

## Influência do exercício físico na composição química da massa corporal magra de ratos submetidos à restrição alimentar

Rogério Graça Pedrosa<sup>1</sup>, Julio Tirapegui<sup>1,\*</sup>, Marcelo Macedo Rogero<sup>1</sup>, Inar Alves de Castro<sup>1</sup>,  
Ivanir Santana de Oliveira Pires<sup>1</sup>, Antônio Altair Magalhães de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, <sup>2</sup>Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo

*A combinação de uma dieta para redução de peso corporal com exercício físico (EF) pode resultar em menor diminuição de massa magra (MM), quando comparada ao uso da dieta como única estratégia de emagrecimento. Contudo, pouco se conhece sobre a influência dessa combinação na composição química da MM. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo verificar o efeito do EF na composição química da MM de ratos submetidos à restrição alimentar (RA). Trinta e seis ratos Wistar (315 ± 15 g) foram divididos em 6 grupos: sedentário, com dieta ad libitum (S); treinado, com dieta ad libitum (T); S, com RA de 25% (RA25%); S, com RA de 50% (RA50%); T, com RA de 25% (T + RA25%) e T, com RA de 50% (T + RA50%). O experimento durou seis semanas e o treinamento utilizado foi a natação, com sobrecarga de 5% do peso corporal, cinco sessões/semana de 60 minutos cada. Foram avaliadas a composição química da carcaça e a concentração de glicogênio e de proteína no músculo gastrocnêmio dos animais. O percentual de proteína da carcaça e a concentração de proteína do músculo gastrocnêmio dos animais dos grupos T + RA25% e T + RA50% foram menores ( $p < 0,05$ ) em relação ao observado nos grupos RA25% e RA50%, respectivamente. Por outro lado, o percentual de umidade da carcaça e a concentração de glicogênio encontrada no músculo gastrocnêmio dos animais dos grupos T + RA25% e T + RA50% foram maiores ( $p < 0,05$ ) em relação ao observado nos grupos RA25% e RA50%, respectivamente. Os resultados sugerem que o EF, quando associado à RA, promove aumento das concentrações de glicogênio e de água associada na MM, quando comparado ao efeito isolado da RA.*

### Unitermos

- Restrição alimentar
- Exercício físico
- Redução de peso
- Massa magra

### \*Correspondência:

J. Tirapegui  
Departamento de Alimentos e  
Nutrição Experimental  
FCF - USP  
Caixa Postal 66335  
05389-970 - São Paulo - SP - Brasil  
E-mail: tirapegu@usp.br

## INTRODUÇÃO

A composição corporal foi investigada em inúmeros trabalhos com a finalidade de compreender os efeitos, tanto da restrição calórica ou alimentar (RC ou RA), como os do exercício físico (EF), sobre seus dois principais componentes, caracterizados por massa gorda (MG) e massa magra (MM) (Kraemer *et al.*, 1997; Ross *et al.*, 1995; Ballor, Poehlman, 1994,1995).

Um dos objetivos de um tratamento para redução de peso corporal refere-se à maximização da redução de MG, concomitante à menor perda de MM (EPIETOA, 1998). Tratamentos que combinam RC ou RA com EF podem resultar em maior preservação da MM, quando comparados a aqueles que utilizam a dieta como única estratégia de emagrecimento (Garrow, Summerbell, 1995). Apesar do consenso sobre o efeito favorável resultante da combinação do EF com a RC ou RA na composição corporal, alguns estudos apresentam resultados controversos (EPIETOA, 1998; Kraemer *et al.*, 1997; Ross *et al.*, 1995). Pesquisas têm relatado que o EF aliado à RC ou RA produz perda significativa de peso e de MG, com preservação da MM (Ross *et al.*, 1995; Ballor, Poehlman, 1994). Entretanto, outros pesquisadores não observaram esse benefício, na mesma situação (Kraemer *et al.*, 1997; Ballor, Poehlman, 1995). Essa divergência de resultados pode ser decorrente de diferentes tipos de RC ou RA e de EF utilizados nesses estudos.

Outro aspecto em relação à preservação da MM, pela combinação do EF com dieta para redução de peso, foi discutido na meta-análise realizada por Garrow e Summerbell (1995). Os autores sugeriram que esse efeito ocorre, em parte, pela preservação do seu componente fluídico, formado por água e glicogênio; indivíduos exercitados apresentam aumento dos estoques de glicogênio muscular e da água intracelular associada a este composto (glicogênio: água = 1 g: 2-4 g) (Heymsfield *et al.*, 1989). Deste modo, concluiu-se que parte da preservação da MM, resultante da combinação das duas estratégias (dieta e EF), seria decorrente do aumento do volume das células musculares e não da conservação das proteínas estruturais que as compõem. Essa discussão foi baseada em resultados da avaliação indireta das alterações na composição corporal.

