

# ADAPTAÇÕES DO TREINAMENTO CRUZADO AERÓBICO E DE FORÇA NAS VARIÁVEIS ERGOMÉTRICAS

Sandro Fernandes da Silva<sup>1</sup> sandrofs@uit.br

Cíntia Campolina Duarte Rocha<sup>1</sup> cintiacdrs@gmail.com

Pilar Sanchez Collado<sup>2</sup> p.sanchez.collado@unileon.es

José Antonio de Paz Fernandez<sup>2</sup> japazf@unileon.es

doi:10.3900/fpj.8.3.183.p

Silva SF, Rocha CCD, Collado PS, Fernandez JAP. Adaptações do treinamento cruzado aeróbico e de força nas variáveis ergométricas. Fit Perf J. 2009 mai-jun;8(3):183-190.

## RESUMO

**Introdução:** O treinamento cruzado de força e aeróbico podem levar a interferências negativas, tanto nas respostas de um como de outro treinamento. Estudos comprovam a interferência negativa do treinamento aeróbico sobre o de força, principalmente quando nos centramos nas adaptações que ocorrem no músculo esquelético. Já outros estudos relatam que o treinamento de força provoca diminuições nos parâmetros aeróbicos. O trabalho estudou as possíveis interferências que o treinamento cruzado de força e aeróbico podem provocar nas variáveis ergométricas.

**Materiais e Métodos:** 33 sujeitos jovens, do sexo masculino, foram divididos em três grupos: Grupo de Controle (GC; n=11); Grupo Aeróbico-Força (GAF; n=11); e Grupo Força-Aeróbico (GFA; n=11). O treinamento foi desenvolvido durante 12 semanas, sendo seis semanas de treinamento aeróbico e seis semanas de treinamento de força. No final de cada seis semanas os grupos GAF e GFA trocavam de treinamento. Identificamos o  $VO_{2pico}$  através de um teste progressivo em cicloergômetro e encontramos a potência alcançada e o índice ergométrico (IErg) no mesmo.

**Resultados:** Encontramos um aumento no  $VO_{2pico}$ , potência mecânica e IErg após o treinamento aeróbico e um aumento não-significativo no grupo que treinou força. Após a troca dos treinamentos não encontramos aumentos significativos. **Discussão:** O treinamento aeróbico provocou um aumento nas variáveis analisadas, enquanto o treinamento de força realizado após o aeróbico auxiliou na manutenção dos ganhos.

## PALAVRAS-CHAVE

Educação Física e Treinamento, Exercício Aeróbico, Força Muscular.

<sup>1</sup> Universidade de Itáúna - Itáúna - Brasil

<sup>2</sup> Universidad de León - León - Espanha

## ADAPTATIONS OF CROSSED TRAINING AEROBIC AND STRENGTH IN ERGOMETRIC VARIABLE

### ABSTRACT

**Introduction:** The crossed training strength and aerobic can in such a way take the negative interferences for the answers of one as of training. Studies that prove the negative interference aerobic training on strength, mainly when we center in the adaptations that occur in skeletal muscle. The work studied the possible interferences that crossed training of strength and aerobic can provoke in the ergometric variable's. **Materials and Methods:** 33 young subjects of the male sex, they were divided into three groups: Control Group (CG; n=11); Aerobic-Strength Group (ASG; n=11); and Strength-Aerobic Group (SAG; n=11). The training was developed during 12 weeks, being, six weeks of aerobic training and six strength training weeks. In the end of the six weeks the groups ASG and SAG changed of training. We evaluate the  $VO_{2peak}$  through a progressive test in cycle ergometer and we find the mechanical power and the ergometric index (ErgI) in the same. **Results:** We identify an increase in the  $VO_{2peak}$ , mechanical power and ErgI after the aerobic training, and a not significant increase in the group strength training. After the change of training do not we find significant increases in none variable's. **Discussion:** The aerobic training causes an increase in the studied variables, which of done strength after the aerobic aid in the maintenance of the profits achieved.

### KEYWORDS

Physical Education and Training, Aerobic Exercise, Muscle Strength.

