

# EFEITO DE DIETAS HIPERLIPÍDICAS COM EXTRATO DE BARU E CHOCOLATE SOBRE A ÁREA DE ADIPÓCITOS DE RATOS SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO FÍSICO



EFFECTS OF HIGH FAT DIETS WITH BARU EXTRACT AND CHOCOLATE ON ADIPOCYTE AREA OF RATS SUBMITTED TO PHYSICAL EXERCISE

Fabrizio Cesar de Paula Ravagnani<sup>1,2,3</sup>  
Christianne de Faria Coelho Ravagnani<sup>2</sup>  
José Antônio Braga Neto<sup>1</sup>  
Fabrizio Azevedo Voltarelli<sup>2</sup>  
Arturo Alejandro Zavala Zavala<sup>2</sup>  
Carlos Alexandre Habitante<sup>2</sup>  
Celso Massaschi Inouye<sup>1</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil.

2. Núcleo de Aptidão Física, Metabolismo e Saúde - NAFIMES/UFMT, Cuiabá, MT, Brasil.

3. Curso de Licenciatura em Educação Física do Instituto Federal de Roraima – IFRR - Boa Vista - RR, Brasil.

## Correspondência:

Rua Garcia Neto, 395, casa 14, Ed. Porto Seguro, Jardim Kennedy 78065-050 – Cuiabá, MT, Brasil.  
E-mail: fabrizioravagnani@hotmail.com

## RESUMO

**Introdução:** O acúmulo de tecido adiposo provoca uma série de distúrbios metabólicos, os quais poderiam ser atenuados pela modulação dietética e prática de exercícios físicos. **Objetivo:** Avaliar os efeitos de dietas hipercalóricas/hiperlipídicas com extrato de baru e chocolate associadas ao exercício aeróbio sobre a área de adipócitos e triglicérides hepáticos (TGL<sub>hep</sub>) de ratos. **Métodos:** Após o desmame, ratos da linhagem Wistar, com exceção dos controles (dieta Nuvilab<sup>®</sup>; 3,48kcal/g), foram alimentados com dieta à base de chocolate (4,17kcal/g), por dois meses, para indução da obesidade. Feito isso, os animais foram distribuídos em seis grupos: controle sedentários (CS), controle exercitados (CE), baru sedentários (BS), baru exercitados (BE), chocolate sedentários (CHOS), chocolate exercitados (CHOE), de acordo com a introdução da dieta com extrato de baru e treinamento de natação (2% do peso corporal, 8 sem., 5x/semana, 1h/sessão). Após a morte dos animais, o conteúdo de TGL<sub>hep</sub> foi determinado e os tecidos adiposos retroperitoneal, inguinal e omental foram removidos, pesados e submetidos à avaliação da área de adipócitos. **Resultados:** As dietas hipercalóricas aumentaram o peso e a área de células do tecido retroperitoneal em relação à dieta controle ( $p < 0,05$ ). O exercício reduziu a área de células do tecido omental (CHOE:  $6.370,91 \pm 7.776,13 < CHOS: 7.341,28 \pm 5.862,24 \mu m^2$ ) e inguinal (CHOE:  $5.147,49 \pm 5.712,71 < CHOS: 7.083,11 \pm 7.682,40 \mu m^2$ ) do grupo chocolate e inguinal do controle (CE:  $2.212,87 \pm 1.920,34 < CS: 3.386,11 \pm 3.973,09 \mu m^2$ ). O conteúdo de TGL<sub>hep</sub> dos animais sedentários apresentou-se mais elevado em relação aos animais exercitados e alimentados com as dietas hipercalóricas (BS:  $1,36 \pm 0,50 > BE: 0,88 \pm 0,43 mg.100mg^{-1}$ ; CHOS:  $1,77 \pm 0,64 > CHOE: 0,86 \pm 0,41 mg.100mg^{-1}$ ). **Conclusão:** O treinamento físico em intensidade leve à moderada reduziu significativamente os depósitos adiposos omental (visceral) e inguinal dos animais alimentados com dieta controle e chocolate. Esse mesmo comportamento não foi reproduzido com a dieta à base de extrato de baru. Os animais exercitados apresentaram menor conteúdo de TGL<sub>hep</sub>, mesmo na persistência das dietas hiperlipídicas/hipercalóricas.

