

## Exercício contínuo e intermitente: efeitos do treinamento e do destreinamento sobre a gordura corporal de ratos obesos

*Larissa Ribeiro Braga, Maria Alice Rostom de Mello, Claudio Alexandre Gobatto*

Departamento de Educação Física, I.B., Universidade Estadual Paulista-UNESP- Brasil

**RESUMO.** O exercício contínuo tem sido recomendado na prevenção e no tratamento da obesidade mas o emprego do exercício intermitente é discutível. No presente estudo, são apresentados resultados referentes à composição química corporal de ratos obesos submetidos ao treinamento contínuo e intermitente e subsequente destreinamento. Foram utilizados ratos, Wistar, recém-nascidos, que receberam glutamato monossódico (MSG), via subcutânea, 4mg/g peso corporal (p.c.), a cada dois dias nos primeiros 14 dias de vida. Após o desmame, foram separados em 3 grupos: MSG-SED (sedentário), MSG-CONT (contínuo=natação, 45 min/dia, 5 dias/semana, com sobrecarga de 5% p.c. por 10 semanas) e MSG-INT (intermitente= natação, 15s de atividade/15s de repouso, num total de 45min, 5 dias/semana, com sobrecarga de 15% p.c.). Como controles foram utilizados ratos que receberam salina (SAL) separados em 3 grupos: SAL-SED, SAL-CONT e SAL-INT. Os animais foram avaliados imediatamente após 10 semanas de treinamento e 8 semanas depois de sua interrupção. Os ratos MSG mostraram maiores teores de gordura na carcaça bem como peso e tamanho celular no tecido adiposo epididimal que os SAL, comprovando a eficácia da droga em causar obesidade. O treinamento intermitente atenuou o acúmulo de lactato durante o exercício nos ratos SAL e MSG em relação aos sedentários, indicando melhora do condicionamento aeróbio. Ambos os protocolos reduziram o ganho de peso dos ratos SAL e MSG e o teor de gordura da carcaça dos ratos MSG. Os efeitos dos dois protocolos foram transitórios, uma vez que após o destreinamento os benefícios observados foram revertidos.

**Palavras chave:** Obesidade, exercício, treinamento contínuo, treinamento intermitente, controle de peso.

**SUMMARY. Continuous and intermittent exercise: effects of training and detraining on body fat in obese rats.** Exercise training is often recommended in prevention and treatment of obesity. The present study was designed to compare the effects of intermittent and continuous exercise on weight loss and carcass composition in obese rats. Obese male Wistar rats (monosodium glutamate [MSG] administration, 4 mg/g of body weight every other day from birth to 14 days old) were used. After drug administration, the rats were separated into three groups: MSG-SED (sedentary), MSG-CONT (continuous, swimming, 45 min/day, 5 days/week, with and overload of 5% body weight for 12 weeks) and MSG-INT (intermittent, 15s swimming intermitted by 15s rest, during 45 min, 5 days/week, with and overload of 15% body weight for 12 weeks). Rats of the same age and strain, administered with saline were used as control (SAL), and subdivided into three groups: SAL-SED, SAL-CONT and SAL-INT. The animals were evaluated at the 10 weeks of training and 8 weeks of its interruption. MSG rats showed higher carcass fat as well as weight and cell size in epididymal adipose tissue than SAL rats, indicting the efficacy of the drug in producing obesity. Intermittent training protocol led to a reduction in blood lactate accumulation during acute exercise and both protocols reduced body weight gain during the experiment in MSG rats. After 8 weeks of training interruption no differences were observed among groups in the examined parameters. Only intermittent exercise training improved aerobic fitness but both protocols were similarly efficient in determining weight loss. However, the effects were transitory, since they disappeared after detraining.

**Key words:** Obesity, exercise, intermittent exercise, continuous exercise and weight loss.

### INTRODUÇÃO

Vários modelos de obesidade experimental têm sido propostos a fim de investigar aspectos metabólicos e hormonais envolvidos nesse quadro, aos níveis celular e molecular. A grande diversidade de características entre eles indica que nenhum isoladamente pode servir de modelo geral para a obesidade humana (1). Independentemente dessa questão, os estudos em modelos animais têm sido bastante úteis no estabelecimento das causas e conseqüências da doença e podem, também, ter importante participação no

desenvolvimento de procedimentos mais efetivos para prevenção e tratamento.

Muitos tipos de obesidade animal já foram classificados de acordo com sua etiologia. Entre os modelos neurais, a obesidade hipotalâmica é a mais bem conhecida. Existem diferentes maneiras de indução da obesidade hipotalâmica, inclusive através de injeções sistêmicas de glutamato monossódico. Animais tratados com essa droga apresentam redução do crescimento corporal, intolerância à glicose, resistência à insulina, entre outras alterações (1).

