



Efeito da natação associado a diferentes dietas sobre o músculo tibial anterior do rato: estudo morfológico e histoquímico

Olimpia Ciabattari¹, Alexandre Dal Pai² e Vitalino Dal Pai³

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito da associação de diferentes frequências de programas de natação e dietas nas características do músculo tibial anterior. Foram utilizados 24 ratos machos Wistar. Estes foram aleatoriamente divididos em três grupos: não treinados (controle), grupo treinado (2x/sem) e grupo treinado (5x/sem). Cada grupo foi dividido em dois grupos, os quais receberam uma das dietas: normal ou hipercalórica. Depois do período de treinamento, amostras do músculo foram coletadas e congeladas a -70°C . Cortes histológicos ($8\mu\text{m}$) obtidos em um micrótomo criostato (-20°) foram submetidos aos métodos HE e NADH-TR, m-ATPase (pH 4,4) e *Sudan Black*. A morfologia e o grau de hipertrofia foram avaliados usando o método do menor diâmetro. Os dados foram submetidos ao teste de variância (ANOVA-one way). As fibras musculares foram classificadas como SO, FOG e FG, apresentando um padrão de distribuição em mosaico em todos os grupos. As fibras musculares revelaram leve hipertrofia em todos os grupos. Os pesos inicial e final foram significativamente diferentes nos grupos treinados. Nos grupos treinados, especialmente no grupo de 5x/sem, as fibras musculares revelaram hipertrofia e *splitting* com alguns mionúcleos internos. Algumas fibras revelaram-se atrofiadas e esta observação sugeriu desnervação. O metabolismo oxidativo foi mais intenso nas fibras SO e FOG; não houve alterações na habilidade contrátil do músculo e o teor de lipídios foi intenso nas fibras SO, moderado nas FOG e fraco nas FG. O presente estudo, com este protocolo, treinamento de 2x/sem e 5x/sem, causou diferentes tipos de lesões morfológicas nas fibras. A dieta hipercalórica não causou resultados estatisticamente significantes em comparação com a dieta normal.

RESUMEN

Efecto de la natación asociado a diferentes dietas sobre el músculo tibial anterior del ratón: estudio morfológico e histoquímico

El objetivo de ese estudio fue investigar el efecto de la asociación de frecuencias diferentes de programas de natación y dietas en las características del músculo tibial anterior. Se usaron 24 ratones masculinos Wistar. Éstos fueron aleatoriamente divididos en 3 grupos: no especializado (control), el grupo especializado (2 x/sem) y el grupo 2 especializado (5 x/sem). Cada grupo era dividido en 2 grupos que recibieron uno de las dietas: normal o hipercalórica.

1. Departamento de Educação Física, Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), Presidente Prudente, SP.

2. Fatec, Campus Botucatu, SP.

3. Departamento de Histologia, Unoeste, Presidente Prudente, SP.

Recebido em 26/7/04. 2ª versão recebida em 3/1/05. Aceito em 10/2/05.

Endereço para correspondência: Olimpia Ciabattari, Av. Irineu Sesti, 124, Jardim Alto da Boa Vista – 19053-360 – Presidente Prudente, SP, Brasil. Tel.: (18) 231-4909. Fax: (18) 231-3100. E-mail: fioricia@stetnet.com.br

Palavras-chave: Músculo tibial anterior. Natação. Dietas normal e hipercalórica.

Palabras-clave: Músculo el tibial anterior. Natación. Dietas normales y hipercalórica.