**Palavras-chave:** treinamento físico, dieta hiperlipídica, área de adipócitos.

## ABSTRACT

**Introduction:** Fat tissue accumulation provokes several metabolic disorders, which may be attenuated by dietetic modulation and physical exercise. **Objective:** The effects of hypercaloric/hyperlipidic diets with additional baru extract associated to aerobic exercise on adipocytes from different regions as well as on hepatic triglycerides (TGL<sub>hep</sub>) of Wistar rats were evaluated. **Methods:** The animals, except for the control ones (Nuvilab<sup>®</sup> diet: 3.48kcal/g), were fed with a chocolate-based diet (4.17 kcal/g) during 2 months in order to induce obesity. The animals were then distributed into 6 groups, according to the introduction of baru extract diet as well as to swimming training: Sedentary Control (SC); Trained Control (TC); Sedentary Baru (SB); Trained Baru (TB); Sedentary Chocolate (SCho) and Trained Chocolate (TCho). The trained animals were subjected to swimming exercise supporting overload equivalent to 2% of body weight, during 8 weeks, 5x/week, and 1h/day. At the end, the animals were killed and the TGL<sub>hep</sub> content was determined. The retroperitoneal (RET), inguinal (IN), and omental (OM) fat tissues were excised, weighted, and submitted to adipocyte area evaluation. **Results:** The hypercaloric diet increased both body weight and cell areas of RET if compared to the control diet ( $P < 0.05$ ). The physical training decreased the OM (TCho:  $6370.91 \pm 7776.13 < SCho: 7341.28 \pm 2.24 \mu m^2$ ) and IN (TCho:  $5147.49 \pm 5712.71 < SCho: 7083.11 \pm 7682.40 \mu m^2$ ) cell areas of chocolate group as well as IN cell areas of TC (TE:  $2212.87 \pm 1920.34 < SC: 3386.11 \pm 3973.09 \mu m^2$ ). The TGL<sub>hep</sub> contents of sedentary animals were higher in comparison to the trained rats fed with hypercaloric diets (SB:  $1.36 \pm 0.50 > TB: 0.88 \pm 0.43 mg.100mg^{-1}$ ; SCho:  $1.77 \pm 0.64 > TCho: 0.86 \pm 0.41 mg.100mg^{-1}$ ). **Conclusion:** In the conditions of the present study, the exercise training protocol seemed more effective than the diet protocol in attenuating lipid tissue accumulation in rats.

**Keywords:** physical training, baru, high fat diet, adipocyte area.

## INTRODUÇÃO

A prevenção ou a redução da obesidade e síndrome metabólica (SM) na população é meta de inúmeras políticas de saúde nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, as quais incluem necessariamente a atividade física e alimentação saudável no rol das ações<sup>1-4</sup>.

A inclusão de alimentos com alegação funcional na dieta é uma tendência que tem gerado crescimento na comercialização desses produtos, bem como despertado a curiosidade da indústria farmacêutica. Particularmente nos países em desenvolvimento, o uso terapêutico de plantas e frutos nativos é comum, apesar de pouco conhecido do ponto de vista científico<sup>5</sup>.

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) é um fruto de ocorrência abundante no cerrado brasileiro. Relatos isolados baseados na medicina caseira sugerem que o óleo extraído da amêndoa tem ação antirreumática e apresenta propriedades sudoríferas, tônicas e reguladoras da menstruação<sup>6</sup>. Essas características do alimento transferem para o mesmo um grande potencial para utilização na indústria alimentícia e farmacêutica.

A amêndoa é rica em ácidos graxos insaturados (78,5% do total dos lipídios, 44,5% de ácido oleico e 31,7% de ácido linoleico) e  $\alpha$ -tocoferol (5mg/100g)<sup>7</sup>. Essa composição química desperta a possibilidade para a pesquisa clínica, já que a utilização de gorduras mono e poli-insaturadas, fibras e nutrientes antioxidantes faz parte da conduta nutricional indicada pela diretriz de síndrome metabólica<sup>3</sup>.

No que diz respeito aos exercícios físicos, é sabido que intensidades moderadas promovem preservação da massa muscular, redução dos fatores de risco cardiometabólicos associados à obesidade, aumento do gasto energético e perda de gordura corporal<sup>8</sup>.

No entanto, ainda não está claro como a contratilidade do músculo esquelético, de forma regular, age em cada compartimento do tecido adiposo (ex. gordura abdominal visceral e subcutânea). O conhecimento desses efeitos é importante, uma vez que a distribuição da gordura corporal, e não apenas a obesidade *per se*, é determinante para o perfil metabólico<sup>9</sup>.

São escassos na literatura estudos que demonstrem os efeitos do exercício físico regular sobre a área de adipócitos de diferentes tecidos de gordura, bem como que comprovem possíveis alegações funcionais do extrato de baru. Por razões óbvias, tem sido conduzido um número significativo de estudos envolvendo exercício e nutrição em animais de laboratório, principalmente em ratos, e a aplicação de diferentes tipos de alimentos visando verificar a associação dos mesmos ao exercício físico.

Em função dos aspectos supracitados, o presente trabalho tem como objetivo estudar os efeitos de dietas ricas em lipídios (chocolate e baru) e do exercício aeróbio sobre a área de adipócitos dos diferentes depósitos de gordura de ratos.

## METODOLOGIA

### Animais

Foram utilizados 42 ratos da linhagem Wistar (30 dias de idade no início do experimento), os quais foram obtidos através das facilidades do Biotério da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. Os animais foram mantidos em gaiolas coletivas (cinco ratos/gaiola), à temperatura constante de 28°C e sob ciclo claro/escuro de 12 horas. O presente trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais, a qual está instituída no âmbito da Universidade Federal Mato Grosso do Sul (UFMS) (protocolo nº 183/2008).