## ADAPTACIONES DEL ENTRENAMIENTO CRUZADO AERÓBICO Y DE FUERZA EN LAS VARIABLES ERGOMÉTRICAS

### RESUMEN

**Introducción:** El entrenamiento cruzado de fuerza y aeróbico pueden llevar a interferencias en las adaptaciones de estos entrenamientos. Estudios compronan la interferencia negativa del entrenamiento aeróbico sobre el de fuerza, principalmente cuando miramos las adaptaciones en el músculo esquelético. Ya otros estudios exponen que el entrenamiento cruzado de fuerza y aeróbico en las variables ergométricas. **Materiales y Métodos:** 33 sujetos del sexo masculino, fueron divididos en tres grupos: Grupo Control (GC; n=11); Grupo Aeróbico-Fuerza (GAF; n=11); e Grupo Fuerza-Aeróbico (GFA; n=11). El entrenamiento fue desarrollado en 12 semanas, siendo seis semanas de entrenamiento aeróbico y seis semanas de entrenamiento de fuerza. Al final de las seis semanas los grupos GAF y GFA cambiaban de entrenamiento. Evaluamos el  $VO_{2pico}$  a través de un test progresivo en cicloergometro y hallamos la potencia mecánica y el índice ergométrico (IErg). **Resultados:** Hallamos un aumento en el  $VO_{2pico}$ , potencia mecánica y IErg después del entrenamiento aeróbico, y un aumento no significativo en el grupo que entreno fuerza. Después del cambio de los entrenamientos no encontramos aumentos significativos. **Discusión:** El entrenamiento aeróbico provoco un aumento en las variables estudiadas, el de fuerza hecho después del aeróbico auxilio en la mantención de las ganancias logradas.

### PALABRAS CLAVE

Educación y Entrenamiento Físico, Ejercicio Aeróbico, Fuerza Muscular.

### INTRODUÇÃO

É um conflito científico evidente que o desenvolvimento dos componentes do treinamento de *endurance* e força, quando se aplicam simultaneamente, dificultam o desenvolvimento de alguns parâmetros de força e/ou aeróbicos<sup>1</sup>. Nas últimas duas décadas começou a se discutir o desenvolvimento da força e do *endurance* durante o treinamento concorrente. Os estudos apontam que existe uma inibição em algumas das adaptações, sobretudo na força, durante o treinamento combinado<sup>2</sup>. Estudos reportam que o treinamento de *endurance* está associado a adaptações periféricas e centrais, e, se isto ocorre, não tem nenhuma influência negativa sobre o treinamento adicional de força<sup>3</sup>. Uma possível redução nos parâmetros aeróbicos, em resposta ao treinamento

concorrente, pode ocorrer depois de 12 semanas de trabalho<sup>4</sup>. Esta mesma interferência foi observada no estudo de Sale *et al.*<sup>5</sup>, depois de 22 semanas de treinamento.

Em uma pessoa não treinada, o  $VO_{2máx}$  aumenta rapidamente de forma significativa, inclusive após uma semana de treinamento. Ao continuar o treinamento, o  $VO_{2máx}$  continua aumentando nos meses seguintes, mesmo que cada vez mais lentamente. Dessa maneira, em poucos meses, o  $VO_{2máx}$  praticamente se estabiliza, com um aumento de 15% a 20% em valores absolutos do  $VO_{2máx}$  consequência das adaptações cardiovasculares centrais e periféricas<sup>6,7</sup>. No entanto, a sobrecarga crônica do exercício sobre os músculos tem como consequência uma série de mudanças e adaptações da musculatura (são aumentados o número de mitocôndrias, a produção

de enzimas necessárias para o metabolismo dos ácidos gordurosos na célula muscular e o número de capilares no músculo)<sup>8</sup>. A consequência funcional destas adaptações musculares locais é altamente positiva: os músculos são capazes de utilizar ácidos gordurosos e menos glicogênio a um ritmo determinado. Além disso, uma maior parte do glicogênio metabolizado em piruvato entra na mitocôndria para completar o metabolismo oxidativo, em lugar de se converter em ácido láctico. Tudo isso se traduz em um aumento do limiar do lactato<sup>9</sup>, ou seja, passa a apresentar os mesmos níveis de lactacidemia se precisar produzir uma maior potência mecânica.

As adaptações que ocorrem no músculo em função do treinamento de força são significativas, tanto na *performance* do músculo como na estrutura anatômica. O armazenamento muscular de glicogênio aumenta depois deste tipo de treinamento, o que não surpreende se considerarmos a importância do glicogênio como combustível para períodos repetidos deste exercício<sup>10</sup>. Já Fry<sup>11</sup> relata que estudos longitudinais mostraram que a área transversa das fibras tipo II pode aumentar em até 50% depois de vários meses de treinamento com pesos. Foram relatados incrementos significativos na quantidade e na atividade das enzimas envolvidas na via glicolítica (em geral, fosfofrutoquinase) com o treinamento de velocidade e treinamento com pesos, sendo que as alterações mais notáveis surgem nas fibras tipo II. No entanto, a magnitude destas alterações não é tão grande como a observada com as enzimas oxidativas em resposta ao treinamento de resistência aeróbica. Por exemplo, um estudo relatou que a atividade da LDH no músculo vasto lateral dos levantadores de pesos de elite foi 62% maior nas fibras tipo II, em relação àquela dos indivíduos sedentários. A atividade desta enzima também foi 50% maior nas fibras tipo I dos levantadores de pesos, quando comparados com o grupo controle. Em atletas treinados em levantamento de peso, a atividade da miocinase nas fibras tipo I permaneceu inalterada, enquanto nas fibras tipo II se apresentou 40% mais elevada<sup>12,13</sup>.

