sessões de treinamento intervalado de alta intensidade semanais, que, ao longo do treinamento foram se tornando mais intensas através do aumento no número de séries, de 4 a 10 séries de 30 segundos, e de uma queda no tempo de intervalo de recuperação, de 4 a 2,5 minutos. Os resultados mostraram que o treinamento intervalado de alta intensidade pode induzir a uma elevação concomitante na atividade de enzimas glicolíticas e oxidativas do organismo. (LAURSEN; JENKINS, 2002).

Esta adaptação também foi evidenciada em um estudo realizado por Tremblay, Somoneau e Bouchard em 1994. O impacto de dois modos diferentes de treinamento no metabolismo da musculatura esquelética e na quantidade de gordura corporal foi investigado em jovens adultos não-treinados. Parte dos voluntários foi submetida a um programa de treinamento contínuo, pelo período de vinte semanas, que consistia em exercícios ininterruptos de no mínimo trinta minutos de duração realizados a uma frequência de 4 a 5 sessões semanais. A intensidade no início de treinamento era de 60 e progrediu para 85 % da frequência cardíaca de reserva. Enquanto a outra parte realizou sessões de treinamento intervalado de alta intensidade de curta e longa duração por quinze semanas. As séries de curta duração consistiam em 10 a 15 séries de 15 a 30 segundos de duração com intensidade de 60% do máximo trabalho suportado em 10 segundos e as de longa duração continham 4 a 5 séries de 60 a 90 segundos com intensidade equivalente a 70 % do máximo esforço realizado em 90

---

segundos. O período de recuperação proporcionava uma diminuição da frequência cardíaca até 120-130 batimentos por minuto. Os autores constataram que o grupo que realizou o programa de treinamento intervalado de alta intensidade apresentou aumento significativo na atividade de enzimas oxidativas e glicolíticas. Explicaram tal situação pelo fato de haver uma grande solicitação do sistema aeróbio para a ressíntese dos fosfatos de alta energia no período de recuperação, e também pela alta demanda do metabolismo glicolítico anaeróbio no período de trabalho, evidenciada pela alta concentração de lactato muscular.

Ainda com a finalidade de examinar as respostas metabólicas ao treinamento intervalado anaeróbio, voluntários não treinados foram submetidos a um programa de treinamento que consistia em 4 sessões semanais por um período de 5 semanas. As sessões continham 2 séries de 4 repetições de corridas de 200 metros realizadas a 90% da velocidade máxima, com um período de recuperação de 2 minutos. Entretanto, através da análise das concentrações de lactato dos participantes antes, durante e após o exercício, os pesquisadores observaram um aumento expressivo somente na atividade de enzimas envolvidas na glicogenólise e na glicólise anaeróbia da musculatura esquelética. Chegaram à conclusão de que esta forma de treinamento solicita predominantemente o sistema anaeróbio para suprimento da demanda energética (ROBERTS; BILLETTER; HOWALD, 1982).

Existem evidências que sugerem que conforme a duração do período de recuperação é reduzida, o mesmo ocorre com a contribuição da glicólise anaeróbia para o fornecimento de energia para as séries subseqüentes de exercício. Conseqüentemente o metabolismo aeróbio aumenta sua participação no suprimento da demanda energética para a realização do esforço.

---

Da mesma forma que não existe um consenso quanto à atuação do treinamento intervalado de alta intensidade nos sistemas aeróbios e anaeróbios de fornecimento energético, existem dados conflitantes a respeito da conversão de fibras musculares em decorrência deste tipo de treinamento.

De acordo com estudos de Simoneau 7 semanas de um programa de treinamento intervalado de curta duração contendo 5 segundos de trabalho alternados com 55 segundos de recuperação e intensidade máxima induziram a um aumento na proporção de fibras lentas, e uma provável diminuição na proporção de fibras rápidas (IIb) do tecido muscular de indivíduos não treinados (SIMONEAU, et al., 1985). Esta situação pode ter ocorrido em decorrência da maior capacidade oxidativa das fibras lentas, que provavelmente apresentam maior participação na ressíntese dos estoques de fosfatos de alta energia durante os períodos de recuperação em relação às fibras rápidas de contração. Além disso, as fibras lentas estão mais envolvidas na remoção do lactato acumulado durante os períodos de trabalho.

Em contrapartida, alguns pesquisadores relataram não ter ocorrido transformação nos tipos de fibras musculares em resposta ao treinamento intervalado de alta intensidade (KUBUKELI; NOAKES; DENNIS, 2002).