Portanto, a realização de estudos que verifiquem os efeitos da RC ou RA e/ou do EF na composição da MM, utilizando técnicas diretas, pode contribuir para a elucidação desta questão. Dessa maneira, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos do EF na composição química da MM de ratos submetidos a dois níveis de RA.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

#### *Animais e dieta*

O presente estudo foi realizado com 36 ratos Wistar, machos adultos ( $315 \pm 15$  g), fornecidos pelo Biotério da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, mantidos em gaiolas individuais, em ambiente climatizado a  $22^\circ\text{C}$  e com ciclo biológico invertido (12 h claro/12 h escuro - luz acesa às 19 h), por um período de 8 semanas. A dieta foi preparada de acordo com as recomendações do *American Institute of Nutrition* (AIN-93M) (Reeves, 1997). Durante o experimento, os animais tiveram livre acesso à água.

Inicialmente, os animais foram alimentados *ad libitum* durante duas semanas, visando a adaptação às novas condições e à determinação do consumo de ração, realizada durante a segunda semana. A média dos valores referentes ao consumo de ração pelos 36 animais foi utilizada para determinar a quantidade de ração oferecida, diariamente, aos grupos submetidos à RA, durante as seis semanas seguintes de experimento. Sendo assim, os grupos submetidos à RA de 25% passaram a consumir diariamente 75% da ração ingerida habitualmente durante a segunda semana de adaptação, enquanto aqueles submetidos à RA de 50% passaram a consumir diariamente 50% de ração.

#### *Protocolo experimental*

O EF foi caracterizado por treinamento em um sistema de natação (Vieira *et al.*, 1988), durante período de seis semanas. A natação foi realizada cinco vezes por semana com um adicional de sobrecarga, confeccionada com pedaços de chumbo, fio de náilon e elástico, atada à cauda do animal. Nas duas primeiras semanas houve adaptação à água, mantida à temperatura de  $31 \pm 2^\circ\text{C}$ , e ao treinamento, com aumento gradual das sobrecargas até atingirem 5% do peso corporal. Após este período inicial, foram quatro semanas de treinamento propriamente dito (Lancha Jr., 1994).

A esquematização do experimento, composto por seis grupos de animais ( $n=6$ ), seguiu conforme planejamento apresentado na Tabela I.

O consumo da ração foi determinado diariamente. Os animais foram pesados três vezes por semana e o resultado individual, dos ratos exercitados, serviu para atualizar as sobrecargas utilizadas durante o exercício.

Ao término das seis semanas, os animais foram sacrificados por decapitação. Fígado, músculos gastrocnêmios e sóleos, de ambas as patas, foram retirados, pesa-

**TABELA I** - Planejamento dos grupos experimentais

Grupos	Dieta	Exercício
S	<i>ad libitum</i>	Não
T	<i>ad libitum</i>	Sim
RA25%	RA de 25%	Não
RA50%	RA de 50%	Não
T + RA25%	RA de 25%	Sim
T + RA50%	RA de 50%	Sim

dos, embalados e mantidos em nitrogênio líquido até o momento de serem acondicionados em “freezer”. Este procedimento foi realizado em tempo menor que 3 minutos, após o sacrifício de cada animal. O trato gastrointestinal foi totalmente esvaziado e lavado com soro fisiológico. Amostras de tecido (fígado, músculos gastrocnêmios e sóleos) foram mantidas em “freezer” a - 80 °C até o momento das análises. O restante da carcaça foi acondicionado em “freezer” a - 20 °C até a análise da composição corporal.

### Métodos

A composição corporal dos animais foi determinada a partir da análise química da carcaça, que avaliou o percentual de gordura, proteína, umidade e MM. Inicialmente, as carcaças foram acondicionadas, de forma individual, em um bequer vedado e autoclavadas a 127 °C/ 1 atmosfera, por 90 minutos. A seguir, foram homogeneizadas, individualmente, em liquidificador industrial. Aproximadamente 70 mL do homogenato foram coletados e acondicionados em “freezer” a - 20 °C, até o momento das determinações.