O exercício físico, por sua vez, tem sido amplamente

empregado isoladamente ou em associação com dietoterapia, no tratamento da obesidade. Embora a utilização do treinamento contínuo, de caráter aeróbio seja mais difundida, o treinamento intervalado, segundo alguns autores, também pode ser útil em programas de redução ponderal, uma vez que parece induzir maiores adaptações metabólicas e ser facilmente sustentado por tempos prolongados com elevada intensidade de esforço (2). Além disso, apresenta grande aderência ao regime de exercício por parte dos participantes (3). Existem poucas informações quanto ao uso do exercício na prevenção da obesidade e são raros os estudos comparativos entre os efeitos de programas contínuos e intermitentes sobre a gordura corporal. Mais raras, ainda, são as pesquisas que abordam os efeitos do destreinoamento sobre esse parâmetro.

Em face do exposto, o presente estudo foi delineado com o objetivo de comparar os efeitos de programas de treinamento físico contínuo e intermitente e do subsequente destreinoamento, sobre a adiposidade corporal de ratos jovens com obesidade induzida por glutamato monossódico (MSG).

## METODOS

### Animais e seu tratamento

Foram utilizados ratos da linhagem Wistar, recém nascidos. Após o desmame, foram mantidos em gaiolas coletivas, não excedendo quatro animais por gaiola, em ciclo de claro/escuro de 12/12 horas, com livre acesso à água e ao alimento (ração comercial para roedores). Todos os experimentos envolvendo animais foram realizados em conformidade com a regulamentação sobre o assunto vigente no país.

### Delineamento e grupos experimentais

O experimento ocorreu em três etapas. Na primeira (indução da obesidade), os animais recém nascidos foram separados em dois grupos de 40 ratos em cada um:

- **Salina (SAL):** receberam solução fisiológica (NaCl 0,9%) via subcutânea a cada 2 dias nos primeiros 14 dias de vida.
- **Glutamato Monossódico (MSG):** receberam glutamato monossódico via subcutânea, na dose de 4.0 mg/g de peso corporal a cada 2 dias nos primeiros 14 dias de vida. Após o desmame, que ocorreu aos 21 dias de idade, teve início a segunda etapa (treinamento físico), onde os animais foram distribuídos nos seguintes grupos, com 20 ratos em cada um.
- **Salina Sedentário (SAL-SED):** animais que receberam solução fisiológica nos primeiros 14 dias de vida e que não foram submetidos ao treinamento físico.
- **Salina Contínuo (SAL-CONT):** animais que receberam salina nos 14 primeiros dias de vida e que foram submetidos ao protocolo de treinamento contínuo.

- **Salina Intermitente (SAL-INT):** animais que receberam salina nos primeiros 14 dias de vida e que foram submetidos ao protocolo de treinamento intervalado.
- **MSG Sedentário (MSG-SED):** animais que receberam doses de MSG nos 14 dias de vida e que não foram submetidos ao treinamento físico.
- **MSG Contínuo (MSG-CONT):** animais que receberam doses de MSG nos 14 dias de vida e que foram submetidos ao protocolo de treinamento contínuo.
- **MSG Intermitente (MSG-INT):** animais que receberam doses de MSG nos 14 dias de vida e que foram submetidos ao protocolo de treinamento intervalado.

Após 10 semanas do início do protocolo de exercício, metade dos animais de cada grupo foi sacrificado. Todos os animais restantes foram mantidos inativos por mais 8 semanas (terceira etapa-destreinoamento) quando então foram sacrificados. Ao final das 2ª etapa, antes do sacrifício, animais dos grupos sedentários e treinados foram submetidos a um teste de esforço para avaliação dos teores de lactato sanguíneo. Após o sacrifício, ao final das 2ª e 3ª etapas, foram avaliados: composição química da carcaça, tamanho e número de células no tecido adiposo epididimal.

### Protocolos de treinamento

O programa contínuo consistiu de 45 minutos de natação com sobrecarga de 5% do peso corporal do animal, cinco dias por semana, durante 12 semanas consecutivas, em tanque de 100 x 70 x 60 cm, contendo água mantida a 32±1° C.

O programa intervalado constituiu de tempo total de 45 minutos de natação sendo alterando 15 segundos de trabalho suportando sobrecarga de 15% do peso corporal, com 15 segundos de repouso, cinco dias por semana, durante 12 semanas, em tanque de 100 x 70 x 60 cm, contendo água mantida a 32±1°C. Antes do início dos programas com as respectivas cargas, os animais de cada programa passaram por um período de uma semana de adaptação, utilizando cargas inferiores, que foram incrementadas gradativamente até atingirem as cargas propostas.