Uma das adaptações fisiológicas do treinamento de força resulta em um aumento na massa muscular. Baseado nos princípios de treinamento, o treinamento de força causa adaptação específica no músculo esquelético, enquanto o treinamento aeróbico, contrariamente, estimula o aumento do consumo de oxigênio, a redução da gordura corporal, a pressão arterial, a tolerância à glicose e a proteção a doenças cardíacas<sup>14</sup>. Estudos prévios descreveram os benefícios do exercício aeróbico na capacidade cardiorrespiratória de pessoas idosas<sup>15</sup>. No

entanto, o exercício aeróbico tem um papel pequeno na melhora da força muscular<sup>16</sup>. Os estudos de McCarthy *et al.*<sup>17</sup> investigam a interação dos dois tipos de treinamento e comentam que o treinamento concorrente não interfere nas variáveis de *endurance*, principalmente o  $VO_{2max}$ . O treinamento combinado de força e *endurance* pode interferir, principalmente, no sistema neuromuscular, afetando a geração de força máxima. Outro estudo<sup>14</sup> provou a eficácia do treinamento aeróbico em um ergômetro tipo *step*, não encontrando nenhuma diferença no aumento da força máxima, e sim no  $VO_{2max}$ . O autor, porém, ressaltou que isto foi devido à adaptação ao ergômetro, e não ao treinamento.

Em razão do que foi exposto anteriormente, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e identificar as mudanças produzidas após 12 semanas de treinamento cruzado aeróbico e de força, sobre os parâmetros ergométricos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Aprovação do estudo

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Itaúna, sob o protocolo 018/05.

### Amostra

Participaram do estudo 33 jovens do sexo masculino, com uma idade média de  $22,57 \pm 3,16$  anos, estudantes do INEF da Universidade de Itaúna - MG, sendo que eles não eram praticantes de esportes de caráter competitivo.

Os voluntários do estudo foram divididos em três grupos, sendo 11 em cada um. Estes grupos foram denominados Grupo Controle (GC), Grupo Aeróbico-Força (GAF) e Grupo Força-Aeróbico (GFA). Cada sujeito foi informado sobre os riscos e benefícios do estudo, sendo-lhes dado o direito de se retirarem do estudo em qualquer momento. Em seguida, assinaram um consentimento livre e esclarecido.

Na Tabela 1 estão descritas as características físicas dos sujeitos.

### Teste progressivo para identificação do $VO_{2max}$ , potência mecânica e índice ergométrico (IErg)

Para o  $VO_{2max}$  foi utilizada a equação proposta por Astrand & Rodahl (1987)<sup>18</sup>, que tem o seguinte protocolo: o tempo dos estágios é de 3min; a frequência de pedaladas é de 60rpm (rotações por minuto); a carga de início é de 50W; os incrementos ao final de cada estágio

**Tabela 1 - Características físicas dos sujeitos**

n	idade (anos)	altura (cm)	peso (kg)	%G
33	22,58 ± 3,16	175,07 ± 5,56	71,38 ± 8,57	11,56 ± 5,30

são de 50W; e o teste termina quando o avaliado já não pode mais manter a frequência de pedaladas com a carga relacionada ao nível do estágio alcançado:

$$VO_{2m\acute{a}x} = \frac{CMFT \times 12 + 300}{\text{peso}}$$

onde,

CMFT = carga máxima no final do teste (em watts)

peso = peso corporal (em kg).

A carga máxima no final do teste foi considerada como a máxima potência mecânica desenvolvida.

O IÉrg foi calculado através da potência mecânica conseguida em uma divisão com a massa magra do sujeito avaliado ( $W \cdot kg^{-1}$ ).

As avaliações foram realizadas em três momentos do estudo, sendo: a primeira, antes de começar o treinamento (Momento 1); a segunda, no final da 6ª semana de treinamento, antes da mudança (Momento 2); e a terceira e última, no final das 12 semanas de treinamento (Momento 3).

### Treinamento

O GAF executou 12 semanas de treinamento, sendo seis semanas de treinamento aeróbico e seis semanas de treinamento de força, nesta ordem. O GFA fez uma programação inversa ao grupo anterior, sendo que nas primeiras seis semanas executou o treinamento de força e nas últimas seis semanas fez o treinamento aeróbico. As intensidades e duração de cada um dos programas de treinamento estão descritos na Tabelas 2 e 3.

### Análise estatística

Na análise estatística foi utilizado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para verificação da distribuição da amostra. Além de utilizar o teste estatístico Anova de um fator para a comprovação estatística, com a utilização do teste estatístico Post-Hoc para verificar as diferenças entre os grupos e os momentos. Na análise,

em cada um dos grupos foi utilizado o Teste "t" para amostras relacionadas, sendo que para a comprovação significativa foi utilizado  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

Os valores encontrados na ergometria e suas respectivas variáveis, como o  $VO_{2pico}$  absoluto, a potência mecânica e o IÉrg se encontram nas Tabelas 4, 5, 6 e 7, juntamente com as comprovações estatísticas. Ao fazer a análise estatística dentro dos grupos, verificamos que o GAF apresentou diferenças significativas nas variáveis  $VO_{2pico}$  absoluto, potência mecânica e IÉrg, entre os Momentos 1-2 e entre os Momentos 1-3 (Tabela 5). O GFA apresentou diferenças significativas nas variáveis  $VO_{2pico}$  absoluto, potência mecânica e IÉrg, entre os momentos 1-3 (Tabela 6).