A gordura da carcaça foi determinada pela técnica de extração com solvente, utilizando-se o aparelho Soxhlet e, como solvente, o éter etílico (Cecchi, 1999). A proteína da carcaça foi determinada pelo método de Kjeldahl (Cannon, Olitzky, Inkpen, 1974) e a umidade pela técnica de secagem em estufa (Cecchi, 1999). O percentual de MM foi obtido pela subtração do percentual de gordura pelo percentual total da carcaça, conforme a seguinte equação:

$$\%MM = 100\% - \%G$$

sendo %G =percentual de gordura

A determinação da concentração de glicogênio muscular e hepático foi baseada no método proposto por Hassid e Abraham (1957), e a da concentração de proteí-

na hepática e muscular, pelo método colorimétrico descrito por Lowry *et al.* (1951).

### Análise Estatística

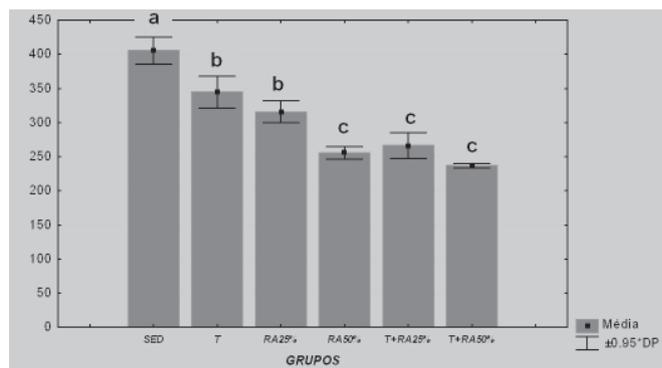
Os resultados obtidos nos seis grupos experimentais ao final do experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA “two way”) sendo os contrastes, quando significativos, identificados pelo teste de Tukey HSD, adotando-se previamente valor  $\alpha = 0,05$ . O consumo médio de ração entre os grupos S e T, que não foram submetidos à RA, foi analisado pelo “Teste t” para variáveis independentes. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se o *software* Statistica v6.

## RESULTADOS

O consumo médio de ração pelos 36 animais, durante a segunda semana de adaptação, foi  $21,4 \pm 1,4$  g. Desta forma, a quantidade de ração oferecida para os grupos de animais submetidos à RA de 50% e 25% foi de 10,7 g/dia e de 16 g/dia, respectivamente. O peso médio dos animais ( $315 \pm 15$  g) não diferiu, significativamente, entre todos os grupos ( $p < 0,05$ ), no início da primeira semana do experimento, permitindo a análise dos valores em termos absolutos.

O consumo de ração dos animais do grupo S ( $22,51 \pm 2,21$  g) foi maior ( $p < 0,05$ ) que o dos animais do grupo T ( $19,03 \pm 1,01$  g), apesar de durante as seis semanas de experimento, terem recebido dieta *ad libitum*. Não foram observados desperdícios e sobras de ração dos animais submetidos à RA, durante as seis semanas do experimento.

De acordo com a figura 1, todos os grupos de animais submetidos a alguma estratégia para redução de peso



**FIGURA 1** – Peso corporal médio (g) ± desvio padrão (DP) no final do período experimental (42º dia). Peso corporal médio inicial ( $315 \pm 15$  g) para todos os grupos. Colunas com a mesma letra não diferem significativamente ( $p < 0,05$ )

corporal apresentaram menor peso ( $p < 0,05$ ) em relação ao grupo S; os pesos corporais finais encontrados nos grupos T e RA25% não apresentaram diferença estatisticamente significativa, quando comparados entre si; os grupos RA50%, T + RA25%, T + RA50%, também não apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação ao peso corporal final, quando comparados entre si.

Na Tabela II, foi verificado que os percentuais de proteína foram significativamente maiores nos grupos T, RA25%, RA50%, T + RA25% e T + RA50%, em relação ao valor encontrado no grupo S (14, 31, 30, 19 e 16%, res-

pectivamente). Os percentuais de umidade observados nos grupos RA25%, RA50%, T + RA25% e T + RA50% foram superiores ( $p < 0,05$ ) em relação ao do grupo S (5, 9, 10 e 13%, respectivamente).