### Avaliações anteriores ao sacrifício dos animais

#### Teste de esforço físico

Animais dos grupos SAL-SED, SAL-CONT, MSG-SED e MSG-CONT foram submetidos a 30 minutos de natação com sobrecarga de 5% do peso corporal e foram coletadas amostras sanguíneas antes e após 10, 20, 30 minutos de exercício para dosagem dos teores de lactato em analisador eletroquímico. Ratos dos grupos SAL-SED, SAL-INT, MSG-SED e MSG-INT foram submetidos a 15 segundos de natação com sobrecarga de 15% do peso corporal intercalados com 15 segundos de repouso num total de 30 minutos, e foram

coletadas amostras sanguíneas de sangue antes e após 10, 20, 30 minutos para dosagem de lactato em analisador eletroquímico (4).

### Avaliações gerais

Todos os animais foram pesados e medidos (focinho-ânus) uma vez por semana para a determinação do ganho de peso e de comprimento corporais, respectivamente, durante o período experimental. A ingestão alimentar dos animais foi registrada, uma vez por semana através da diferença entre a quantidade de alimento ofertada num dia e a quantidade restante no comedouros no dia seguinte.

### Avaliações após o sacrifício dos animais

#### Composição química da carcaça

Após sacrifício, as carcaças foram evisceradas, pesadas e secas até peso em estufa a 100°C. Foram então homogeneizadas em liquidificador com benzeno sofrendo várias lavagens com esse solvente para a remoção da gordura. A carcaça livre de gordura foi seca até peso constante em estufa a 100°C. O pó seco e desengordurado foi pesado. O conteúdo de gordura e de H<sub>2</sub>O foi calculado por diferença de peso. Uma alíquota do pó desengordurado foi dissolvida em HClO<sub>4</sub> 1 N e o teor de proteína, medido pelo método folin-fenol (5).

#### Tamanho e número de células no tecido adiposo epididimal

O tecido adiposo epididimal foi totalmente removido, pesado e teve seu teor de DNA avaliado (6), visando inferir sobre o tamanho (razão peso/DNA) e número (teor de DNA) de células nesse tecido (7).

### Análise estatística

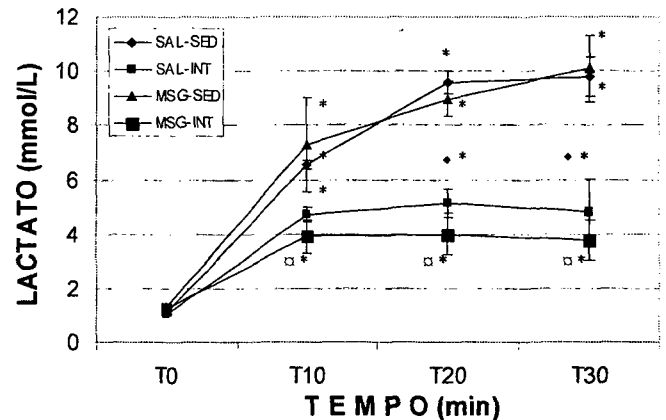
Foi realizada através da análise de variância de duas entradas, sendo avaliados os efeitos da obesidade experimental e do treinamento físico. Quando necessário foi utilizado o teste "pos-hoc" de Newman-Keuls para a comparação entre os grupos em todos os casos, o nível de significância foi pré-fixado em 5%.

## RESULTADOS

O acúmulo de lactato sanguíneo durante o teste de esforço nos ratos SAL e MSG foi menor nos ratos submetidos ao programa de exercício intermitente em relação aos ratos sedentários (Figura 1). Não foram constatadas diferenças significativas nos níveis de lactato durante o exercício entre ratos treinados pelo protocolo contínuo e os sedentários (Figura 2).

FIGURA 1

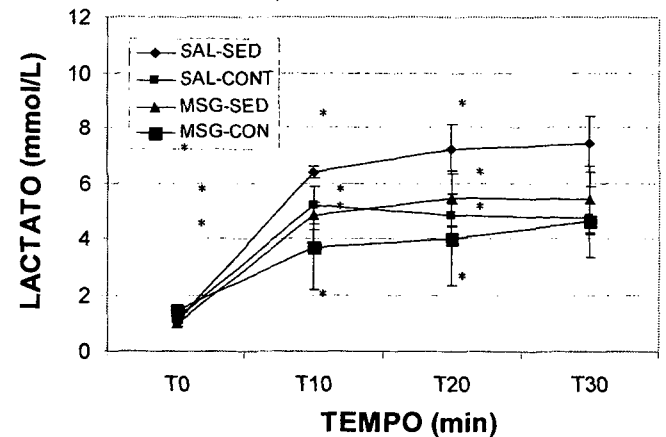
Lactato no sangue (mmol/L) dos ratos durante teste de esforço realizado após o período de treinamento físico de caráter intermitente. Resultados expressos como média  $\pm$  EPM de 8 ratos em cada grupo. SAL = salina, MSG = glutamato monossódico, SED = sedentário, INT = intermitente