Quando fizemos a análise estatística dentro dos grupos, não encontramos diferenças significativas nas variáveis  $VO_{2pico}$  absoluto e potência mecânica (Gráficos 1 e 2). Já no IÉrg encontramos diferença significativa entre o GC e o GFA no Momento 3 (Gráfico 3).

## DISCUSSÃO

### $VO_{2m\acute{a}x}$

O  $VO_{2m\acute{a}x}$  reflete o limite da capacidade aeróbica no transporte e utilização de oxigênio em todo o corpo, além de ser um parâmetro extensamente utilizado que reflete a interação efetiva dos sistemas nervoso, cardiopulmonar e metabólico<sup>19</sup>.

Os sujeitos de nosso estudo mostraram valores de  $VO_{2pico}$  de  $3,19L \cdot min^{-1}$  no GC,  $3,08L \cdot min^{-1}$  no GAF e de  $3,19L \cdot min^{-1}$  no GFA. Ao comparar nossos resultados com outros estudos feitos com esportistas altamente treinados, observamos que são claramente inferiores aos encontrados<sup>20,21</sup>. Quando comparamos com valores de estudos

**Tabela 2 - Programação do treinamento aeróbico**

semanas	nº de sessões	tempo de duração (min)	intensidade FC	intensidade $VO_{2m\acute{a}x}$
0 - 2	10	45-60	60-70%	50-60%
2 - 4	10	45-60	70-80%	60-70%
4 - 6	10	45-60	80-90%	70-80%

**Tabela 3 - Programação do treinamento de força**

semanas	nº de sessões	nº de séries	intensidade de trabalho (% 1RM)	intervalo de descanso (s)
0 - 2	10	4 x 12	60-70%	60
2 - 4	10	4 x 10	70-80%	90
4 - 6	10	4 x 8	80-90%	120

feitos com povoações não-treinadas, notamos que nossos sujeitos possuem uma boa condição aeróbica<sup>19,22</sup>, estando dentro de padrões normais de  $\text{VO}_2$ .

No final de seis semanas de treinamento, o GAF aumentou de forma significativa o  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  (12%), aumento este que não verificamos no GC nem no GFA. Estudos prévios já descreviam os benefícios do exercício aeróbico na capacidade cardiorrespiratória de jovens, adultos e idosos<sup>15</sup>. Estes dados concordam com os escritos de Terjung<sup>23</sup>, que dizem que o treinamento aeróbico aumenta o potencial oxidativo do músculo. Além disso, Lucia *et al.*<sup>24</sup> reportam que o treinamento de *endurance* se traduz em uma mudança nas adaptações neuromusculares que ocorre no recrutamento das unidades motoras. Häkkinen *et al.*<sup>25</sup> demonstram um aumento de 18,5% no  $\text{VO}_2$  depois de 21 semanas de treinamento de *endurance*, enquanto nós encontramos somente 12%. Esta diferença parece ser reflexo de um menor tempo de treinamento executado em nosso estudo (seis semanas). Temos de ressaltar também que o GFA não apresentou aumentos significativos, mas aumento seu  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  em 11%, que é muito similar ao aumento que aconteceu no GAF, mostrando que o treinamento de força ajudou

no desenvolvimento da capacidade aeróbica<sup>26</sup>, porém diferente de outros estudos<sup>27,28</sup>.

Nas seis semanas seguintes houve um cruzamento dos treinamentos, onde não encontramos nenhuma mudança significativa. É de se destacar que o GFA não apresentou melhora no  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  após seis semanas de treinamento aeróbico, semelhante ao desenvolvido pelo GAF anteriormente. Isto nos faz pensar que o treinamento prévio de força afetou negativamente a melhora do  $\text{VO}_2$ , como mostra vários estudos que demonstram a interferência negativa do treinamento de força sobre o aeróbico<sup>3,17,29</sup>. Se bem vale aduzir que esta diferença não se fez significativa, porque o treinamento de força prévio produziu melhoras no  $\text{VO}_2$  e, portanto, o ponto de partida aeróbico era superior ao de partida do GAF. Por conseguinte, este ponto necessita de maiores esclarecimentos nos próximos estudos que realizaremos. Calbet *et al.*<sup>31</sup> demonstraram que o treinamento de força afeta a manutenção do  $\text{VO}_2$  depois de seis semanas de treinamento de força. O mesmo ocorreu em um estudo com 12 semanas de treinamento<sup>4</sup> e também em um estudo que teve a duração de 22 semanas de treinamento<sup>5</sup>. Porém, em nosso estudo, o GAF não apresentou nenhuma redução no  $\text{VO}_2$ ,