### Dieta

Todos os animais foram alimentados com dieta à base de chocolate, a qual foi composta por: 25% de amendoim torrado, 25% de chocolate ao leite e 12,5% de biscoito de amido de milho, 18% de proteína, 4,5%

de celulose, 5% de vitaminas e minerais e 10% de fibras. Estes ingredientes foram moídos, misturados e oferecidos, na forma de péletes, durante dois meses ininterruptos, sem a realização do exercício físico, e tiveram a finalidade de induzir a obesidade nos animais. Após o final desse período, os animais foram distribuídos em seis grupos, de acordo com a realização ou não do treinamento físico e com a introdução de uma nova dieta, à base de extrato de baru. Essa dieta foi elaborada substituindo-se a fração lipídica da dieta chocolate pelo extrato etéreo de baru. O grupo controle permaneceu com dieta padrão (Nuvilab®) durante todo o experimento. A composição das dietas encontra-se na tabela 1.

Dessa forma, formaram-se seis grupos experimentais: baru exercício (BE) (n = 6): animais alimentados com dieta a base de extrato de baru e treinados; baru sedentário (BS) (n = 9): animais sedentários alimentados com dieta a base de extrato de baru; chocolate exercício (CHOE) (n = 9): animais alimentados com dieta a base de chocolate e treinados; chocolate sedentário (CHOS) (n = 10): animais alimentados com dieta a base de chocolate e mantidos sedentários; controle sedentário (CS) (n = 4): animais sedentários e alimentados com dieta padrão; controle exercício (CE) (n = 4): animais alimentados com dieta padrão e treinados.

**Tabela 1.** Composição centesimal das dietas experimentais hiperlipídicas elaboradas para ratos do grupo chocolate, grupo soja e grupo baru, expressa na base úmida, em g/100g.

Constituintes	Dieta		
	Baru	Chocolate	Controle
Umidade	5,87	5,13	12,50
Resíduo mineral fixo	2,69	1,96	10,00
Lipídios	17,34	21,58	4,50
Proteínas (N x 6,25)	21,08	16,87	22,00
Carboidrato	42,95	39,29	55,00
Fibras	10,07	14,45	8,00
Valor calórico total kcal/100g	412,18	417,43	348,5

### Adaptação ao meio líquido e protocolo de treinamento físico

A adaptação consistiu em manter os animais em contato com água rasa à temperatura de  $32 \pm 2^\circ\text{C}$ , ao passo que os mesmos suportaram sobrecargas de chumbo inseridas em "mochilas" de pano fechadas com Velcro® e atadas ao tórax com o auxílio de um elástico. O propósito da adaptação foi reduzir o estresse dos animais frente ao exercício físico realizado na água.

O protocolo de exercício físico foi realizado em piscina raiada (50cm de altura por 15cm de diâmetro). Os animais efetuaram o treinamento em uma frequência de cinco dias por semana (uma hora/dia), suportando carga equivalente a 2% do peso corporal atada ao dorso dos mesmos, durante oito semanas, com início aos 90 dias de idade. A intensidade de 2% do peso corporal, utilizada no presente estudo, pode ser considerada leve à moderada ou sublimiar, uma vez que já está bem estabelecido que a carga equivalente à transição metabólica aeróbia/anaeróbia (limiar anaeróbio) é obtida, em média, em 5% do peso corporal a partir da aplicação de diferentes testes adaptados às condições do rato durante o exercício de natação<sup>10</sup>.

### Avaliações

Todos os animais foram pesados e tiveram a ingestão alimentar registrada uma vez por semana durante todo o experimento. A ingestão alimentar foi definida como a diferença entre a quantidade de ração ofertada e as sobras, divididos pelo número de animais por gaiola.

Decorridas as oito semanas de treinamento físico e 48 horas após a realização da última sessão de exercício, os animais foram mortos por inalação de CO<sub>2</sub>. Os tecidos adiposos retroperitoneal, inguinal e omental foram imediatamente removidos e pesados em balança analítica. A escolha dos depósitos adiposos baseou-se na cavidade corporal e na localização dos mesmos. O tecido adiposo retroperitoneal representa o tecido adiposo abdominal subcutâneo, o omental representa o abdominal visceral e o inguinal, o subcutâneo periférico<sup>11</sup>.

### Área de adipócitos

Aproximadamente 100mg de cada tecido adiposo foi removido e colocado em solução salina, fixado em tampão colidina 0.2M, contendo 2% de tetróxido de ósmio, em estufa a 37°C, por um período de 48 a 72 horas, aproximadamente. Após essa etapa, as células foram lavadas e suspensas em solução salina, imediatamente retiradas e espalhadas em lâminas, para posterior leitura/medida das áreas dos adipócitos. Este método foi previamente descrito por Hirsch e Gallian<sup>12</sup> e padronizado por Dâmaso<sup>13</sup>. A área dos adipócitos foi medida em aproximadamente 50 células do mesmo tecido por meio de um microscópio da marca *Nikon Eclipse E200*<sup>®</sup> e *software* de imagem UTHSCSA image Tool 3.0<sup>®</sup>.

### Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando a análise de variância (ANOVA) para detectar diferenças entre os grupos exercitados e sedentários alimentados com mesma dieta e entre as três diferentes dietas, seguido pelo teste *post-hoc* de Tuckey. Para o teste de normalidade, usou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov e, para converter dados não normais a normais, utilizamos Box-Cox. A comparação entre a ingestão alimentar dos animais (kcal/dia) foi feita mediante teste *t* de Student para amostras não pareadas. Todos os valores foram expressos como média ± desvio padrão e as diferenças fixadas em  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Verifica-se, na tabela 2, que a ingestão energética dos animais dos grupos exercitados foi semelhante nos três modelos de dieta. O mesmo ocorreu em relação aos animais sedentários. Apenas os animais do grupo controle exercitado ingeriram mais calorias em relação aos seus pares sedentários ( $p < 0,05$ ).

Os dados apresentados nas tabelas 3 e 4 indicam que as dietas hipercalóricas/hiperlipídicas aumentaram o peso e a área de células do tecido adiposo retroperitoneal em relação à dieta controle. O exercício foi eficiente em reduzir a área de células do tecido adiposo omental e inguinal do grupo chocolate e inguinal no controle. O grupo exercitado e alimentado com dieta baru apresentou maior área de adipócitos no que se refere aos tecidos retroperitoneal e inguinal em relação aos seus pares sedentários.

**Tabela 2.** Ingestão energética (kcal/dia) dos animais sedentários (S) e exercitados (E) alimentados com dieta baru (B), chocolate (CHO) e controle (C)

Ingestão energética (kcal/dia)	
Grupos	Média ± DP
BE	77,16 ± 22,50*
BS	73,94 ± 21,96
CHOE	62,28 ± 13,73
CHOS	60,19 ± 10,01
CE	70,72 ± 13,10 <sup>a</sup>
CS	61,04 ± 9,58 <sup>b*</sup>

Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras sobrescritas diferentes revelam diferença estatística entre animais treinados e sedentários do mesmo grupo ( $p < 0,05$ ). \*  $p < 0,05$  diferença entre dieta baru e dieta controle.

A tabela 5 evidencia que o conteúdo de triglicerídeos no fígado dos animais sedentários foi maior se comparado aos grupos exercitados e alimentados com as dietas hipercalóricas/hiperlipídicas ( $p < 0,05$ ), sendo que os valores dos grupos exercitados com essas dietas não se diferenciaram dos apresentados pelos animais com dieta controle.

**Tabela 3.** Peso dos tecidos (g) omental, retroperitoneal e inguinal dos animais sedentários (S) e exercitados (E) alimentados com dieta baru (B), chocolate (CHO) e controle (C).

Peso tecidos (g)			
Tecidos	Omental	Retroperitoneal	Inguinal
Grupos	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
BE	4,49 ± 1,50	7,89 ± 2,24 <sup>*</sup>	0,80 ± 0,29
BS	3,38 ± 1,29	6,91 ± 2,56 <sup>*</sup>	1,25 ± 0,26
CHOE	3,59 ± 1,76	6,38 ± 1,77 <sup>†</sup>	0,67 ± 0,17
CHOS	2,71 ± 1,11	5,53 ± 2,84 <sup>†</sup>	0,88 ± 0,62
CE	1,74 ± 0,41 <sup>b*</sup>	2,41 ± 0,65	0,71 ± 0,34
CS	2,17 ± 0,54 <sup>a</sup>	2,53 ± 0,78	0,60 ± 0,05

Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras sobrescritas diferentes revelam diferença estatística entre animais treinados e sedentários do mesmo grupo ( $p < 0,05$ ). \*  $p < 0,05$  diferença entre dieta hipercalórica baru e dieta controle; †  $p < 0,05$  diferença entre dieta chocolate e controle.

**Tabela 4.** Área de adipócitos (µm<sup>2</sup>) dos tecidos omental, retroperitoneal e inguinal dos animais sedentários (S) e exercitados (E) alimentados com dieta baru (B), chocolate (CHO) e controle (C).