- ♦ Diferença significativa (ANOVA  $p < 0.05$ ) em relação a: SAL-SED,
- α Diferença significativa (ANOVA  $p < 0.05$ ) em relação a: MSG-SED
- \* Diferença significativa (ANOVA  $p < 0.05$ ) em relação aos teores basais (tempo 0).

FIGURA 2

Lactato no sangue (mmol/L) dos ratos durante teste de esforço realizado após o período de treinamento físico de caráter contínuo. Resultados expressos como média  $\pm$  EPM de 8 ratos em cada grupo. SAL = salina, MSG = glutamato monossódico, SED = sedentário, CONT = contínuo, INT = intermitente



- \* Diferença significativa (ANOVA  $p < 0.05$ ) em relação aos teores basais (tempo 0).

Os animais submetidos aos dois protocolos de treinamento físico também apresentaram menor ganho de peso que os sedentários na etapa de treinamento. Nesta etapa, os valores referentes ao ganho de peso dos ratos MSG foram significativamente inferiores em relação aos animais

controles equivalentes. Na etapa de destreino, apenas os ratos MSG-S mantiveram menor ganho de peso que os demais (Tabela 1). Menor comprimento corporal também foi observado em animais tratados com MSG (Tabela 2).

TABELA 1  
Ganho de peso (g) durante os períodos de treinamento e destreino

SAL-SED	SAL-CONT	Treinamento			
		SAL-INT	MSG-SED	MSG-CONT	MSG-INT
309,1± 7,36	254,00± 6,30*	276,50± 8,03**	240,40± 9,66*	200,80± 7,75**	202,00± 8,10#
Destreino					
125,6± 16,00	143,9± 19,70	104,5± 15,50	87,90± 3,70*	102,40± 13,00†	106,4± 11,51†

a: Resultados expressos como média ± EPM de 20 ratos por grupo na fase de treinamento e 10 na fase de destreino. SAL = salina, MSG = glutamato monossódico, SED = sedentário, CONT = contínuo, INT = intermitente. Diferença significativa (ANOVA p< 0.05) em relação \*SAL-SED, † SAL-CONT, \*\*SAL-INT, ‡MSG-SED.

TABELA 2  
Comprimento corporal (cm) ao final dos períodos de treinamento e destreino.

SAL-SED	SAL-CONT	Treinamento			
		SAL-INT	MSG-SED	MSG-CONT	MSG-INT
23,91± 0,32	22,95± 0,30	23,24± 0,29	21,61± 0,24*	21,28± 0,24*	20,95± 0,14#
Destreino					
23,10± 0,44	25,00± 0,10	25,80± 0,17	23,28± 0,45*	22,88± 0,33*	22,70± 0,24#

Resultados expressos como média ± EPM de 20 ratos por grupo na fase de treinamento e 10 na fase de destreino. As siglas são as mesmas constantes da Tabela 1. Diferença significativa (ANOVA p< 0.05) em relação a: \*SAL-SED, †SAL-CONT, ‡ SAL-INT

Os animais MSG mostraram valores significativamente superiores em relação aos teores de gordura na carcaça durante todo o período experimental (treinamento e destreino) comparado aos grupos controle salina correspondentes. (Tabela 3), sem qualquer alteração no consumo alimentar (Tabela 4). O teor de gordura na carcaça dos MSG treinados foi menor que os sedentários durante a etapa de treinamento. Em ambas as etapas do protocolo experimental, os ratos tratados com MSG apresentaram teores de água significativamente inferiores aos ratos salina correspondentes (Tabela 3).

O peso do tecido adiposo epididimal foi sempre

significativamente mais elevado nos grupos MSG que nos SAL. Os valores observados entre os MSG treinados foram menores que os dos sedentários, logo após a etapa de treinamento. Em ambas as etapas (treinamento e destreino) nenhuma diferença significativa foi observada em relação ao número de células adiposas, conforme inferido pelo teor de DNA. Os ratos MSG apresentaram logo após a fase de treinamento valores no tamanho celular, conforme inferido pela razão peso do tecido/DNA, significativamente superiores em relação aos SAL equivalentes. Tais alterações permaneceram logo após a fase de destreino (Tabela 5).