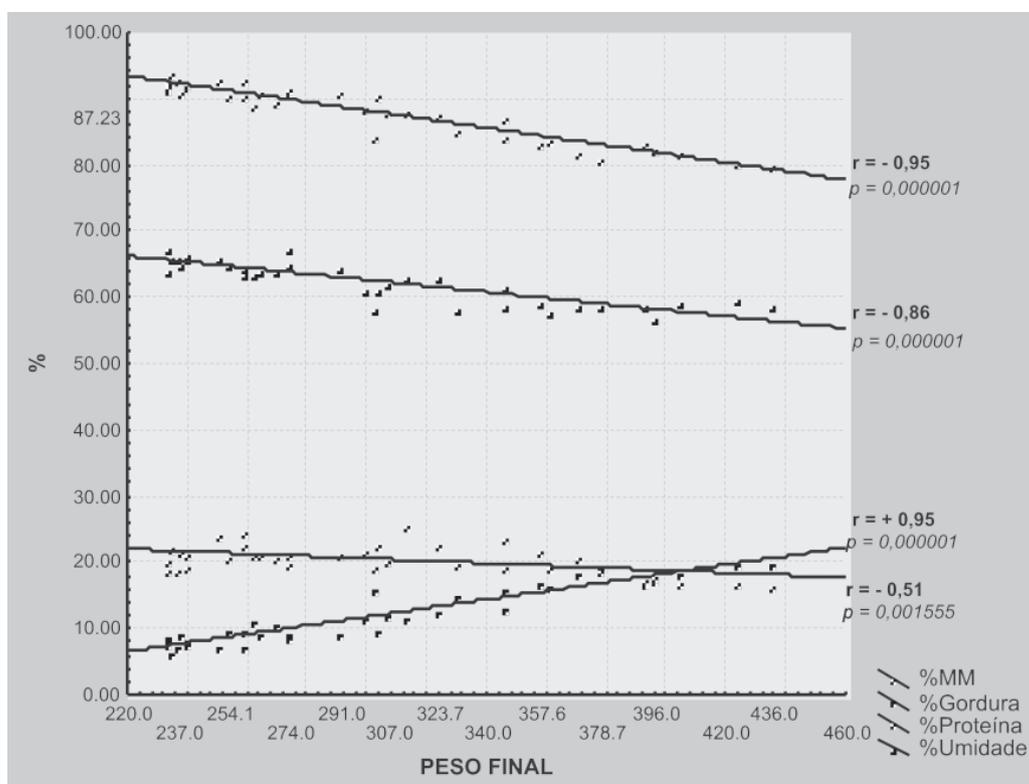
Foi observada, também (Figura 2), correlação significativa entre os constituintes corporais e o peso corporal médio final dos seis grupos. O percentual de gordura corporal apresentou correlação positiva com o peso corporal final. Os percentuais de MM, proteína e umidade apresentaram correlação negativa, respectivamente, com o peso corporal médio final.

**TABELA II** - Percentual de massa magra (MM), gordura, proteínas e umidade correspondentes às carcaças dos animais dos seis grupos experimentais<sup>1</sup>

Grupos	Gordura (%)	MM (%)	Proteínas (%)	Umidade (%)
S	18,5 ± 1,2 <sup>a2</sup>	81,4 ± 1,2 <sup>a</sup>	17,3 ± 0,9 <sup>a</sup>	58,7 ± 1,1 <sup>a</sup>
T	16,2 ± 1,1 <sup>b</sup>	83,7 ± 1,1 <sup>b</sup>	19,8 ± 0,9 <sup>b</sup>	58,3 ± 0,5 <sup>a</sup>
RA25%	11,7 ± 1,1 <sup>c</sup>	88,2 ± 1,1 <sup>c</sup>	22,6 ± 1,8 <sup>c</sup>	61,8 ± 0,9 <sup>b</sup>
RA50%	8,9 ± 1,5 <sup>d</sup>	91,0 ± 1,5 <sup>d</sup>	22,5 ± 1,4 <sup>c,d</sup>	64,3 ± 0,8 <sup>c</sup>
T + RA25%	9,2 ± 0,7 <sup>d</sup>	90,7 ± 0,7 <sup>d</sup>	20,6 ± 0,5 <sup>b,d</sup>	64,9 ± 1,2 <sup>c,d</sup>
T + RA50%	7,5 ± 0,7 <sup>d</sup>	92,4 ± 0,7 <sup>d</sup>	20,1 ± 1,3 <sup>b</sup>	66,4 ± 0,7 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Valores são médias (n=6) ± desvio padrão.

<sup>2</sup> Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).



**FIGURA 2** – Correlação entre os constituintes corporais e o peso corporal final médio dos seis grupos experimentais.

De acordo com a Tabela III, observa-se que a concentração de proteína no fígado dos animais dos seis grupos não apresentou diferença estatisticamente significativa. O mesmo não foi observado quando comparadas às concentrações de proteína nos músculos gastrocnêmios: os grupos RA50%, T + RA25% e T + RA50% apresentaram valores significativamente menores, quando comparados aos demais (aproximadamente 21, 27 e 40%, de forma respectiva). Ressalta-se que a concentração de proteína encontrada no grupo T + RA50% foi significativamente menor do que aquela observada no grupo RA50%, ocorrendo o mesmo em relação aos grupos T + RA25% e RA25%.