Área de adipócitos			
Tecido	Omental (µm <sup>2</sup> )	Retroperitoneal (µm <sup>2</sup> )	Inguinal (µm <sup>2</sup> )
Grupos	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
BE	6.471,04 ± 3.412,29 <sup>*</sup>	18.286,56 ± 12.344,85 <sup>a*</sup>	4.480,08 ± 3.442,84 <sup>a*</sup>
BS	7.482,62 ± 5.836,58 <sup>*</sup>	11.378,45 ± 12.695,21 <sup>b*</sup>	3.259,32 ± 3.273,79 <sup>b</sup>
CHOE	6.370,91 ± 7.776,13 <sup>b</sup>	8.715,90 ± 7.300,99 <sup>†</sup>	5.147,49 ± 5.712,71 <sup>a†</sup>
CHOS	7.341,28 ± 5.862,24 <sup>a†</sup>	8.549,01 ± 10.394,3 <sup>†</sup>	7.083,11 ± 7.682,40 <sup>b†</sup>
CE	4.300,62 ± 3.603,44	6.031,03 ± 6.133,87	2.212,87 ± 1.920,34 <sup>a</sup>
CS	5.099,05 ± 4.642,03	6.835,89 ± 6.328,56	3.386,11 ± 3.973,09 <sup>b</sup>

Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras sobrescritas diferentes revelam diferença estatística entre animais treinados e sedentários do mesmo grupo ( $p < 0,05$ ). \*  $p < 0,05$  diferença entre dieta hipercalórica baru e dieta controle; †  $p < 0,05$  diferença entre dieta chocolate e controle.

**Tabela 5.** Triglicerídeos no fígado dos animais sedentários (S) e exercitados (E) alimentados com dieta baru (B), chocolate (CHO) e controle (C) expresso em mg/100mg.

Triglicerídeos no fígado	
Grupos	Média ± DP
BE	0,88 ± 0,43 <sup>a</sup>
BS	1,36 ± 0,50 <sup>b*</sup>
CHOE	0,86 ± 0,41 <sup>a</sup>
CHOS	1,77 ± 0,64 <sup>b†</sup>
CE	0,55 ± 0,08
CS	0,50 ± 0,25

Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras sobrescritas diferentes revelam diferença estatística entre animais treinados e sedentários do mesmo grupo ( $p < 0,05$ ). \*  $p < 0,05$  diferença entre dieta hipercalórica baru e dieta controle; †  $p < 0,05$  diferença entre dieta chocolate e controle.

## DISCUSSÃO

No presente estudo, a administração da dieta hiperlipídica com extrato de baru, tanto para os animais sedentários quanto para os exercitados, causou aumento das células adiposas dos tecidos abdominal subcutâneo (retroperitoneal) e abdominal visceral (omental) quando comparada à dieta controle. Os animais do grupo chocolate sedentário apresentaram área de adipócitos maior em relação aos controles em

todos os tecidos analisados. Tais resultados corroboram os achados de Chen e Farese<sup>14</sup>, os quais observaram que camundongos alimentados com dieta rica em lipídios (16%), durante 16 semanas, apresentaram área de adipócitos da região epididimal 2,5 vezes maiores do que a do grupo controle.

Os resultados obtidos por nós, os quais denotaram o acúmulo de tecido adiposo de forma predominante na região do abdômen após administração de dietas hipercalóricas e hiperlipídicas, estão de acordo com outros estudos dessa natureza. A atividade da lipase de lipoproteína, enzima chave na deposição de gordura em vários compartimentos adiposos, bem como os níveis de RNAm da LPL, são maiores nas células abdominais do que nas gluteais de indivíduos do sexo masculino<sup>15</sup>. Além disso, estes tecidos apresentam maior expressão das proteínas transportadoras de ácidos graxos (FATPs)<sup>16</sup>.

De acordo com Oller do Nascimento *et al.*<sup>17</sup>, em ratos, dietas hiperlipídicas reduzem a atividade das enzimas lipogênicas e a lipogênese no depósito inguinal e aumentam essas enzimas no tecido visceral. Este fato explicaria, em parte, a ausência de diferenças para o peso dos tecidos inguinal entre os grupos de animais com dieta hiperlipídica ou normolipídica.

Ressalta-se, ainda, que a obesidade nos animais com dieta hipercalórica/hiperlipídica pôde ser observada mesmo na ausência de hiperfagia, uma vez que não houve diferença na ingestão entre os ratos das dietas chocolate e baru em relação àqueles com dieta controle submetidos ao mesmo tratamento.

Em diversos modelos animais, a adição de lipídios na dieta resultou em redução da ingestão e aumento do peso<sup>18</sup>, enquanto que a atividade física promoveu maior consumo alimentar (23%)<sup>11</sup>. Em nosso estudo, observou-se que apenas os animais exercitados pertencentes ao grupo controle ingeriram maior quantidade de alimento em relação ao seu par sedentário. Mesmo com consumo maior, o grupo controle exercitado apresentou tendência a menores valores de área de adipócitos em todos os tecidos, destacando-se, significativamente, o tecido adiposo subcutâneo inguinal. Além disso, o peso total do tecido adiposo omental foi menor ( $p < 0,05$ ) nos animais controles exercitados.

Por outro lado, esse mesmo comportamento não foi reproduzido no tecido retroperitoneal, nem tampouco nos tecidos do grupo Baru, levantando a hipótese de que o extrato etéreo do baru contenha fatores dietéticos que contribuam para a maior deposição de lipídios e/ou possam inibir os efeitos do exercício sobre os estoques adiposos corporais.