TABELA 3  
Teores de água (g/100g), de gordura (g/100g) e proteína (g/100g) na carcaça dos ratos após treinamento físico e subsequente destreino.

Grupos	Treinamento					
	SAL-SED	SAL-CONT	SAL-INT	MSG-SED	MSG-CONT	MSG-INT
Água	65,17± 0,65	58,93± 3,00	61,38± 2,75	49,29± 3,27*	51,66± 3,44+	50,91±0,87#
Gordura	8,74± 0,91	13,22± 2,80	10,76± 2,24	27,11± 4,75*	21,41± 2,46 <sup>td</sup>	20,91± 0,89#
Proteína	9,49± 0,66	12,91± 2,44	13,67±4,56	8,36± 0,76	9,37± 0,70	11,39± 1,58
Destreino						
Água	63,89± 0,21	60,61± 0,37	63,18± 0,48	48,51± 2,73*	46,37± 3,13+	44,20± 4,40#
Gordura	8,44± 0,95	10,19±0,37	7,76± 0,70	27,10± 1,18*	29,63± 2,28+	25,14± 2,07#
Proteína	11,85± 1,15	9,12± 0,76	10,63± 0,82	12,34± 1,14	13,10± 0,37	11,65± 3,32

Resultados expressos como média ± EPM de 8 ratos por grupo. As siglas são as mesmas constantes do Tabela 1. Diferença significativa (ANOVA p< 0.05) em relação a: \*SAL-SED, +SAL-CONT, #SAL-INT, <sup>td</sup>MSG-SED.

TABELA 4  
Ingestão alimentar (g/100g/dia) durante os períodos de treinamento e destreino

SAL-SED	Treinamento				
	SAL-CONT	SAL-INT	MSG-SED	MSG-CONT	MSG-INT
7,78±0,07	8,64± 1,16	8.15± 0,20	7,53± 0,18	8,76± 0,57	8,14± 0,49
Destreino					
6.45± 025	6,00±0,20	5.80± 0,21	6,50±,041	5,90± 0,80	7,15± 0,55

Resultados expressos como média ± EPM padrão de 20 ratos por grupo na fase de treinamento e 10 na fase de destreino. As siglas são as mesmas constantes da Tabela 1.

TABELA 5  
Peso (mg/100mg de peso corporal), teor de DNA (mg/100mg de tecido) e razão peso/DNA (x 10<sup>2</sup>) do tecido adiposo epididimal dos ratos após treinamento físico e subsequente destreino

Treinamento Grupos	Destreino					
	SAL-SED	SAL-CONT	SAL-INT	MSG-SED	MSG-CONT	MSG-INT
Peso	300,53± 13,41	324,47± 19,20	296,38± 25,63	916,88± 33,75*	878,21± 13,10 <sup>td</sup>	780,78± 84,71#
DNA	0,025± 0,0029	0,021± 0,0012	0,019± 0,0020	0,019± 0,0025	0,018± 0,0021	0,018± 0,0024
Peso/DNA	120,05± 30,95	154,38± 37,76	155,78± 42,12	482,86± 69,76*	487,76± 73,01+	433,93± 93,13#
Destreino						
Peso	344,64± 30,07	570,88± 108,46	426,31± 47,36	900,75± 105,36*	1107,64± 165,23+	1048,19± 87,00#
DNA	0,0082±0,00074	0,0088± 0,00095	0,0094± 0,0017	0,0081± 0,0015	0,0082± 0,0012	0,0084± 0,0012
Peso/DNA	420.73± 148,70	648,86± 51,55	486,19± 86,72	1112.34±319,15*	1350,54± 71,14+	1262.97± 124,83#

Resultados expressos como média ± EPM de 5 a 8 ratos por grupo. As siglas são as mesmas constantes do Tabela 1. Diferença significativa (ANOVA p< 0.05) em relação a: \*SAL-SED, +SAL-CONT, #SAL-INT, <sup>td</sup>MSG-SED

## DISCUSSÃO

O exercício físico, sabidamente, exerce uma série de efeitos benéficos à saúde e por isso tem sido amplamente indicado para programas de controle ponderal. Entre os efeitos esperados da prática constante de exercícios, acha-se a melhoria do condicionamento físico. A utilização do lactato sanguíneo como indicador do estado de condicionamento aeróbio vem ganhando forte impulso nos últimos anos (8). No presente estudo o programa de treinamento intermitente reduziu o acúmulo de lactato sanguíneo nos ratos SAL e MSG durante o teste de esforço físico. Isto indica a eficácia desse protocolo de treinamento físico em promover melhoria do condicionamento nesses animais (4). Redução no acúmulo de lactato sanguíneo deve-se principalmente a maior capacidade de remoção de lactato do sangue promovido pelo treinamento (9). Entretanto, em nenhum dos grupos treinados pelo protocolo contínuo (SAL e MSG) houve qualquer diferença significativa entre animais sedentários e treinados. Em conjunto esses resultados sugerem maior eficácia do protocolo intermitente em comparação ao contínuo na melhoria do condicionamento físico.