Después del periodo de entrenamiento las muestras del músculo fueron recogidas y reunido congeladas a -70°C . Los cortes histológicos ($8\mu\text{m}$) obtenidos con un micrótomo de criostato (-20°) los mismos fueron sometidos a los métodos HE y NADH-TR, m-ATPase (pH 4,4) y Negro de Sudán. Se estimaron la morfología y el grado de la hipertrofia usando el método del diámetro más pequeño. Los datos se sometieron a prueba variable (ANOVA-one way). Las fibras musculares fueron clasificadas como SÓ, FOG y FG, presentando una distribución "de modelo en mosaico" en todos los grupos. Las fibras musculares revelaron una hipertrofia ligera en todos los grupos. Los pesos inicial y final fueron significativamente diferentes en los grupos especializados. Sobre todo en el grupo de 5 x/sem, de los grupos especializados, las fibras musculares revelaron hipertrofia, splitting, e con algunos mionúcleos internos. Algunas fibras se revelaron atroficas, y esta observación hizo pensar en una denervación. La oxidación del metabolismo SÓ era más intensa en las fibras y en el FOG; no había alteraciones en la habilidad contráctil del músculo y el tenor de lípidos en el grupo SÓ era intenso en las fibras, moderado en el FOG y débil en FG. El estudio presente, con este protocolo, en los grupos entrenados de 2 x/sem y 5 x/sem, causó tipos diferentes de lesiones morfológicas en las fibras. Los de dieta hipercalórica no provocaron resultados estadísticamente significativos comparados con los de la dieta normal.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, várias pesquisas têm evidenciado o quanto a atividade física tem sido eficiente no tratamento e prevenção de doenças crônicas como diabetes, doenças cardiovasculares e, especialmente, a obesidade, causadas, principalmente, por alimentação altamente calórica e estilo de vida sedentário.

Nas últimas décadas, elevado número de indivíduos obesos tem sido observado principalmente em países ricos, como Canadá, Nova Zelândia, Reino Unido e Estados Unidos. Neste último, no período de 1991 a 1998 foi observada variação de indivíduos obesos de 12% a 17,9%. Dados publicados em 2000 indicavam que adultos obesos e com sobrepeso formavam 54,9% da população norte-americana⁽¹⁾. Marx⁽²⁾ estima que esses dados dobraram nos últimos 20 anos, revelando, assim, que 30% dos adultos norte-americanos estão obesos e 35%, com sobrepeso. Crianças e adolescentes não estão imunes: 15% estão acima do peso.

No Brasil a obesidade atinge 41,5% da população, estando fortemente relacionada às dislipidemias⁽³⁾.

Considerada doença multifatorial a partir de 1985 pelo *National Institute of Health* por aumentar a incidência de outras doenças crônico-degenerativas⁽³⁾, a partir de 1997, a Organização Mundial da Saúde (OMS) reconheceu a obesidade como doença universal⁽⁴⁾.

Indivíduos obesos correm maior risco de doenças cardiovasculares, hipertensão, *diabetes mellitus* tipo 2, dislipidemia, osteoartrite, apnéia do sono, infertilidade e certos tipos de neoplasias^(1,4-6).

Para reverter esse quadro é necessária a adoção de métodos voltados para o aumento da massa magra, com o consequente aumento do condicionamento metabólico e a mobilização dos lipídios, principalmente no tecido adiposo, no fígado, coração, músculos esqueléticos e nas lipoproteínas plasmáticas⁽⁷⁾. Um dos métodos que pode levar a esse objetivo é a atividade física⁽⁸⁾.

O efeito de diferentes treinamentos – estático (escada vertical) e dinâmico (esteira) – nos músculos extensor longo dos dedos e sóleo em ratos jovens foi estudado por Melichna *et al.*⁽⁹⁾. Os autores observaram que o treinamento dinâmico resultou em elevação da capacidade oxidativa dos músculos, enquanto no grupo sedentário houve aumento preferencial no caráter glicolítico.

Efeitos similares foram observados por Lopez-Rivero *et al.*⁽¹⁰⁾ ao utilizar exercício de corrida com treinamento intenso em cavalos.

A modulação das fibras foi observada por Misumi *et al.*⁽¹¹⁾ em cavalos submetidos a exercício de natação associado à corrida. Os resultados revelaram aumento das FOG e diminuição das FG.