De acordo com a Tabela IV, não foi observada diferença significativa em relação às concentrações do glicogênio hepático dos grupos S e T. Nos demais grupos, as concentrações do glicogênio hepático foram maiores do que a encontrada no grupo S. Em relação ao músculo gastrocnêmio, as concentrações de glicogênio dos grupos

RA25% e RA50% não diferiram estatisticamente daquela observada no grupo S. Entretanto, os valores encontrados nos grupos T, T + RA25% e T + RA50% foram 27, 30 e 57%, respectivamente, superiores àquele encontrado no grupo S. Observa-se, também, que a concentração de glicogênio encontrada nos músculos gastrocnêmios dos animais do grupo T + RA50% foi significativamente maior do que aquela encontrada no grupo RA50%. O mesmo pode ser observado comparando-se os resultados dos grupos T + RA25% e RA25%. Quanto às concentrações do glicogênio nos músculos sóleos, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos.

Pode ser observado na Tabela V que o peso do fígado, nos grupos RA50% e T + RA50%, foi menor ( $p < 0,05$ ) em 28 e 25%, respectivamente, em relação ao apresentado no grupo S e que não apresentou diferença significativa, quando comparado aos dos demais grupos. Em relação ao peso do gastrocnêmio, este foi menor ( $p < 0,05$ ) 14, 16 e 22% nos grupos RA50%, T + RA25% e T + RA50%, respectivamente, quando comparado ao peso deste no grupo S. Não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao peso do músculo sóleo nos diferentes grupos experimentais.

**TABELA III** - Concentração de proteína no fígado e no músculo gastrocnêmio dos animais dos seis grupos experimentais<sup>1</sup>

Grupos	Fígado (mg/100 mg)	Gastrocnêmio (mg/100 mg)
S	13,7 ± 0,2 <sup>a2</sup>	13,9 ± 0,6 <sup>a</sup>
T	14,3 ± 0,6 <sup>a</sup>	13,5 ± 0,5 <sup>a</sup>
RA25%	13,3 ± 0,2 <sup>a</sup>	13,7 ± 0,3 <sup>a</sup>
RA50%	14,1 ± 0,5 <sup>a</sup>	10,8 ± 1,2 <sup>b</sup>
T + RA25%	13,6 ± 0,9 <sup>a</sup>	9,9 ± 1,7 <sup>b</sup>
T + RA50%	13,6 ± 0,3 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,2 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> Valores são médias (n=6) ± desvio padrão.

<sup>2</sup> Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

Segundo Prentice *et al.* (1991), durante o processo de redução de peso corporal, o organismo sofre adaptações fisiológicas com o intuito de preservar a MM, tais como mudanças na utilização de substratos metabólicos e alterações na composição corporal. Essas adaptações metabólicas também podem sofrer influência de algumas variáveis como genótipo, grau de sobrepeso no início do processo de emagrecimento, velocidade e duração da perda de peso, composição da dieta e incorporação do EF ao programa de emagrecimento com dieta. Os resultados encontrados no

**TABELA IV** - Concentração de glicogênio no fígado e nos músculos gastrocnêmio e sóleo dos animais dos grupos experimentais<sup>1</sup>

Grupos	Fígado (mg/100 mg)	Gastrocnêmio (mg/100 mg)	Sóleo (mg/100 mg)
S	0,38 ± 0,16 <sup>a2</sup>	0,33 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,29 ± 0,05 <sup>a</sup>
T	0,78 ± 0,20 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,32 ± 0,02 <sup>a</sup>
RA25%	2,72 ± 0,84 <sup>b</sup>	0,32 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,29 ± 0,02 <sup>a</sup>
RA50%	2,21 ± 0,93 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>a,b</sup>	0,27 ± 0,05 <sup>a</sup>
T + RA25%	2,05 ± 0,32 <sup>b</sup>	0,43 ± 0,09 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,06 <sup>a</sup>
T + RA50%	2,72 ± 0,36 <sup>b</sup>	0,52 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,27 ± 0,02 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Valores são médias (n=6) ± desvio padrão.

<sup>2</sup> Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ).