Os animais tratados com glutamato monossódico (MSG) no presente estudo apresentaram peso corporal e estatura (comprimento focinho-ânus) menores que os controles equivalentes e deposição anormal de gordura na carcaça, a despeito da ingestão alimentar semelhante, confirmando dados anteriores da literatura (10,11). Os animais MSG mostraram valores significativamente superiores em relação aos teores de gordura na carcaça e ao peso do tecido adiposo epididimal em ambas as etapas do experimento (treinamento e destreinamento) comparados aos grupos controles correspondentes. Isto também foi observado em outros estudos utilizando roedores tratados com MSG (10,11). Segundo alguns autores, animais MSG apresentam menor atividade da lipase hormônio sensível (enzima responsável pela lipólise) e menor expressão de seu mRNA no tecido adiposo. Além disso, número de receptores de insulina, síntese de lipídeos e translocação celular de GLUT-4 acham-se mais elevados nos adipócitos de ratos MSG que controles (11). Por outro lado, NASCIMENTO et alii (12) constataram que roedores tratados com MSG apresentam aos 90 dias de idade aumento da lipogênese associado à diminuição do conteúdo de GLUT-4. De qualquer forma, o acúmulo excessivo de tecido adiposo nos animais MSG parece estar relacionado a um desbalanço entre respostas lipolíticas e atividades lipogênicas.

Tem sido relatado que animais tratados com MSG são hipoativos e o desenvolvimento da obesidade nestes foi relacionada ao menor gasto energético em certos períodos do dia (13). A obesidade nesses animais tem sido associada também a um aumento da eficiência alimentar (14). Animais MSG usualmente apresentam menor temperatura corporal e

menor taxa metabólica basal que animais eutróficos (15). Além disso, de acordo com diferentes autores, o desenvolvimento da obesidade em ratos tratados com MSG no período neonatal, ocorre na ausência de hiperfagia (11,13,16), fato este que foi comprovado no presente estudo.

Menores comprimento e peso corporais em animais tratados com MSG em relação aos controles também foram relatados em alguns estudos prévios nos quais a expressão do mRNA do hormônio do crescimento estava reduzido associado a uma diminuição do metabolismo protéico (11). A redução do comprimento explica o menor peso corporal dos animais MSG em comparação aos controles, a despeito do maior acúmulo de gordura na carcaça.

Em resumo, nossos resultados no que tange ao acúmulo de gordura na carcaça e ao crescimento corporal indicam que, no presente estudo, o desenvolvimento da obesidade induzida pelo MSG processou-se conforme descrito na literatura.

Em ambas etapas do presente estudo (treinamento e destreinamento) nenhuma diferença significativa foi observada em relação ao número de células adiposas, conforme indicado pelo teor de DNA, no tecido adiposo epididimal. Por outro lado, os ratos MSG apresentaram, logo após as fases de treinamento e destreinamento, valores no tamanho celular conforme inferido pela razão peso do tecido/DNA, significativamente superiores em relação aos SAL equivalentes. Em ratos, o peso dos órgãos e o teor de proteína continuam a aumentar até os 100 dias de idade. Em contraste, o DNA atinge um máximo antes em muitos órgãos (7). No tecido adiposo, o DNA atinge um aumento máximo aos 90 dias de idade (16). Alterações metabólicas durante o período do crescimento hiperplásico podem resultar em número alterado das células no tecido adiposo. O tratamento neonatal com MSG provavelmente não alterou o número de células mas aumentou o tamanho destas no tecido adiposo. Estudos anteriores indicam que a obesidade induzida por MSG é do tipo hipertrófica uma vez que tais animais mostraram menor teor de DNA associado a uma maior razão proteína/DNA (11, 17).

Nenhuma diferença significativa foi observada no conteúdo de proteína na carcaça dos animais MSG e SAL. O teor de água, por sua vez, mostrou-se significativamente menor nos animais MSG. Uma série de estudos mostrou redução no conteúdo de proteína e água em animais tratados com MSG (18,13). Alguns estudos prévios indicaram teor reduzido de proteína na carcaça nos ratos MSG sedentários (19) resultado de uma redução do mRNA do hormônio do crescimento e lentificação do metabolismo protéico.