A interação de dietas hipercalóricas com atividade física também pode contribuir para a prevenção de dislipidemia e obesidade, conforme constatou Duarte⁽¹²⁾, ao exercitar ratos em treinamento de natação, alimentados com dieta hipercalórica.

Resultados semelhantes puderam ser observados por Ross *et al.*⁽⁴⁾, ao exercitar indivíduos com e sem restrição calórica. Mesmo não havendo redução de peso no grupo que não fez restrição calórica, os autores constataram que ocorreu redução do tecido adiposo abdominal, sendo este fator associado a doenças cardiovasculares e *diabetes mellitus* do tipo 2.

Nesse sentido, a presente pesquisa tem por finalidade estudar, em ratos alimentados com dieta normal e em ratos alimentados com dieta hipercalórica, o efeito das diferentes frequências de treinamento de natação sobre a morfologia, o grau de hipertrofia, o metabolismo oxidativo-glicolítico, o teor de lipídios e a habilidade contrátil lenta e rápida das fibras do músculo tibial anterior.

MATERIAL E MÉTODOS

Na presente pesquisa foram utilizados 24 ratos (*Rattus norvegicus, albinus*) Wistar, machos, adultos, com peso corporal médio de 350g. Os animais foram mantidos em gaiolas coletivas, com quatro ratos em cada gaiola, sob temperatura constante (26°C) e fotoperíodos de claro e escuro, de 12 horas.

Até o início do experimento, os animais foram alimentados com ração padrão *Purina* para roedores. Três semanas antes do experimento, 50% desses animais foram submetidos à dieta de cafeteria (hipercalórica)^(13,14) e os demais, com ração padrão *Purina*. Ambos os grupos tiveram ração e água *ad libitum*. A pesquisa foi realizada após a aprovação do comitê de Ética da Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), Presidente Prudente, SP.

Os ratos que receberam dieta padrão constituíram o grupo normal. Os grupos normal e hipercalórico foram subdivididos em grupo sedentário, grupo treinado 2x/semana e grupo treinado 5x/semana, contendo quatro ratos em cada grupo.

Os grupos sedentários normal (SN) e hipercalórico (SH), constituídos por quatro animais do grupo normal e quatro do grupo hipercalórico, receberam ração e água *ad libitum*.

Os grupos treinados normal e hipercalórico foram constituídos por oito animais do grupo normal e oito do grupo hipercalórico, sendo divididos em: grupo treinado normal 2x/semana (T2XN), grupo treinado hipercalórico 2x/semana (T2XH), grupo treinado normal 5x/semana (T5XN) e grupo treinado hipercalórico 5x/semana (T5XH).

Metade dos animais foi alimentada com a ração padrão *Purina*, contendo 3,78kcal/g. A outra metade recebeu dieta hipercalórica tendo a seguinte composição: 15g de ração padrão (3,78kcal/g), totalizando 56,70kcal; 10g de amendoim torrado (5,95kcal/g), tota-

lizando 59,50kcal; 10g de chocolate ao leite (6,11kcal/g), totalizando 61,10kcal e 0,5g de bolacha maisena (3,55kcal/g), totalizando 17,75kcal, sendo ofertados sob forma de *pellets*⁽¹²⁾.

Antes do treinamento, os animais foram submetidos a programa de adaptação durante cinco dias, iniciando com 15min e nível de água a 20cm, aumentando gradativamente para 30min e nível de água a 50cm.

Após essa etapa, os animais foram submetidos a treinamento com duração de 10 semanas, em tanques de vidro de 100 x 50 x 60cm, e temperatura da água a 30° ± 1°C. Cada subgrupo foi submetido a sessões de 60min. Os treinamentos 2x/semana e 5x/semana, em dias consecutivos, foram baseadas no protocolo de Duarte⁽¹²⁾.

Após 24h da última sessão de treinamento, os animais foram sacrificados mediante injeção intraperitoneal de tiopental (20mg/100g peso corporal). Após isso, os animais foram pesados (g), seguindo-se a retirada do músculo tibial anterior.