O aumento de massa muscular em decorrência ao treinamento intervalado de alta intensidade tem sido constatado em alguns estudos. Esta adaptação pode ser muito importante para indivíduos que necessitam diminuir a quantidade de gordura corpórea por promover uma elevação do metabolismo do organismo, beneficiando, assim, o controle do peso corporal em longo prazo (HUNTER, et al., 1998).

Uma importante adaptação cardiorrespiratória citada em alguns relatos em resposta ao treinamento intervalado de alta intensidade é um aumento substancial na

---

capacidade máxima de utilização do oxigênio durante o exercício (VO<sub>2</sub> máximo). Na década de 70, Fox e colaboradores constataram que exercícios de alta intensidade realizados de forma intervalada haviam provocado um aumento de 15% no VO<sub>2</sub> máximo, tanto em homens quanto em mulheres previamente não treinados (LAURSEN; JENKINS, 2002).

Contra-pondo-se à idéia de que são necessários muitos anos para que indivíduos não treinados tenham uma elevação expressiva no seu VO<sub>2</sub> máximo, Hickson et al. 1977, mostrou em oito indivíduos não treinados que o VO<sub>2</sub> máximo pode ser elevado substancialmente após dez semanas de treinamento intervalado de alta intensidade (LAURSEN; JENKINS, 2002).

Gorostiaga e colaboradores realizaram uma comparação entre as adaptações causadas por exercícios contínuos em relação àquelas causadas por treinamento intervalado de alta intensidade em indivíduos não treinados. Os exercícios contínuos foram realizados a 50% do VO<sub>2</sub> máximo enquanto a intensidade das séries de 30 segundos do treinamento intervalado era de 100% VO<sub>2</sub> máximo, com ambos os grupos se exercitando 30 minutos por dia, por oito semanas. Após o treinamento, os valores de VO<sub>2</sub> máximo obtidos foram maiores no grupo que realizou o treinamento intervalado de alta intensidade em relação aos que realizaram o treino contínuo (LAURSEN; JENKINS, 2002).

---

## 2. O TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE E O CONTROLE DO PESO CORPORAL

O grau de eficiência do treinamento intervalado de alta intensidade no controle do peso corporal de indivíduos não-treinados que necessitam diminuir o percentual de gordura corporal vêm sendo examinado por diversos pesquisadores. Muitos deles têm realizado tal análise através de comparações entre os efeitos provocados por outros tipos de treinamento e os efeitos decorrentes do treinamento intervalado de alta intensidade no peso e na composição corporal desses indivíduos.

No seguinte estudo foi observado que programas de exercícios intermitentes vigorosos geraram uma maior redução de dobras cutâneas do que os realizados em baixos níveis de intensidade em indivíduos não-treinados. Vinte e sete indivíduos com idade entre 18 e 32 anos participaram da pesquisa, 17 deles foram submetidos a um treinamento aeróbio contínuo de baixa intensidade por vinte semanas, enquanto os outros 10 realizaram quinze semanas de um programa de treinamento intervalado de alta intensidade. Os resultados mostraram que, apesar da demanda energética para a realização do programa de treinamento intervalado ter sido menor, os indivíduos submetidos a este programa apresentaram uma redução de tecido adiposo subcutâneo muito maior do que o grupo que realizou o programa de exercícios contínuos de baixa intensidade. Ao expressar as mudanças nas dobras cutâneas em relação à quantidade de energia despendida na atividade, os estudiosos concluíram que para um determinado dispêndio energético, a diminuição na quantidade de gordura é maior quando a intensidade do exercício é alta. Além disso, os resultados mostraram que

---

somente o grupo que realizou o treinamento intervalado de alta intensidade apresentou elevação na atividade de enzimas marcadoras da  $\beta$ -oxidação e de enzimas marcadoras da glicólise anaeróbia (TREMBLAY; SIMONEAU; BOUCHARD, 1994).

Talvez esse resultado possa evidenciar o fato de que o treinamento intervalado de alta intensidade possivelmente apresente uma maior oxidação de lipídeos durante sua realização em relação a exercícios executados de forma contínua. Essen e colaboradores constataram tal situação ao comparar programas de exercícios intermitentes e intervalados com mesma carga total de trabalho (157 W) em indivíduos não treinados. O primeiro programa consistia em exercícios realizados a 50% do VO<sub>2</sub> máximo durante uma hora, enquanto o segundo era formado de períodos de exercício de 15 segundos em intensidade máxima alternados com períodos de recuperação de mesma duração. Foi relatado que o grupo que executou o programa de exercícios intermitentes apresentou um maior índice de utilização de lipídeos como substrato energético e, conseqüentemente, menor solicitação do glicogênio como fornecedor de energia para a atividade quando comparado ao grupo que realizou o programa de exercícios contínuos (ESSEN; HAGENFELDT; KAIJSER, 1977).