**TABELA V** - Peso médio do fígado e dos músculos gastrocnêmio e sóleo dos animais dos grupos experimentais<sup>1</sup>

Grupos	Fígado (g)	Gastrocnêmio (g)	Sóleo (g)
S	9,25 ± 0,49 <sup>a2</sup>	2,28 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,14 ± 0,03 <sup>a</sup>
T	8,15 ± 1,00 <sup>a,c</sup>	2,06 ± 0,11 <sup>a,b</sup>	0,13 ± 0,02 <sup>a</sup>
RA25%	8,25 ± 0,45 <sup>a</sup>	2,13 ± 0,21 <sup>a,b</sup>	0,14 ± 0,02 <sup>a</sup>
RA50%	6,61 ± 0,55 <sup>b</sup>	1,96 ± 0,16 <sup>b,c</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>a</sup>
T + RA25%	8,11 ± 1,38 <sup>a,c</sup>	1,91 ± 0,15 <sup>b,c</sup>	0,13 ± 0,02 <sup>a</sup>
T + RA50%	6,86 ± 0,46 <sup>b,c</sup>	1,77 ± 0,08 <sup>c</sup>	0,12 ± 0,01 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Valores são médias (n=6) ± desvio padrão.

<sup>2</sup> Valores na coluna com a mesma letra não diferem significativamente (p<0,05).

presente estudo, em relação ao efeito da redução de peso sobre o percentual de MM, confirmaram essas considerações, pois quanto menor o peso corporal dos animais, maior foi seu percentual de MM. Ao mesmo tempo, observou-se que quanto menor o peso corporal, menor foi o percentual de gordura, o que demonstra que este substrato foi mobilizado para suprir a demanda energética.

O percentual de proteína corporal apresentou coeficiente de correlação linear menor ( $r^2 = -0,50$ ) com o peso corporal final, em relação ao apresentado pela massa magra ( $r^2 = -0,94$ ). Essa menor correlação foi consequência dos resultados encontrados nos grupos T + RA25% e T + RA50%, uma vez que o percentual de proteína corporal do grupo T + RA25% foi menor (p<0,05) que o do grupo RA25%, apesar do menor peso corporal apresentado pelo primeiro, em relação ao segundo. Essa associação também pode ser observada, se considerada a tendência para redução de peso, em relação aos grupos T + RA50% e RA50%, indicando a influência do EF nessas correlações de resultados. Durante o EF a energia utilizada pelo organismo é fornecida, principalmente, pela oxidação de carboidratos e lipídeos, com uma pequena contribuição de proteínas hepáticas e musculares (Horton, Hill, 1998), proporcional à intensidade do EF praticado, sendo maior à medida que sua intensidade aumenta. Deve-se considerar também que a RA, associada ao EF, gera aumento da necessidade protéica do organismo (Lemon, 1998). Portanto, o menor percentual de proteína (p<0,05) observado na carcaça dos animais dos grupos T + RA25% e T + RA50% pode ter sido ocasionado pela combinação dos fatores dieta e EF. Por outro lado, o maior teor de umidade (p<0,05) encontrado nos grupos T + RA25% e T + RA50%, em relação aos grupos RA25% e RA50%, respectivamente, sugere que o maior percentual de MM, observado nos grupos que combinaram a RA com o EF, pode ter sido, em parte, consequência do maior acúmulo de água corporal. Portanto, esses resultados oferecem in-

dicação de que o maior percentual de MM (p<0,05) encontrado no grupo T + RA25%, em relação ao grupo RA25%, e a maior tendência encontrada no grupo T + RA50%, em relação ao grupo RA50%, não foi decorrente da preservação de proteínas musculares.

Em relação à composição química de tecidos específicos da MM, foi observado que a concentração da proteína hepática, nos seis grupos experimentais, não foi afetada pelas diferentes intervenções utilizadas neste estudo. Este fato, somado ao menor peso do fígado (p<0,05) dos animais dos grupos RA50% e T + RA50% em relação ao grupo S, indicam a possibilidade de adaptação do organismo, preservando a estrutura hepática, mesmo diante de redução da massa desse órgão. O mesmo não pode ser observado quando analisadas as concentrações de proteína no músculo gastrocnêmio dos animais dos grupos RA50%, T + RA25% e T + RA50%, que foram menores (p<0,05) em relação aos demais grupos. Tanto a restrição protéica quanto a calórica, consideradas de forma independente, podem causar degradação de proteínas estruturais (Lemon, 1998). Felgines *et al.* (1999) observaram, em um estudo realizado com ratos Sprague-Dawley, que redução de 50% na ingestão de ração, caracterizada por RC e protéica, diminuiu o conteúdo de proteína na tibia e no músculo extensor digitório longo desses animais. No presente estudo, a RA também foi caracterizada por restrição protéica e calórica, que pode ter contribuído para diminuição significativa da concentração de proteína muscular encontrada nos animais dos grupos RA50%, T + RA25% e T + RA50%. Além disso, os menores valores (p<0,05) na concentração de proteína do músculo gastrocnêmio, observados nos grupos T + RA25% e T + RA50%, em relação aos grupos RA25% e RA50%, respectivamente, podem ser resultantes do efeito sinérgico entre a RA e o EF, uma vez que o músculo esquelético apresenta maior capacidade de utilizar os aminoácidos provenientes da degradação das próprias proteínas musculares durante o exer-