Fragmentos da porção mediana desse músculo foram imersos em n-hexana -70°C⁽⁹⁾, durante 2min. Cortes histológicos (8µm) foram submetidos aos métodos de hematoxilina e eosina (HE); nicotinamida adenina dinucleotídeo tetrazólio redutase (NADH-TR); ATPase miofibrilar (m-ATPase) em pH 9,4, após pré-incubação em meio ácido (pH4,4); *Sudan Black*⁽¹⁵⁾.

A partir das lâminas coradas pela HE foi avaliado o grau de hipertrofia das fibras musculares, através do método de mensuração do menor diâmetro⁽¹⁵⁾, tendo sido utilizado um sistema de análise de imagem computadorizada. Para cada animal, foram mensuradas (µm) 100 fibras. Além do uso de um microscópio óptico *Nikon Alphaphot – 2YS2*, as imagens foram captadas pela câmera *CV-730 PDC 12 VDC Fuse: 800mA*, e visualizadas pelo sistema de computador *Personal Computer 300 GL*, monitor de 14 polegadas *Philips* com o programa *ImageLab 2000*.

Em seguida, foram realizadas a análise e descrição morfológica das fibras e a análise histoquímica. A partir da reação NADH-TR, as fibras foram classificadas e nomeadas em SO (*slow oxidative*), FOG (*fast oxidative glycolytic*) e FG (*fast glycolytic*). A habilidade contrátil rápida e lenta foi obtida através da reação m-ATPase, após pré-incubação em meio ácido e o teor de lipídios foi avaliado através da reação *Sudan Black*. Também foi efetuada a análise da frequência de fibras em função dos seus diâmetros (intervalos de 20µm).

Os dados relativos ao peso corporal inicial e final dos animais estudados, bem como os dos diâmetros das fibras, foram submetidos ao teste estatístico ANOVA *one way*. O nível de significância foi de 5%.

RESULTADOS

Conforme revelado nas preparações coradas pela HE, no grupo sedentário alimentado com dieta normal e no grupo sedentário alimentado com dieta hipercalórica a morfologia do músculo tibial anterior revelou fibras com diferentes diâmetros, com formatos poligonais, sendo algumas hipertróficas (fig. 1A e fig. 2A). No grupo T2XN as fibras revelaram-se menores, com contornos mais arredondados e com maiores variações nos diâmetros (fig. 1C).

No grupo T2XH notaram-se algumas fibras angulosas e atróficas e outras hipertróficas, sendo algumas com aparência segmentada (*splitting*), fato também presenciado nos grupos T5XN e T5XH (fig. 1E, fig. 2C e 2E). No grupo T5XN, além do *splitting* com núcleos internos, ocorreu a presença de fibras atróficas (fig. 1E).

No grupo T5XH, além do *splitting* (cabeça de seta), notaram-se também áreas do citoplasma com hipercontração (seta) (fig. 2E).

Tanto nos grupos sedentários quanto nos grupos treinados, na reação NADH-TR notou-se a presença dos três tipos de fibras, caracterizando o padrão em mosaico (fig. 1B, fig. 2B). Nos grupos treinados as fibras SO e FOG mostraram padrão de reatividade mais intenso, com agregados amorfos de formazana na região subsarcolemal (fig. 1F).