Além disso, relatos têm mostrado que sessões de treinamento intervalado de alta intensidade provavelmente provocam um maior aumento no índice de oxidação de lipídeos após sua realização quando comparadas com sessões de exercícios contínuos submáximos (CHILIBECK, et al., 1998).

Em contrapartida outros relatos afirmam que o controle do peso corporal e as mudanças na sua composição são determinados pela demanda energética total necessária para a atividade, sugerindo que a intensidade do exercício não interfere significativamente nessa questão (GREDIAGIN, et al., 1995; HILLS; BYRNE, 1998).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte dos estudos presentes na literatura tem relatado a eficiência do treinamento intervalado de alta intensidade no controle do peso corporal de indivíduos não-treinados que necessitam diminuir o percentual de gordura corporal. Em geral, as análises são realizadas através de comparações dos efeitos provocados pelo treinamento intervalado de alta intensidade e por outras formas de treinamento nas modificações de peso e composição corporais.

Entretanto, diferentes causas têm sido atribuídas às modificações na composição corporal decorrentes do treinamento intervalado de alta intensidade. Algumas pesquisas sugerem que um elevado índice de gasto energético promovido por este tipo de treinamento seja responsável por reduzir os estoques de energia do organismo, e, assim, diminuir o peso corporal do indivíduo. Contrapondo-se a esta hipótese, estudiosos têm evidenciado que sessões de treinamento intervalado de alta intensidade, apesar de gerarem reduções mais significativas do tecido adiposo de indivíduos não treinados, promovem menor dispêndio energético em relação a sessões de treinamento contínuo. Assim, concluem que o treinamento intervalado de alta intensidade induz a uma maior oxidação de lipídeos durante sua realização em comparação com exercícios executados de forma contínua (TREMBLAY; SIMONEAU; BOUCHARD, 1994).

No entanto, outros pesquisadores acreditam que adaptações fisiológicas decorrentes do treinamento intervalado de alta intensidade capazes de provocar um aumento na demanda energética do organismo, tanto em repouso quanto em atividade,

---

são as principais responsáveis pelas modificações ocorridas no peso e na composição corporais (HUNTER, et al., 1998).

Em contrapartida, outros relatos sustentam a idéia de que o controle do peso corporal e as mudanças na sua composição são determinados pela demanda energética total necessária para a atividade, sugerindo que a intensidade do exercício não interfere significativamente nessa questão (GREDIAGIN, et al., 1995; HILLS; BYRNE, 1998). Assim, tanto exercícios realizados em altas intensidades quanto em baixas intensidades, independentemente do método de treinamento adotado, seriam eficientes no controle do peso corporal por elevar a demanda energética do organismo. Porém, exercícios de baixa intensidade deveriam apresentar uma maior duração a fim de promover uma demanda energética equivalente a uma sessão de exercícios de alta intensidade.

Nesta perspectiva, pode-se concluir que os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade no controle do peso corporal de indivíduos não-treinados ainda não foram totalmente elucidados e mais estudos e pesquisas acerca deste assunto devem ser realizados a fim de esclarecer tal questão.

Entretanto, pode-se afirmar que a prescrição de exercícios intervalados de alta intensidade deve ser realizada de acordo com o nível de condicionamento do indivíduo, respeitando seu objetivo. Muito embora sua aplicação possa se mostrar eficiente no controle do peso corporal de indivíduos não-treinados, os riscos de sua utilização para a saúde do praticante devem ser considerados e avaliados.

## BIBLIOGRAFIA

ACHTEN, J.; GLEESON, M.; JEUKENDRUP, A. E. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 1, p. 92-7., 2002.

BALLOR, D.; MCCARTHY, J.; WILTERDINK, E. Exercise intensity does not affect the composition of diet-and exercise-induced body mass loss. **Am J Clin Nutr**, v. 51, p. 142-46., 1990.

BILLAT, L. V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. **Sports Med**, v. 31, n. 1, p. 13-31., 2001.

BILLAT, L. V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. **Sports Med**, v. 31, n. 2, p. 75-90., 2001.

BILLAT, V. L., et al. 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**, v. 81, n. 3, p. 188-96. 2000.

CALLES-ESCANDON, J.; HORTON, E.S. The thermogenic role of exercise in the treatment of morbid obesity: a critical evaluation. **Am J Clin Nutr**, v. 55, p. 533-37, 1992.

CHILLIBECK, P.D., et. al. Higher mitochondrial fatty acid oxidation following intermittent versus continuous endurance exercise training. **Can J Physiol Pharmacol**, v. 76, p. 891-4, 1998.

CURI, R., et. al. Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbico. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 47, n. 2, p. 135-43. 2003.