Os resultados observados no grupo chocolate coadunam os encontrados por Gollisch *et al.* (2009)<sup>19</sup>, os quais observaram menor área de adipócitos em função do exercício físico em ambos os depósitos, inguinal e parametrial de ratos alimentados com dieta hiperlipídica.

Esses achados também estão de acordo com outro estudo que mostra que é mais fácil mobilizar gordura abdominal visceral do que abdominal subcutânea com o exercício físico<sup>20</sup>. O tecido adiposo visceral parece ser menos responsivo do que o subcutâneo abdominal ao estímulo antilipolítico e de re-esterificação de ácidos graxos produzido pela insulina<sup>19</sup>. Neste sentido, pode-se sugerir que, na condição de ganho de peso, o acúmulo adiposo seria predominante no tecido abdominal subcutâneo e, na perda de peso, o efeito seria mais pronunciado no tecido visceral.

De fato este resultado foi observado no presente estudo, uma vez que o tecido retroperitoneal dos grupos com dieta hipercalórica foi superior ao dos animais controles. Nas condições em que houve efeito do exercício físico na perda de gordura, este foi perceptível no tecido visceral (omental).

De acordo com Thomas *et al.*<sup>20</sup>, a interação entre as diferentes fontes de fornecimento de lipídios durante o exercício não foi, ainda, totalmen-

te elucidada, ao passo que seu funcionamento permanece obscuro e disperso em trabalhos experimentais distintos. As aparentes diferenças a respeito dos efeitos dos exercícios sobre os depósitos de gordura podem ser em função de inúmeros fatores, incluindo metodologia para análises dos adipócitos, dieta, característica da amostra (ex. obesos e/ou eutróficos) e protocolos de exercício adotados, os quais variam de acordo com a frequência, intensidade e duração do esforço físico.

Em estudo realizado por Guerra *et al.*<sup>21</sup>, observou-se que o exercício efetuado em intensidade moderada e de maneira crônica (cinco dias/semana) diminuiu significativamente os pesos relativos da adiposidade central (gordura retroperitoneal) e visceral (gordura epididimal) após a administração de duas dietas (dieta rica em lipídios e padrão) quando animais treinados foram comparados aos seus respectivos sedentários e alimentados com as mesmas dietas.

Em outro estudo<sup>22</sup>, foi observado que a dieta cafeteria induziu a obesidade abdominal nos ratos. Por outro lado, o treinamento físico (natação, 5d/sem, 30min/sessão) minimizou os efeitos negativos atribuídos a esta dieta, ou seja, foi efetivo em reduzir tanto a adiposidade central como a visceral dos animais.

Torna-se importante destacar que nos dois estudos citados anteriormente a carga de exercício utilizada durante o esforço físico foi de 5% da massa corporal dos animais, ou seja, superior à adotada em nosso estudo (2%).

Fiorese<sup>23</sup> observou que ratos alimentados com dieta hiperlipídica bem como submetidos ao exercício físico (90min/dia, 5x/semana, durante oito semanas) não apresentaram modificações nos tecidos adiposos brancos epididimal e retroperitoneal. Neste estudo, a carga de exercício suportada pelos animais foi de 3% em relação ao peso, isto é, similar à utilizada em nosso estudo.

Dessa forma, os resultados do presente estudo sugerem que a intensidade de exercício suportada pelos animais alimentados com diferentes tipos de dieta foi insuficiente no sentido de evitar o aumento da área dos adipócitos localizados na região abdominal, especificamente a porção retroperitoneal.

No presente estudo, observa-se que os valores referentes ao peso do tecido retroperitoneal dos animais alimentados com dieta hiperlipídica/hipercalórica foram maiores quando comparados aos obtidos nos animais controles com dieta normocalórica. No entanto, não houve diferença entre os grupos exercitados e sedentários alimentados com mesma dieta, fato este que possivelmente confirmaria nossa hipótese postulada acima.

O aumento da massa gorda levanta a questão sobre o quanto esse fator exponencial está associado somente ao excesso de energia consumida ou ao sedentarismo<sup>11</sup>. No presente estudo, parece que a dieta foi o principal determinante para o aumento da área de células e peso dos tecidos adiposos por nós analisados. O exercício físico agiu preferencialmente sobre os estoques de gordura na região omental dos ratos.

Este achado foi observado também por Laye *et al.*<sup>11</sup>, que mostraram que a atividade física voluntária (em roda) preveniu a hipertrofia e a hiperplasia de células adiposas da região omental de ratos obesos.

O fato de ter ocorrido redução da área de células do tecido omental do grupo chocolate exercitado é de grande relevância do ponto de vista clínico, uma vez que os estudos confirmam que a área de adipócitos do tecido visceral está positivamente associada a diversas alterações metabólicas em ambos os sexos, tais como resistência insulínica e inflamação sistêmica de baixo grau<sup>24</sup>.