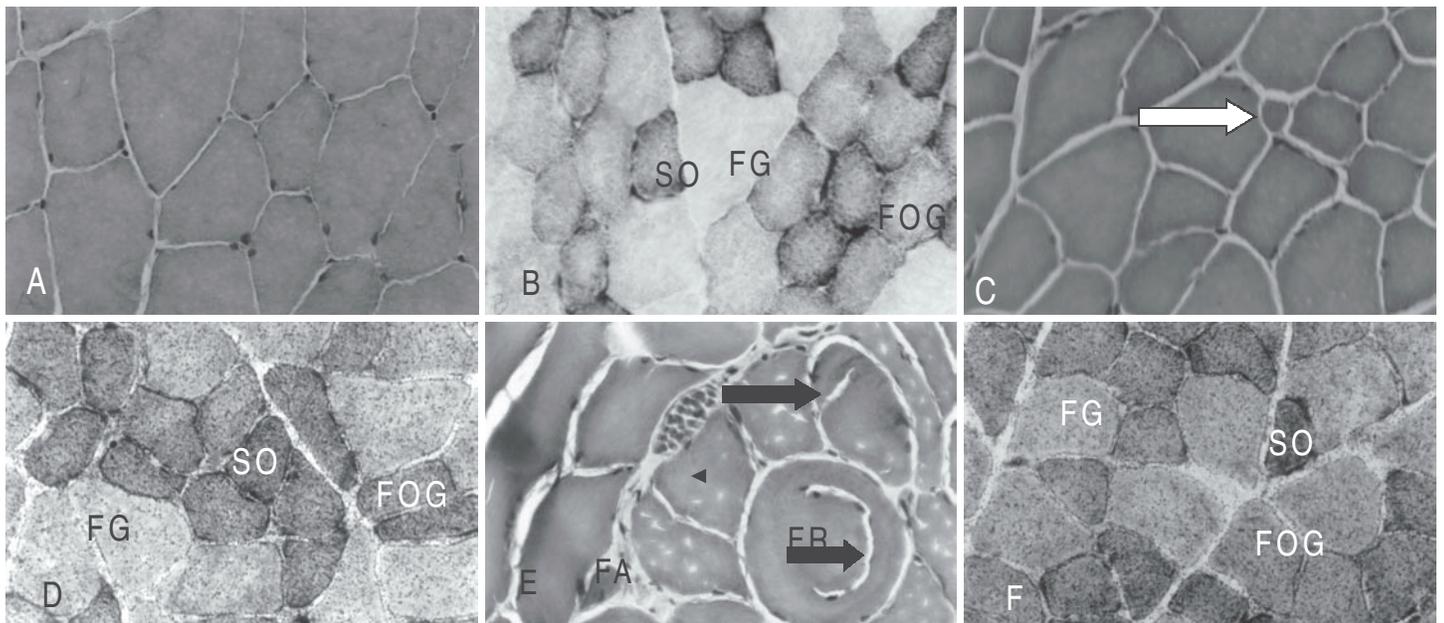


Fig. 1 – Cortes transversais do músculo tibial anterior. **A)** grupo sedentário normal (SN) HE. 128x; **B)** grupo sedentário normal (SN), tipos de fibras (SO, FOG, FG) NADH-TR. 128x; **C)** grupo treinado 2x/semana normal (T2XN) fibra pequena (seta) HE. 128x; **D)** grupo treinado 2x/semana normal (T2XN), tipos de fibras (SO, FOG, FG) Sudan Black, 128x; **E)** grupo treinado 5x/sem normal (T5XN), fibra redonda (FR), fibra atrófica (FA), splitting (setas), HE. 128x; **F)** grupo treinado 5x/sem normal (T5XN), Sudan Black, 128x.