ESSEN, B.; HAGENFELDT, L.; KAIJSER, L. Utilization of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. **J Physiol**, v. 265, p. 489-506, 1977.

---

FERREIRA, C. P., et. al. **Bioquímica básica**. 2. ed. São Paulo: Luana, 1988.

FILHO, A.J.S. **Método intervalado no processo de treinamento do maratonista**. 1996. Monografia de especialização (Faculdade de Educação Física)- Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1996.

FOX, E. L. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

GAESSER, G. A.; BROOKS, G. A. Glycogen repletion following continuous and intermittent exercise to exhaustion. **J Appl Physiol**, v. 49, p. 722-28, 1980.

GREDIAGIN, M. A., et al. Exercise intensity does not effect body composition change in untrained, moderately overfat women. **J Am Diet Assoc**, v. 95, n. p. 661-65, 1995.

GREEN, H., et. al. Metabolic adaptations to training precede changes in muscle mitochondrial capacity. **J Appl Physiol**, v. 72, p. 484-91, 1992.

GOLLNICK, H., et.al. Effects of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. **J Appl Physiol**, v. 34, p. 107-11, 1973.

HILL, J. O., et. al. Physical activity and energy requirements. **Am J Clin Nutr**, v. 62, p. 1059-1066, 1995.

HILLS, A. P.; BYRNE, N. M. Exercise prescription for weight management. **Proc Nutr Soc**, v. 57, n. 1, p. 93-103., 1998.

HOLLOSZY, J. O.; KOHRT, W. M.; HANSEN, P. A. The regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise. **Front Biosci**, v. 3, n. p. D1011-27., 1998.

HUNTER, G. R., et al. A role for high intensity exercise on energy balance and weight control. **Int J Obes Relat Metab Disord**, v. 22, n. 6, p. 489-93., 1998.

IMBEAULT, P., et. al. Acute effects of exercise on energy intake and feeding behavior. **Brit J Nutr**, v. 77, p. 511-21, 1997.

KARLSSON, J.; SALTIN, B. Oxygen deficit and muscle metabolites in intermittent exercise. **Acta Physiol Scand**, v. 82, p.115-22, 1971.

KUBUKELI, Z. N.; NOAKES, T. D.; DENNIS, S. C. Training techniques to improve endurance exercise performances. **Sports Med**, v. 32, n. 8, p. 489-509., 2002.

LAURSEN, P. B.; JENKINS, D. G. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. **Sports Med**, v. 32, n. 1, p. 53-73., 2002.

MAHAN, L. K.; ARLIN, M. T. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 8. ed. São Paulo: Roca, 1995. p.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício. Energia, nutrição e desempenho humano**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

POEHLMAN, E. T.; DANFORTH, E. Endurance training increases metabolic rate and norepinephrine appearance rate in older individuals. **Am J Physiol**, v. 261, p. 233-39, 1991.

POEHLMAN, E. T. A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. **Med Sci Sports Exerc**, v. 21, p. 515-25, 1989.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Exercise physiology. Theory and application to fitness and performance**. 2. ed. Dubuque: Brown Communications, 1994.

ROBERTS, A. D.; BILLETER, R.; HOWALD, H. Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. **Int J Sports Med**, v. 3, p. 18-21, 1982.

ROMJIN, J. A., et. al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. **Am J Physiol**, v. 265, p. 380-91, 1993.

SIMONEAU, J. A., et. al. Human skeletal muscle fiber type alteration with high-intensity intermittent training. **Eur J Appl Physiol**, v. 54, p. 250-3, 1985.

---

TOMLIN, D. L.; WENGER, H. A. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. **Sports Med**, v. 31, n. 1, p. 1-11., 2001.

TOTH, M. J.; POEHLMAN, E. T. Effects of exercise on daily energy expenditure. **Nutr Rev**, v. 54, p. 140-8., 1996.

TREMBLAY, A.; SIMONEAU, J. A.; BOUCHARD, C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. **Metabolism**, v. 43, n. 7, p. 814-8., 1994.

VAN LOON, L. J., et. al. Effect of training status on fuel selection during submaximal exercise with glucose ingestion. **J Appl Physiol**, v. 87, n. 4, p. 1413-20, 1999

VAN LOON, L. J., et al. The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. **J Physiol**, v. 536, n. Pt 1, p. 295-304., 2001.

VOLKOV, N. I. **Teoria e prática do treinamento intervalado no esporte**. 1. ed. Campinas: Multiesportes, 2002.

WELTAN, S. M., et. al. Influence of muscle glycogen content on metabolic regulation. **Am J Physiol**, v. 274, p. 72-82, 1998.