A contribuição da gordura visceral para a ocorrência de resistência insulínica parece estar mais relacionada à liberação das adipocinas do que ao fluxo de ácidos graxos livres no tecido muscular. O depósito visceral secreta maiores quantidades de PCR, IL-6 e PAI se comparado ao

subcutâneo<sup>15</sup>, sendo que grande parte dos ácidos graxos que compõem o tecido visceral é liberada diretamente na veia porta, com consequente alteração do metabolismo e acúmulo de triglicerídeos no fígado<sup>25</sup>.

No presente estudo, observou-se que os animais dos grupos sedentários e alimentados com dietas hiperlipídicas/hipercalóricas apresentaram tanto maior peso do tecido omental como maior área de células do mesmo tecido, além de alto conteúdo de triglicerídeo hepático. Por outro lado, os valores dessas mesmas variáveis, encontrados nos grupos em que associou-se a dieta hipercalórica/hiperlipídica ao treinamento físico, mostraram-se diferentes se comparados aos seus pares sedentários.

Além disso, tais resultados aproximaram-se dos valores obtidos pelos grupos com dieta normocalórica, mostrando que o exercício realizado em intensidade leve à moderada pode ser um fator protetor no combate ao acúmulo de gordura no fígado, mesmo na persistência das dietas ricas em calorias e lipídios.

Esses achados corroboram os de outros estudos, os quais observaram reduções significativas nos triglicerídeos no fígado dos animais exercitados em intensidade leve à moderada<sup>23</sup> ou naqueles voluntariamente ativos<sup>26</sup>.

A atenuação da esteatose hepática em resposta ao exercício físico parece estar associada ao aumento da oxidação e redução da síntese de ácidos graxos no fígado. O estudo de Rector *et al.*<sup>26</sup> evidencia que o treinamento físico melhora a função mitocondrial hepática, especificamente o acoplamento de elétrons da beta oxidação, e potencializa o funcionamento do ciclo de Krebs e da fosforilação oxidativa, o que resulta em uma degradação mais completa dos ácidos graxos hepáticos dos ratos obesos.

O presente trabalho prima por importantes perspectivas no que se refere à saúde pública, uma vez que a esteatose hepática não alcoólica é mais frequente em indivíduos acometidos pela síndrome metabólica<sup>27</sup>, e são justamente estes que apresentam maior dificuldade de realizar exercícios em intensidades mais elevadas.

Embora este estudo de natureza experimental apresente alguns efeitos positivos provenientes da prática de exercícios aeróbios de leve à moderada intensidade, estudos futuros são requeridos. O fato de a dieta hiperlipídica, à base de extrato de baru, ter produzido efeitos contrários ao esperado, levanta a necessidade de análises mais apu-

radas quanto à comprovação de suas alegações funcionais. Algumas substâncias presentes no extrato, além dos ácidos graxos insaturados, podem, de alguma forma, ter interferido nos resultados obtidos.

A adição de óleo purificado de baru a uma dieta isocalórica, ao invés da dieta hiperlipídica/hipercalórica, utilizada por nós, poderia produzir resultados distintos e, hipoteticamente, benéficos à saúde, como é o caso de muitos óleos extraídos de castanhas.

Outra limitação do estudo refere-se à escassez de pesquisas que utilizaram os tecidos adiposos omental e inguinal, fato que pode ter comprometido nossas comparações. Além disso, e de forma importante, não existe, descrita na literatura, técnica considerada como padrão ouro para a mensuração da área de adipócitos, ao passo que o tetróxido de ósmio, utilizado por nós para esse fim, parece superestimar os resultados<sup>14</sup>.

## CONCLUSÃO

Os efeitos do exercício aeróbio, realizado em intensidade leve a moderada, foram significativos e mais pronunciados na redução dos depósitos adiposos visceral e inguinal dos animais alimentados com dieta controle e chocolate. Esse mesmo comportamento não foi reproduzido com a dieta a base de extrato de baru. Além disso, os animais exercitados apresentaram menor conteúdo de triglicerídeo hepático, mesmo na persistência da dieta hiperlipídica/hipercalórica com chocolate ou extrato de baru.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da UFMS pelo apoio; à Fundação de Apoio e Desenvolvimento de Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul (processo 23/200.200/2008); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (processo 23108.009511/09-1), pelo auxílio financeiro à pesquisa; e aos professores de educação física Brunno Elias Ferreira e Erika Alves Morel pela contribuição técnica.