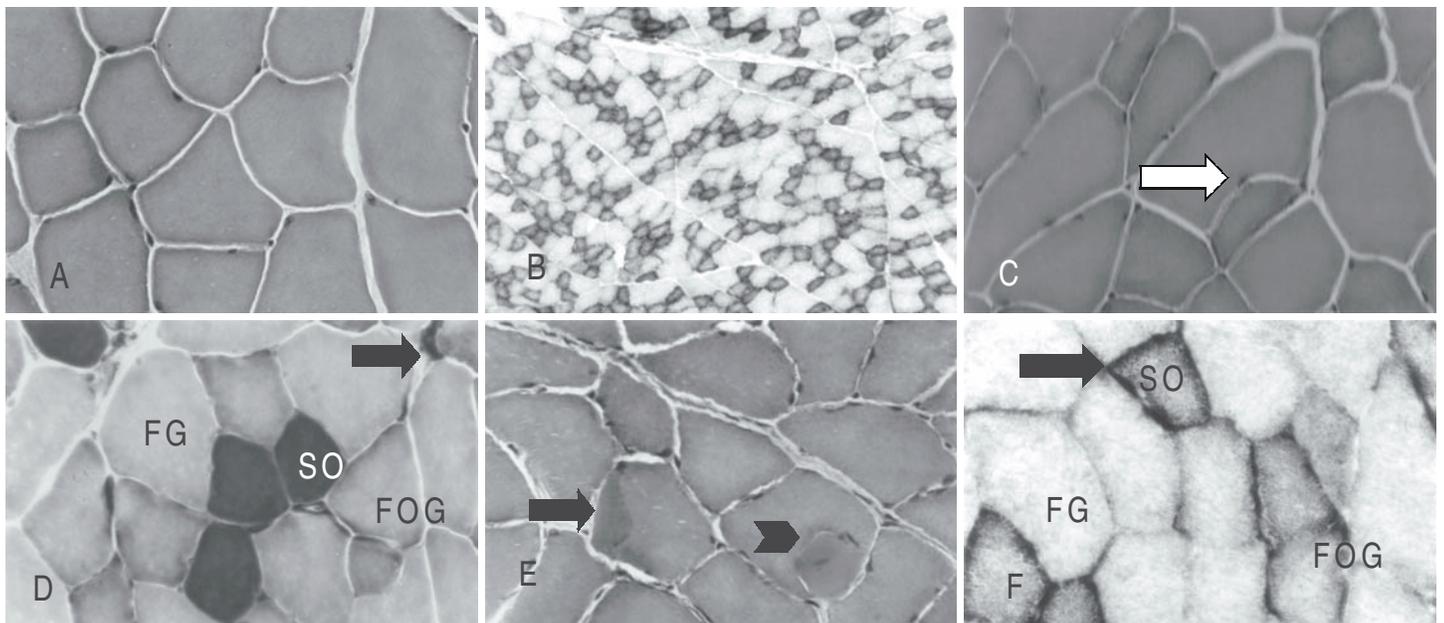


Fig. 2 – Cortes transversais do músculo tibial anterior. **A)** grupo sedentário hipercalórico (SH) HE, 128x; **B)** grupo sedentário hipercalórico (SH) NADH-TR. 34x; **C)** grupo treinado 2x/sem hipercalórico (T2XH), splitting (seta) HE. 128x; **D)** grupo treinado 2x/sem hipercalórico (T2XH), tipos de fibras (SO, FOG, FG) m-ATPase, pH4,4. 128x; **E)** grupo treinado 5x/sem hipercalórico (T5XH), splitting (cabeça de seta), área de hipercontração (seta). HE, 128x. **F)** grupo treinado 5x/sem hipercalórico agregado de formazana (seta), NADH-TR, 128x.

A reação ATPase miofibrilar mostrou-se intensa nas fibras SO, moderada nas FOG e fraca nas FG em todos os grupos. Nos grupos treinados as fibras FOG apresentaram diâmetros um pouco menores e mais arredondados, e as fibras FG, hipertróficas. No grupo T2XH algumas fibras SO apresentaram aparência atrófica (seta) e com acentuado polimorfismo (fig. 2D).

Nos grupos sedentários normal e hipercalórico, o método *Sudan Black* revelou elevada concentração de lipídios nas fibras SO, moderada nas FOG e muito fraca nas FG. Já nos grupos treinados, o teor de lipídios nas SO e FOG foi mais intenso. Nas FG a concen-

tração de lipídios mostrou-se maior nos grupos normais e levemente menor nos grupos hipercalóricos (figs. 1D, 1F e 2F).

O tratamento estatístico da variável do peso corporal inicial e final dos ratos estudados está na tabela 1.