**Tabela 4 - Variáveis ergométricas no Grupo Controle**

Momentos	$\text{VO}_{2\text{pico}}$ absoluto ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	potência mecânica (W)	índice ergométrico ( $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
1	3,41 ± 0,34	236,36 ± 43,12	3,66 ± 0,40
2	3,42 ± 0,34	236,36 ± 43,12	3,68 ± 0,39
3	3,40 ± 0,36	236,36 ± 43,12	3,69 ± 0,40

**Tabela 5 - Variáveis Ergométricas no Grupo Aeróbico-Força**

Momentos	$\text{VO}_{2\text{pico}}$ absoluto ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	potência mecânica (W)	índice ergométrico ( $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
1	3,08 ± 0,46	231,81 ± 38,56	3,60 ± 0,65
2	3,46 ± 0,36 <sup>A</sup>	263,36 ± 30,82 <sup>C</sup>	4,11 ± 0,50 <sup>E</sup>
3	3,51 ± 0,28 <sup>B</sup>	268,18 ± 24,05 <sup>D</sup>	4,14 ± 0,41 <sup>F</sup>

<sup>A</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-2  $p \leq 0,05$

<sup>B</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-3  $p \leq 0,01$

<sup>C</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-2  $p \leq 0,05$

<sup>D</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-3  $p \leq 0,01$

<sup>E</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-2  $p \leq 0,05$

<sup>F</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-3  $p \leq 0,01$

**Tabela 6 - Variáveis ergométricas no Grupo Força-Aeróbica**

Momentos	$\text{VO}_{2\text{pico}}$ absoluto ( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ )	potência mecânica (W)	índice ergométrico ( $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
1	3,19 ± 0,52	236,36 ± 45,22	3,75 ± 0,47
2	3,57 ± 0,49	250 ± 31,62	4,00 ± 0,62
3	3,62 ± 0,49 <sup>A</sup>	272,72 ± 34,77 <sup>B</sup>	4,34 ± 0,43 <sup>C</sup>

<sup>A</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-3  $p \leq 0,05$

<sup>B</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-3  $p \leq 0,05$

<sup>C</sup> Diferença estatisticamente significativa entre os Momentos 1-3  $p \leq 0,05$

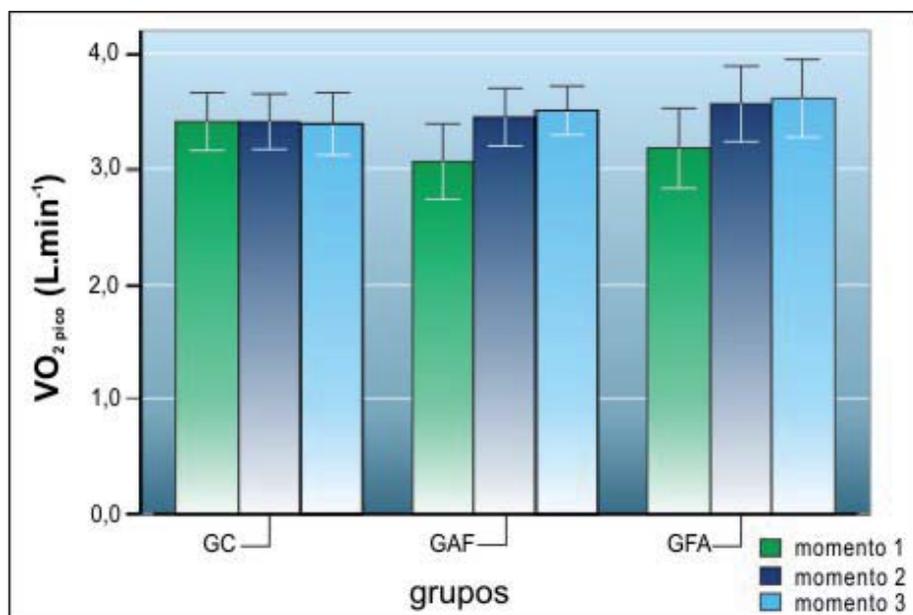
inclusive mostra um discreto aumento nos valores do  $VO_2$ , indicando que o treinamento de força pode ser suficiente para manter os lucros de capacidade aeróbica<sup>26</sup>, pelo menos em sujeitos não-treinados.