cício, quando a disponibilidade de carboidratos está reduzida (Lemon, 1998). Também é relatado que o músculo esquelético é menos eficiente em sintetizar suas proteínas estruturais durante a fase de recuperação, quando existe redução na ingestão, tanto calórica quanto protéica (Lemon, 1998; Kasperek *et al.*, 1992). Desta maneira, a soma de fatores que determinam maior degradação e menor síntese de proteínas estruturais pode justificar os menores valores ( $p < 0,05$ ) de proteína muscular encontrados nos grupos T + RA25% e T + RA50%, quando comparados aos valores dos grupos RA25% e RA50%, respectivamente.

A média das concentrações do glicogênio hepático nos grupos submetidos a RA foi 6,3 vezes maior ( $p < 0,05$ ) do que a encontrada no grupo S e 3,1 vezes maior ( $p < 0,05$ ) do que a encontrada no grupo T. A concentração de glicogênio hepático acima das concentrações normais é denominada de supercompensação de glicogênio, fenômeno que ocorre quando os estoques desse substrato são constantemente depletados. A supercompensação de glicogênio está relacionada com a maior atividade da enzima glicogênio sintetase, responsável pela ressíntese do glicogênio hepático e muscular. A atividade dessa enzima fica elevada após a prática de EF e, conseqüentemente, pode aumentar a concentração de glicogênio no fígado durante o repouso (Mcardle, Katch, 1998; Nakatani *et al.*, 1997). Sabe-se também que a atividade dessa enzima é proporcional à magnitude da depleção de glicogênio, fato que pode justificar, em parte, os resultados encontrados no presente estudo (Mcardle, Katch, 1998). Alterações significativas na concentração de glicogênio muscular foram verificadas apenas no músculo gastrocnêmio dos animais submetidos ao EF. Esse resultado pode estar relacionado à variação do estoque de glicogênio e à maior atividade da enzima glicogênio sintetase no músculo desses animais, proporcionada pelo EF, durante as seis semanas do experimento.

## CONCLUSÕES

Os resultados observados neste estudo sugerem que o exercício físico, quando associado à restrição alimentar, promove aumento das concentrações de glicogênio e de água associada na massa magra, quando comparados ao efeito isolado da restrição alimentar.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudo outorgadas.

## ABSTRACT

### **Influence of physical exercise on chemical lean body mass composition of rats submitted to food restriction**

*The combination of a diet for body weight reduction with physical exercise (PE) can result in a smaller decrease in lean mass (LM) compared to the use of a diet as the single strategy for weight loss. However, little is known about the influence of this combination on LM composition. On this basis, the objective of the present study was to determine the effect of PE on LM composition in rats submitted to food restriction (FR). Thirty-six Wistar rats ( $315 \pm 15$  g) were divided into the following 6 equal groups: sedentary with an ad libitum diet (S); trained, with an ad libitum diet (T); S, with 25% FR (FR25%); S, with 50% FR (FR50%); T, with FR25% (T + FR25%), and T with FR50% (T + FR50%). The experiment lasted six weeks and the training used was swimming with an overload of 5% of body weight, five sessions/week of 60 minutes each. The chemical composition of the carcass and the concentration of glycogen and protein in the gastrocnemius muscle of the animals were determined. The percentage of protein in the carcass and the concentration of protein in the gastrocnemius muscle were lower ( $p < 0.05$ ) in the T + FR25% and T + FR50% groups compared to the FR25% and FR50%, respectively. On the other hand, the percentage of carcass moisture and the concentration of glycogen detected in the gastrocnemius muscle were higher ( $p < 0.05$ ) in the T + FR25% and T + FR50% groups compared to the FR25% and FR50% groups, respectively. The results suggest that PE, when combined with FR, promotes an increase in the concentration of glycogen and of associated water in the LM compared to the effect of FR alone.*

*UNITERMS: Food restriction. Physical exercise. Weight reduction. Lean mass*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOR, D. L.; POEHLMAN, E. T. A meta-análise de los efectos de ejercicio and/or dietary restriction on resting metabolic rate. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v.71, p.535-542, 1995.
- BALLOR, D. L.; POEHLMAN, E. T. Exercise-training enhances fat-free mass preservation during diet-induced weight loss: a meta-analytical finding. *Int. J. Obes.*, v.18, p.35-40, 1994.