O tratamento estatístico dos diâmetros médios das fibras musculares dos grupos SN, SH, T2XN, T2XH, T5XN, T5XH está na tabela 2.

O número e as freqüências (%) de fibras em função dos diâmetros em intervalos de 20µm de magnitude dos grupos dos ratos estudados estão na tabela 3.

TABELA 1
Comparação dos pesos inicial (PI) e peso corporal final (PF) dos grupos SN, SH, T2XN, T2XH, T5XN, T5XH.
A significância das diferenças é indicada pelo valor de P

Grupos	PI	PF	P
SN	437,5 ± 59,5	497,7 ± 56,2	0,19152
SH	437,5 ± 59,5	523,4 ± 60,5	0,0602
T2XN	431,2 ± 32,46	518,1 ± 14,8	0,00245
T2XH	443,7 ± 37,50	551 ± 50,7	0,0145
T5XN	368,7 ± 12,5	469,6 ± 14,1	0,000038
T5XH	418,7 ± 37,5	539,1 ± 40,2	0,00467

TABELA 2
Tratamento estatístico do diâmetro médio (µm) das fibras dos ratos dos grupos SN, SH, T2XN, T2XH, T5XN, T5XH

Grupos	SN	SH	T2XN	T2XH	T5XN
SH	0,48 _A				
T2XN	2 x 10 ⁻⁵ _B	5 x 10 ⁻⁴ _B			
T2XH	0,06 _A	0,2 _A	0,007 _B		
T5XN	0,03 _B	0,1 _A	0,02 _B	0,7 _A	
T5XH	7 x 10 ⁻⁹ _B	1 x 10 ⁻⁶ _B	0,32 _A	5 x 10 ⁻⁵ _B	4 x 10 ⁻⁴ _B

A: as médias na coluna com a letra A não são estatisticamente significativas.

B: as médias na coluna com a letra B são estatisticamente significativas.

(P < 0,05)

TABELA 3
Número e percentagem de fibras em função dos diâmetros do músculo tibial anterior (intervalos de 20µm) dos grupos de animais dos grupos SN, SH, TX2N, TX2H, T5XN, T5XH

Diâmetro/fibras Grupos/ratos	< 20	21-40	41-60	> 61	N
SN		174 (40,7%)	214 (50,1%)	39 (9,1%)	400
SH	3 (0,7%)	146 (35,7%)	204 (49,8%)	57 (13,9%)	400
T2XN		151 (37,5%)	150 (37,5%)	99 (24,7%)	400
T2XH	1 (0,2%)	139 (34,7%)	217 (54,2%)	43 (10,7%)	400
T5XN		118 (29,5%)	221 (55,2%)	60 (15%)	400
T5XH	1 (0,2%)	116 (29%)	189 (47,2%)	95 (23,7%)	400

DISCUSSÃO

Nos seis grupos aqui estudados, o músculo tibial anterior apresentou fibras com diferentes diâmetros, variando de 45,1µm no grupo SN a 53,3µm. Entre os grupos de animais SN e T2XN, SN e T5XN, SN e T5XH, SH e T2XN, SH e T5XH, T2XN e T2XH, T2XH e T5XN, T5XN e T5XH foi observada hipertrofia significativa das fibras.

O exíguo período de pré-treinamento parece ter contribuído, em parte, para a observada hipertrofia das fibras. Além disso, o treinamento propriamente dito parece ter sido intenso e a duração de 10 semanas, muito curta. Esses fatos podem ter contribuído para a hipertrofia de algumas fibras.

Outro aspecto a ser considerado, segundo Dall Pai *et al.*^(16,17), consiste no modo de crescimento pós-natal das fibras musculares de ratos, sendo linear dos 12 aos 45 dias. Nas idades subsequentes o crescimento é diferencial entre os tipos de fibras, sendo mais acentuado e contínuo nas fibras brancas.