### Potência mecânica e índice ergométrico

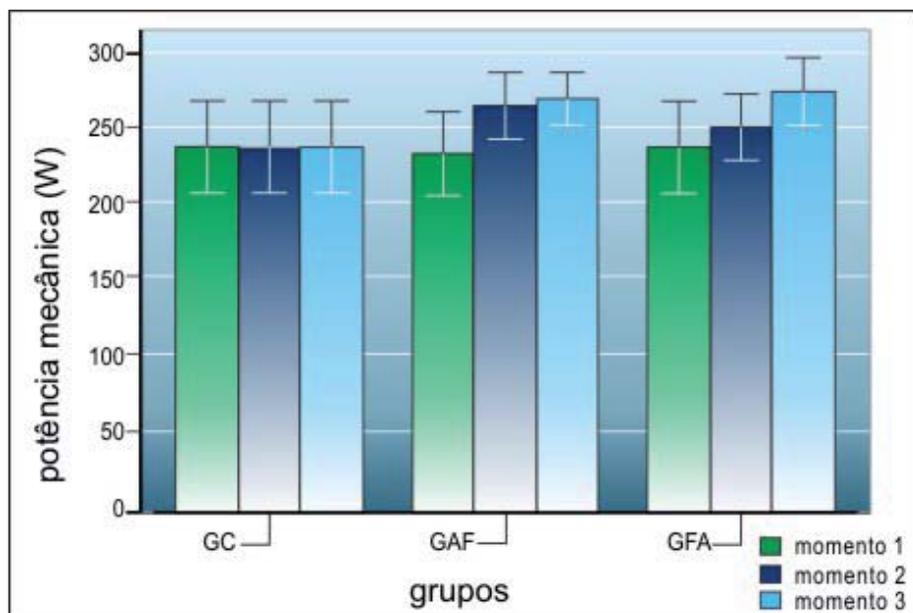
Nossos sujeitos alcançaram uma potência mecânica de 236W no GC, 231W no GAF e 236W no GFA. Lucia *et al.*<sup>32,33</sup> afirmam que o IErg é uma variável mais importante do que a potência, para determinar a eficiência de um ciclista. Ao comparar nossos resultados com os estudos que demonstram resultados da potência mecânica em ciclistas amadores e profissionais, relatam em média de 388W<sup>20,34,35</sup>. Mas esta grande diferença se deve, além do nível de treinamento e do conhecimento e experiência no

ergômetro<sup>36</sup>, às diferenças nos protocolos, já que estes estudos utilizaram incrementos de 25W a cada 1min, enquanto nós utilizamos incrementos de 50W a cada 3min. Quando comparamos nossos resultados com os de estudos com populações fisicamente ativas, verificamos que nossos sujeitos possuem uma boa condição aeróbica<sup>22,37,38</sup>.

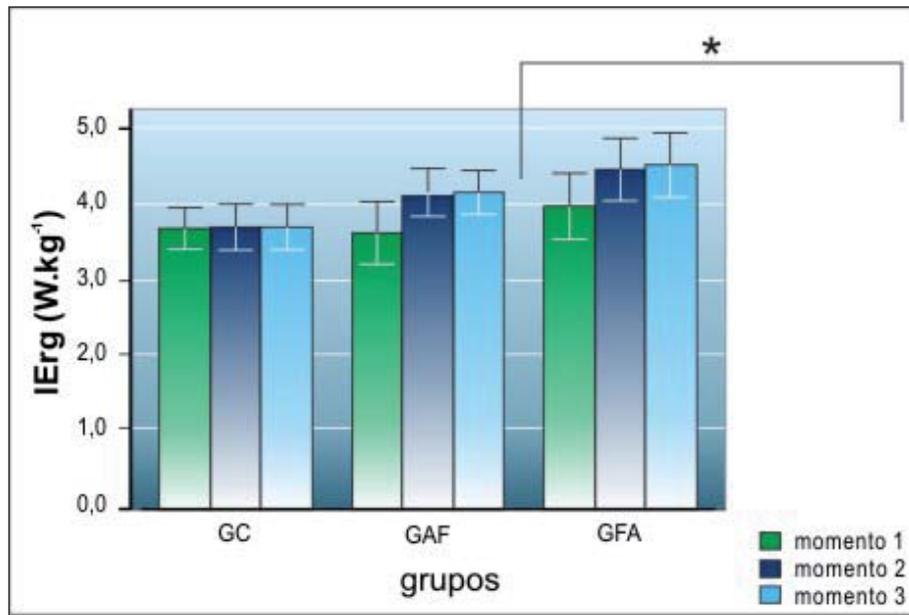
Após seis semanas de treinamento observamos incrementos significativos na potência mecânica desenvolvida pelo GAF. Quanto aos outros dois grupos, não notamos nenhum aumento significativo. Estes achados concordam com o que afirmam Holloszy & Coyle<sup>39</sup>, que dizem que o treinamento aeróbico faz com que ocorra um aumento na capacidade de gerar potência mecânica em uma prova progressiva máxima. Muitas investigações comentam



**Gráfico 1** - Comparação do  $VO_{2\text{pico}}$  entre os grupos e momentos



**Gráfico 2** - Comparação da potência mecânica entre os grupos e momentos



**Gráfico 3** - Comparação do índice ergométrico entre os grupos e momentos

\* Diferença estatisticamente significativa entre o GC-GFA no momento 3 ( $p \leq 0,05$ )

que o treinamento aeróbico produz mudanças na atividade metabólica das enzimas presentes no metabolismo aeróbico<sup>3</sup>. Calbet<sup>31</sup> afirma que o treinamento aeróbico produz adaptações, como o aumento do número de mitocôndrias, que faz com que aumente também o  $VO_2$  e a potência, mas este aumento ocorre também em função da intensidade, da frequência e do tempo de treinamento. Já Campos *et al.*<sup>40</sup> não encontraram aumento no IErg e na potência mecânica em dois dos três grupos de seu estudo com diferentes intensidades de treinamento, sendo que o único que apresentou ganhos na potência foi o grupo que treinou com uma intensidade maior, como aconteceu com nossos sujeitos do GAF, que treinaram com uma intensidade entre 60% e 80% do  $VO_{2máx}$ , chegando em muitos casos a ser próximo ou acima do limiar do lactato, que estimula o desenvolvimento do treinamento aeróbico<sup>41,42</sup>.