---

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

---

## REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Política nacional de promoção da saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
2. U.S. Department of Health and Human Services. 2001. The Surgeon General's Call to Action to Prevent and Decrease Overweight and Obesity. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. Disponível em <http://www.surgeongeneral.gov/topics/obesity/calltoaction/CalltoAction.pdf>
3. I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica da Sociedade Brasileira de Hipertensão. Arq Bras Cardiol 2005; 84:3-28. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abc/v84s1/a01v84s1.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2010.
4. Brasil. Ministério da Saúde. Análise da estratégia global para alimentação saudável, atividade física e saúde. 2004 [atualizada 2007 acesso em 10 janeiro de 2010]. Disponível em: [http://dtr2004.saude.gov.br/nutricao/documentos/doc\\_eg\\_final\\_submetido.pdf](http://dtr2004.saude.gov.br/nutricao/documentos/doc_eg_final_submetido.pdf)
5. Ikeda AA, Moraes A, Mesquita G. Considerações sobre tendências e oportunidades dos alimentos funcionais. Revista P&D em Engenharia de Produção 2010;8:40-56. Disponível em [http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V08N02/v8n2\\_artigo\\_03.pdf](http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V08N02/v8n2_artigo_03.pdf)
6. Sano SM, Ribeiro JF, Brito MA. Baru: biologia e uso. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. [acesso em 02 abril 2007]. Disponível em: [http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2004/doc/doc\\_116.pdf](http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2004/doc/doc_116.pdf)
7. Takemoto E, Okada IA, Garbelotti ML, Tavares M, Aued-Pimentel S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis. Revista Instituto Adolfo Lutz 2001;60:113-7.
8. Hainer, V, Toplak H, Mitrakou A. Treatment modalities of obesity. What fits whom? Diabetes Care 2008;31:S269-77.
9. Weiss R. Fat distribution and storage: how much, where, and how? Eur J Endocrinol 2007;157:39-45.
10. Contarteze RVL, Manchado FB, Gobatto CA, Mello MAR. Biomarcadores de estresse em ratos exercitados por natação em intensidades igual e superior à máxima fase estável de lactato. Rev Bras Med Esporte 2007;13:169-74.
11. Laye MJ, Thyfault JP, Stump CS, Booth FW. Inactivity induces increases in abdominal fat. J Appl Physiol 2007;102:1341-7.
12. Hirsch J, Gallian E. Methods for determination of adipose cell size in man and animals. J Lipid Res 1968;9:110-9.
13. Dâmaso AR. Efeitos do exercício agudo e crônico sobre o metabolismo lipídico e a celularidade adiposa de ratos no período de lactação e após o desmame. [Tese]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo; 1996:120p.
14. Chen HC, Farese Jr RV. Determination of adipocyte size by computer image analysis. J Lipid Res 2002;43:986-9.
15. Wajchenberg BL. Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. Endocr Rev 2000;21:697-738.
16. Shadid S, Koutsari C, Jensen M D. Direct Free Fatty Acid Uptake Into Human Adipocytes In Vivo. Relation to Body Fat Distribution. Diabetes 2007;56:1369-75.
17. Oller do Nascimento, CM, Ribeiro EB, Oyama L. Metabolism and secretory function of white adipose tissue: effect of dietary fat. An Acad Bras Cienc 2009;81:453-66.
18. Alaniz MHF, Takada J, Vale MICA, Lima FB. Adipose tissue as an endocrine organ: from theory to practice. J Pediatr 2007;83:192-203.
19. Gollisch KSC, Brandauer J, Jessen N, Toyoda T, Nayer A, Hirshman MF, et al. Effects of exercise training on subcutaneous and visceral adipose tissue in normal- and high-fat diet-fed rats. Am J Physiol Endocrinol Metab 2009;297:495-504.
20. Thomas EL, Brynes AE, McCarthy J, Goldstone AP, Hajnal JV, Saeed N, et al. Preferential Loss of Visceral Fat Following Aerobic Exercise, Measured by Magnetic Resonance Imaging. Lipids 2000;35:769-76.
21. Guerra RLF, Prado WL, Cheik NC, Viana FP, Botero JP, Vendramini RC, et al. Effects of 2 or 5 consecutive exercise days on adipocyte area and lipid parameters in Wistar rats. Lipids in Health and Disease 2007;6:1-8.
22. Eguchi R, Cheik NC, Oyama LM, Nascimento CMO, Mello MT, Tufik S, et al. Efeitos do exercício crônico sobre a concentração circulante da leptina e grelina em ratos com obesidade induzida por dieta. Rev Bras Med Esporte 2008;14:182-7.
23. Fiorese MS. **Efeitos do exercício acumulado sobre o controle da adiposidade visceral, leptinemia e gordura hepática em ratos alimentados com dieta hiperlipídica.** [Tese]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2008; 90 p.
24. Tchoukalova YD, Koutsari C, Karpyak MV, Votruba SB, Wendland E, Jensen MD. Subcutaneous adipocyte size and body fat distribution. Am J Clin Nutr 2008;87:56-63.
25. Frayn KN. Visceral fat and insulin resistance – causative or correlative? Br J Nutr 2000;83:71-7.
26. Rector RS, Thyfault JP, Morris RT, Laye MJ, Borengasser SJ, Booth FW, et al. Daily exercise increases hepatic fatty acid oxidation and prevents steatosis in otsuka long-evans tokushima fatty rats. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2008;294:619-26.
27. Marchesini G, Bugianesi E, Forlani G, Cerrelli F, Lenzi M, Manini R, et al. Nonalcoholic fatty liver, steatohepatitis, and the metabolic syndrome. Hepatology 2003;37:917-23.