O teor de gordura na carcaça dos animais MSG treinados foi menor que os sedentários após a etapa de treinamento, confirmando resultados obtidos por COUTO (20). Esse achado foi reforçado pela constatação da redução do peso

do tecido adiposo epididimal nos animais MSG treinados em relação aos sedentários Segundo alguns autores, o exercício físico promove elevação da lipólise no tecido adiposo pela ação de hormônios lipolíticos (glucagon, adrenalina, noradrenalina, glicocorticóides e GH) que são liberados durante o exercício de longa duração. Quanto mais intenso for o exercício, maiores os níveis séricos de catecolaminas (21) o saldo negativo no balanço energético e o gasto energético em repouso (2). Além disso, a carga de trabalho pode induzir alterações agudas na temperatura corporal que desencadeiam respostas termorregulatórias mais duradouras (22).

O treinamento intermitente talvez favoreça maior gasto energético pós-exercício por manter a taxa metabólica de repouso em níveis elevados por um longo período (23). Nesse período, a gordura proveniente do tecido adiposo constitui o principal substrato consumido pelo organismo, reduzindo assim o conteúdo lipídico corporal. O menor conteúdo lipídico dos animais MSG submetidos ao treinamento físico parece ter sido responsável pelo menor ganho de peso corporal alcançado por esses animais. Por outro lado, esperava-se que o treinamento físico tivesse favorecido redução do conteúdo lipídico corporal nos animais SAL o que não ocorreu, embora esses tenham apresentado redução do ganho de peso.

Um achado que merece destaque, embora não seja o principal foco do presente estudo, é que ambos os protocolos de treinamento físico melhoraram o crescimento linear dos ratos tratados com MSG, como indicam os dados relativos ao comprimento corporal ao final do experimento. O exercício físico induz diversas alterações bioquímicas importantes para o crescimento somático. Tais alterações podem estar relacionados aos níveis do hormônio do crescimento (GH). O GH tem muitos efeitos biológicos sobre o crescimento corporal, afetando o metabolismo das proteínas, dos carboidratos e dos lipídios e estimulando o crescimento ósseo e cartilaginoso. Já foi demonstrado que a administração de GH exógeno restaura peso e comprimento corporais em ratos jovens submetidos à desnutrição protéica (24). Os níveis circulantes de GH podem ser influenciados pela atividade física, com tendência à elevação em exercícios acima do limiar anaeróbio (25).

Estudos envolvendo a obesidade têm se intensificado nos últimos anos em função da escalada cada vez maior da incidência dessa doença. A obesidade aparece ligada a patologias como doenças cardiovasculares, dislipidemias, diabetes mellitus, entre outros problemas. Isto justifica o investimento cada vez maior em novas pesquisas sobre o tema. Por razões óbvias, grande número de pesquisas envolvendo a obesidade têm sido conduzidas em animais de laboratório, especialmente o rato. Nesse contexto, os resultados aqui apresentados são indicativos de que o modelo experimental usado no presente estudo pode ser útil em pesquisas que visem ampliar os conhecimentos sobre o papel do exercício na

prevenção e no tratamento da doença.

Em resumo, a partir dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- A droga utilizada (MSG) no presente estudo com a finalidade de induzir obesidade nos ratos foi eficiente já que os animais tratados apresentaram maiores teores de gordura na carcaça que os controles.
- protocolo de treinamento físico intermitente melhorou o condicionamento físico aeróbio dos animais, uma vez que os ratos treinados mostraram menor acúmulo de lactato durante o exercício em comparação aos sedentários.
- Ambos os programas de treinamento físico empregados foram eficientes no controle ponderal, na medida que os ratos obesos treinados apresentaram menor ganho de peso que os sedentários equivalentes.
- Esse menor ganho de peso apresentado pelos ratos treinados provavelmente, deveu-se ao menor acúmulo de gordura, pois tanto o peso do tecido adiposo epididimal quanto o percentual de gordura na carcaça foram inferiores em relação aos sedentários.
- Os efeitos de ambos os protocolos de treinamento foram transitórios uma vez que após o período de destreinamento essas tendências desapareceram.