- CANNON, D. C.; OLITZKY, I.; INKPEN, Y. A. Proteins. In: HENRY, R. J.; CANNON, D. C.; WINKELMAN, J. W., eds. *Clinical chemistry: principles and techniques*. 2.ed. Hagerstown: Haper & How, 1974. v.1, p.405-502.
- CECCHI, H. M. *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. Campinas: Unicamp, 1999. p.37-77, 87-96.
- EXPERT PANEL ON THE IDENTIFICATION, EVOLUTION, AND TREATMENT OF OVERWEIGHT IN ADULTS. Clinical guidelines on the identification, evolution, and treatment of overweight and obesity in adults: executive summary. *Am. J. Clin. Nutr.*, v.68, p.899-917, 1998.
- FELGINES, C.; SAVANOVITCH, C.; FARGES, M. C.; CYNOBER, L.; VASSON, M. P. Protein metabolism in rats during long-term dietary restriction: influence of aging. *J. Parenter. Enteral Nutr.*, v.23, p.32-37, 1999.
- GARROW, J. S.; SUMMERBELL, C. D. Meta-analysis: effect of exercise, with or without dieting, on the body composition of overweight subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.*, v.49, p.1-10, 1995.
- HASSID, W. Z.; ABRAHAMS, S. Chemical procedures for analyses of polisaccharides. *Methods Enzymol.*, v.3, p.34-51, 1957.
- HEYMSFIELD, S. B.; CASPER, K.; HEARN, J.; GUY, D. Rate of weight loss. During underfeeding: relation to level of physical activity. *Metabolism*, v.38, p.215-23, 1989.
- HORTON, T. I.; HILL, J. O. Exercise and obesity. *Proc. Nutr. Soc.*, v.57, p.85-91, 1998.
- KASPEREK, G. J.; CONWAY, G. R.; KRAYESKI, D. S.; LOHNE, J. J. A reexamination of the effect of exercise on rate of muscle protein degradation. *Am. J. Physiol.*, v.263, n.6, p.E1144-E1150, 1992.
- KRAEMER, W. T.; VOLEK, J. S.; CLARK, K. L.; GORDON, S. E.; PUHL, S. M.; KOZISIS, L. P.; MCBRIDE, J. M.; TRIPLETT-MCBRIDE, N. T.; PUTUKIAN, M.; NEWTON, R. V.; HAKKINEN, K.; BUSH, J. A.; SEBASTIANELLI, W. J. Influence of exercise training on physiological and performance changes with weight loss in men. *Med. Sci. Sports Exercise*, v.21, p.1320-1329, 1999.
- LANCHA Jr., A. H.; PECCO, M. B.; CURI, R. Pyruvate carboxylase activity in the heart and skeletal muscles of the rat. Evidence for a stimulating effect of exercise. *Biochem. Mol. Biol. Int.*, v.32, p.483-9, 1994.
- LEMON, P. W. R. Effects of exercise on dietary protein requirements. *Int. J. Sport Nutr.*, v.8, p.426-447, 1998.
- LOWRY, D. H.; ROSEBROUGH, J. N.; FARR, A. L.; RANDAL, R. J. Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, v.193, p.266-275, 1951.
- McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Carboidratos, gorduras e proteínas. In: \_\_\_\_\_. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desenvolvimento humano*. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. p.5-23.
- NAKATANI, A.; HAN, D. H.; HANSEN, P. A.; NOLTE, L. A.; HOST, H. H.; HICKNER, R. C.; HOLLOSZY, J. O. Effect of endurance exercise training on muscle glycogen supercompensation in rats. *J. Appl. Physiol.*, v.82, p.711-5, 1997.
- PRENTICE, A. M.; GOLDBERG, G. R.; JEBB, A. S.; TEBB, A. S.; BLACK, A. E.; MURGATROYD, P. R. Physiological responses to slimming. *Proc. Nutr. Soc.*, v.50, p.441-458, 1991.
- REEVES, P. G. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. *J. Nutr.*, v.127, suppl.5, p.838S-841S, 1997.
- ROSS, R.; PEDWELL, H.; RISSANEN, J. Response of total and regional lean tissue and skeletal muscle to a program of energy restriction and resistance exercise. *Int. J. Obes.*, v.19, p.781-787, 1995.
- STATISTICA for Windows. Version 6. Statsoft Inc. Tulsa, OK.
- VIEIRA, R.; HAEBISCH, E.; HELL, N. S.; CURI, R. Sistema de natação para exercício físico de ratos. *Arq. Biol. Tecnol.*, v.31, p.387-394, 1988.

Recebido para publicação em 31 de julho de 2003.