Seguindo a metodologia do trabalho no segundo período de seis semanas, houve o cruzamento dos treinamentos, onde não encontramos diferenças significativas na potência mecânica. É de ressaltar os valores de potência mecânica atingida pelo GFA depois do treinamento aeróbico que, apesar de melhorar 9%, não o fez de forma estatisticamente significativa, nos mostrando mais uma vez que o treinamento de força realizado *a priori* pode interferir negativamente no desenvolvimento aeróbico, como já tinha ocorrido com o GAF, que treinou aeróbico primeiro e apresentou um aumento de 13%. Nossos resultados são similares aos descritos por Leveritt *et al.*<sup>2</sup>, que diz que o treinamento de força prévio pode não ajudar no desenvolvimento das variáveis aeróbicas. Os resultados que encontramos com o cruzamento dos treinamentos não deixar as mesmas dúvidas expressas por Tesch<sup>43</sup>, que afirma ainda existir muita controvérsia sobre a existência ou não de influência do treinamento de força sobre a ati-

vidade metabólica das enzimas musculares, dúvidas estas que investigações afirmam não existir<sup>44</sup>, confirmando que ocorre uma diminuição das enzimas específicas marcadoras da atividade contrátil do metabolismo aeróbico. Parece-nos fundamental ressaltar o ocorrido com o GAF, que treinou força no segundo período de seis semanas, cujos resultados conseguidos, aumento de somente 1%, nos levou a crer que o treinamento de força foi suficiente para não produzir perdas na potência mecânica. Isso pode ser devido a uma melhor sincronização da atividade contrátil das fibras musculares tipo II<sub>o</sub>, que são fibras rápidas-intermediárias, que possuem características histoquímicas que pode ajudar na manutenção das prestações aeróbicas<sup>45,46,47</sup>.

Encontramos no estudo que o treinamento aeróbico de seis semanas ajudou a melhorar as variáveis ergométricas avaliadas, principalmente quando este foi executado como primeiro treinamento, em um grupo de sujeitos saudáveis não-treinados. O treinamento de força mostrou ajudar no desenvolvimento da potência e do IErg, e este mesmo treinamento se manifestou eficiente para manter as prestações aeróbicas conseguidas no treinamento aeróbico. Temos que seguir estudando os efeitos do treinamento cruzado para encontrar respostas às questões que surgiram neste estudo, como o aumento do  $VO_2$  com o treinamento de força, que pode haver apresentado uma interferência nos ganhos, provocada pelo treinamento aeróbico posterior. Ainda devemos seguir estudando o efeito deste modelo de treinamento nas prestações de força.