## REFERÊNCIAS

1. Scalfani A. Animal models of obesity: classification and characterization. *Int J Obesity*, 1984;8: 491-508.
2. Hunter GR, Weinsier RL, Bamman MM, Larson DE. A role for high intensity exercise on energy balance and weight control. *Int J Obesity & Rel Metabol Disorders* 1998;6: 489-93.
3. Snyder KA, Donnelly JE, Jabobsen DL, Hertner G, Jakicic JM. The effects of long-term, moderate intensity, intermittent exercise on aerobic capacity, body composition, blood lipids, insulin and glucose overweight females. *Int J Obesity* 1997;21: 1180-9.
4. Gobatto C, Mello MAR, Sibuya CY, Azevedo JRM, Santos, LA Kokubun E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. *Comp Biochem & Physiol Part A* 2001;130:21-7.
5. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randal RJ. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 1951;193: 265-75.
6. Giles KW and Meyers A. An improved diphenylamine method for the estimation of deoxynucleic acid. *Nature* 1961;1: 206-6.
7. Winick M, Basel JA, Rosso PA. Nutrition and cell growth. In: Winick M.editor. *Nutrition and development*. New York: John Wiley & Sons, 1972.p.

8. Kokubun E and Daniel JF. Relações entre a intensidade e duração das atividades em partidas de basquetebol com as capacidades aeróbia e anaeróbia: estudo pelo lactato sanguíneo. *Rev Paulista Ed Fis* 1992;6(2): 37-46.
9. Donovan CM and Brooks GA. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *Am J Physiol* 1983; 244: 463-70.
10. Remke H, Wilsdorf A, Müller F. Development of hypothalamic obesity in growing rats. *Exp Pathol* 1988;33: 223-32.
11. Dolnikoff, M, Martín-Hidalgo A, Machado UF, Lima FB, Herrera, E. Decreased lipolysis and enhanced glycerol and glucose utilization by adipose tissue prior to development of obesity in monosodium glutamate (MSG) treated-rats. *Int J Obesity* 2001; 25: 426-33.
12. Nascimento-Curi CMO, Marmo MR, Egami, M, Ribeiro EB, Andrade IS, Dolnikoff MS. Effect of monosodium glutamate treatment during neonatal development on lipogenesis and lipoprotein lipase activity in adult rats. *Biochem Int* 1991; 24: 927-935.
13. Tokuyama K and Himms-Hagen H. Brown adipose tissue thermogenesis, torpor, and obesity of glutamate-treated mice. *Am J Physiol* 1986; 251: E407-15.
14. Djazayeri A, Miller D S, Stock MJ. Energy balances in obese mice. *Nutr Metab* 1979; 23: 357-367.
15. Caputo FA, Ali SF, Wolf GL, Scallet AC. Neonatal MSG reduces hypothalamic DA,  $\beta$ -endorphin, and delays weight gain in genetically obese ( $A^{y/y}$ ) mice. *Pharmacol Biochem & Behav* 1996; 53: 425-32.
16. De Hirsh J and Han PW. Cellularity of rat adipose tissue: effects of growth, starvation and obesity. *J Lip Res* 1969; 10:77.
17. Ochi M, Fukuhara K, Sawada, T, Hattori, T, Kusunoki T. Development of the epididymal adipose tissue in monosodium glutamate-induced obese mice. *J Nut Sci Vitaminol* 1988; 34: 317-26.
18. Ribeiro EB, Nascimento CMO, Andrade IS, Hirata AE, Dolnikoff MS. Hormonal and metabolic adaptations to fasting in monosodium glutamate-obese rats. *J Comp Physiol* 1997; B167: 430-7.
19. Marmo MR, Dolnikoff MS, Kettelhut IC, Matsushita DM, Hell NS, Lima FB. Neonatal monosodium glutamate treatment increases epididymal adipose tissue sensitivity to insulin three-month old rats. *Braz J Med & Biol Res* 1994; 27:1249-53.
20. Couto, GEC. Efeito do exercício físico contínuo sobre o metabolismo lipídico de ratos tornados obesos pelo tratamento com glutamato monossódico (MSG) [Dissertação de Mestrado]. São Paulo (SP): Universidade Federal de São Paulo: 1995.
21. Powers SK, Howley ET, Cox R. A differential catecholamine response during prolonged exercise and passive heating. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14 (06): 453-9.
22. Jéquier E and Tappy L. Regulation of body weight in humans. *Physiol Rev* 1999; 79: 451-80.
23. Sjodin AM, Forslund AH, Westerterp KR, Andersson AB, Forslund JM, Hambraeus LM. The influence of physical activity on BMR. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(1):85-91.
24. Muaku SM, Thissen JP, Gerard G, Katelegers JM, Maiter D. Post natal catch-up growth induced by growth hormone and insulin growth factor-1 in rats with intrauterine growth retardation caused by maternal protein malnutrition. *Ped Res* 1997; 42: 370-7.
25. Felsing NE, Brasel JA, Cooper DM. Effect of low and high intensity exercise on circulating growth hormone. *J Clin Endocrinol Metab* 1992;75:157-62.

Recibido: 02-06-2003

Aceptado: 13-02-2004