## REFERÊNCIAS

1. Hennessy LC, Watson AWS. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *J. Strength Cond Res.* 1994;8:12-9.

2. Leveritt M, Abernethy PJ, Barry B, Logan P. Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. *J Strength Cond Res.* 2003;17:503-8.
3. Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham RM, Quinney HA. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentration in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81:418-27.
4. Nelson AG, Arnall DA, Loy SF, Sivester LJ, Conlle RK. Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Phys Ther.* 1990;70:287-94.
5. Sale D, Jacobs I, Macdougall J, Garner S. Comparison of two regimes of concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22:348-56.
6. Lepretre PM, Koralsztein JP, Billat VL. Effect of exercise intensity on relationship between  $\text{VO}_{2\text{max}}$  and cardiac output. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:1357-63.
7. Caputo F, Greco CC, Denadai BS. Efeitos de estado e especificidade do treinamento aeróbio na relação  $\% \text{VO}_{2\text{max}}$  versus  $\% \text{FC}_{\text{max}}$  durante o ciclismo. *Arq Bras Cardiol.* 2005;84:20-3.
8. Donovan CM, Sumida DD. Training enhanced hepatic gluconeogenesis: the importance for glucose homeostasis during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:628-34.
9. Londeree BR. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:837-43.
10. Mujika I, Padilla S. Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(3):413-21.
11. Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med.* 2004;34:663-79.
12. Tesch P, Komi PV, Häkkinen K. Enzymatic adaptations consequent to long-term strength training. *Int J Sports Med.* 1987;8:66-99.
13. Harmer AR, Mckenna MJ, Sutton JR, Snow RJ, Ruell PA, Booth J, *et al.* Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. *J Appl Physiol.* 2000;89:1793-803.
14. Hass CJ, Garzarella L, De Hoyos DV, Connaughton DP, Pollock ML. Concurrent improvements in cardiorespiratory and muscle fitness in response to total body recumbent stepping in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85:157-63.
15. Kasch FW, Boyer JL, Schmidt PK, Wells RH, Wallace JP, Verity LS, *et al.* Ageing of the cardiovascular system during 33 years of aerobic exercise. *Age Ageing.* 1999;28:531-6.
16. Doherty TJ. Invited review: aging and sarcopenia. *J Appl Physiol.* 2003;95:1717-27.
17. Mccarthy JP, Poznyak MA, Agre JC. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:511-9.
18. Astrand PO, Rodahl K. *Fisiología del trabajo físico: bases fisiológicas del ejercicio.* 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 1986.
19. Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick H, Whipp BJ. The maximally attainable  $\text{VO}_2$  during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *J Appl Physiol.* 2003;95:1901-7.
20. Bentley D, Mcnaughton LR, Batterham AM. Prolonged stage duration during incremental cycle exercise: effects on the lactate threshold and onset of blood lactate accumulation. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85:351-7.
21. Mujika I, Padilla S. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Med.* 2001;31:479-87.
22. Kohler G, Boutellier U. Glycogen reduction in non-exercising muscle depends on blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92:548-54.
23. Terjung RL. Adaptações musculares ao treinamento aeróbico. *Sports Sci Exchange.* 1998;14:1-10.
24. Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL. The slow component of  $\text{VO}_2$  in professional cyclists. *Br J Sports Med.* 2000;34:367-74.
25. Häkkinen K, Alen M, Kraemer WJ, Gorostiaga E, Izquierdo M, Rusko H, *et al.* Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:42-52.
26. Maiorana A, O'Driscoll G, Dembo L, Cheatham C, Goodman C, Taylor R, *et al.* Effect of aerobic and resistance exercise training on vascular in heart failure. *Am. J. Physiol. Heart Circ Physiol.* 2000;279:H1999-H2005.
27. Keller LK, Finkelstein LH, Miller W, Fernhall B. Early-phase adaptations of traditional speed vs superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *J Strength Cond Res.* 2001;15:309-14.
28. Kraemer WJ, Hakkinen K, Triplett-McBride NT, Fry AC, Koziris LP, Ratamess NA, *et al.* Physiological changes with periodized resistance in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:157-68.
29. Hickson RC. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol.* 1980;215:255-63.
30. Glowacki SP, Martin SE, Maurer A, Baek W, Green JS, Crouse SF. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:2119-27.
31. Calbet JAL. Factores determinantes de la resistencia cardiorrespiratoria: Papel del aparato respiratorio. *Arch Med Deporte.* 1998;63:47-58.
32. Lucia A, Pardo J, Durántez A, Hoyos J, Chicharro JL. Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int J Sports Med.* 1998;19:342-8.
33. Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Perez M, Chicharro JL. Kinetics of  $\text{VO}_2$  in professional cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:320-5.
34. Chicharro JL, Carvajal A, Pardo J, Pérez M, Lucia A. Physiological parameters determined of OBLA vs. A fixed heart rate of 175 beats.min<sup>-1</sup> in an incremental test performed by amateur and professional cyclists. *Jap J Physiol.* 1999;49:63-9.
35. Cleuziou C, Perrey S, Lecoq AM, Candau R, Courteix D, Obert P. Oxygen uptake kinetics during moderate and heavy intensity exercise in humans: The influence of hypoxia and training status. *Int Journal Sports Med.* 2005;26:356-62.
36. Ashe MC, Scroop GC, Frisken PI, Amery CA, Wilkins MA, Khani KM. Body position affects performance in untrained cyclists. *Br J Sports Med.* 2003;37:441-4.
37. Schneider DA, Mclellan TM, Gass GC. Plasma catecholamine and blood lactate responses to incremental arm and leg exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:608-13.
38. Koga S, Barstow TJ, Shiojiri T, Takaisji T, Yoshi Yuki F, Kondo N, *et al.* Effect of muscle mass on kinetics at the onset work. *J Appl Physiol.* 2001;90:461-8.
39. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol.* 1984;56:831-8.
40. Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, *et al.* Muscular adaptations in response to three different resistance training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:50-60.
41. Dressendorfer RH, Petersen SR, Moss-Lovshin SE, Hannon JL, Lee SF, Bell GJ. Performance enhancement with maintenance of resting immune status after intensified cycle training. *Clin J Sports Med.* 2002;12:301-7.
42. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 2005;35:501-36.
43. Tesch P. Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20:S132-S4.
44. Abernethy PJ, Jurimae J, Logan PA, Taylor AW, Thayer RE. Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Med.* 1994;17:22-8.
45. Elder GCB, Bradbury K, Roberts R. Variability of fiber type distributions within human muscles. *J Appl Physiol Respirat Environ Exercise Physiol.* 1982;53:1473-80.
46. Staron RS. Human skeletal muscle fiber type: Delineation, development, and distribution. *Can J Appl Physiol.* 1997;22:307-27.
47. Lutz GJ, Lieber RL. Skeletal muscle myosin II structure and function. *Exerc Sports Sci Rev.* 1999;27:63-77.

Recebido: 10/10/08 - Aceito: 15/03/09