Além da hipertrofia, os ratos treinados, principalmente dos grupos T2XH, T5XN e T5XH, apresentaram segmentação longitudinal do citoplasma (*splitting*), fibras hipertróficas arredondadas, fibras com diâmetros menores, com aspecto de desnervação e em processo de fagocitose. Essas alterações mostraram-se mais acentuadas nos grupos treinados 5x/sem. O processo de segmentação interna ou lateral das fibras constitui uma adaptação morfofisiológica, visando reduzir a distância entre o leito capilar e o centro do citoplasma, favorecendo assim as trocas metabólicas e a ocorrência de lesões.

Por outro lado, a presença de 0,2 a 0,7% de fibras com diâmetro inferior a 20µm nos grupos sedentários e treinados parece mostrar que o protocolo utilizado não exerceu efeito significativo sobre o número de fibras musculares, uma vez que a sua ocorrência pode ser resultante de processo atrófico e/ou formação de fibras novas.

A presença de diferentes graus de lesão nas fibras musculares também foi observada por Camargo *et al.*⁽¹⁸⁾, ao exercitar ratos durante 60 dias, em esteira, em sessões diárias de 60min, 5x/sem. Decorridos 30, 45 e 60 dias, todos os grupos ativos revelaram fibras atroficas e em processo de fagocitose, outras com aspecto arredondado e núcleos centralizados. As lesões mostraram-se mais graves nos animais pertencentes ao grupo ativo de 60 dias.

Em relação ao metabolismo oxidativo, os ratos exercitados desta pesquisa mostraram reatividade levemente aumentada nas fibras SO e FOG, principalmente nos grupos treinados 5x/sem, demonstrando aumento na sua capacidade oxidativa. Esta se apresentou sob a forma de agregados de formazana maiores em relação aos demais animais estudados.

Apesar de não ter sido quantificado, tal resultado coincide com estudos feitos por Fitts *et al.*⁽¹⁹⁾, ao submeter universitários a treinamento de natação durante 20 dias, sendo sessões diárias de 90min nos primeiros 10 dias e duas sessões diárias de 90min nos 10 últimos dias. Segundo os autores, a atividade oxidativa quase dobrou na primeira fase, não apresentando alterações significativas na segunda etapa.

Melichna *et al.*⁽⁹⁾ também observaram elevação da capacidade oxidativa das fibras dos músculos extensor longo dos dedos e sóleo em treinamento dinâmico (esteira), em ratos jovens, após quatro semanas, em sessões de 5x/sem, com duração de 20min a 2h por sessão. Resultados similares também foram observados por Misumi *et al.*⁽¹¹⁾ ao treinar cavalos em corrida e em natação. Os animais foram divididos em três grupos: corrida, natação mais corrida progressiva e corrida mais natação progressiva. Após cinco meses, os autores observaram aumento das fibras FOG e diminuição das FG nos grupos que associaram o treinamento de corrida com o de natação.

Um aumento significativo nas percentagens de fibras oxidativas e a diminuição das fibras glicolíticas também foi observado por Lopez-Rivero *et al.*⁽¹⁰⁾ em cavalos submetidos a treinamento de quatro semanas, com diferentes velocidades e variações do tempo de sessões.

Da mesma forma, Saad *et al.*⁽²⁰⁾ observaram nos músculos reto do abdome e intercostal paraesternal de ratos, em exercício de natação, aumento significativo na capacidade aeróbia, resultante do aumento nos percentuais de fibras SO e diminuição das FOG, em ratos que nadaram 60 dias, 5x/sem, em sessões de 60min. Já as fibras FG aumentaram nos ratos que nadaram 15 dias, 5x/sem, em sessões de 60min. No músculo intercostal paraesternal houve aumento significativo nas fibras SO nos ratos que nadaram 60 dias, aumento das FOG nos que nadaram 45 e 60 dias e diminuição das FG nos que nadaram durante 30, 45 e 60 dias.

Outrossim, os resultados da presente pesquisa revelaram no grupo SN intensa concentração de lipídios nas fibras SO, moderada nas FOG e fraca nas FG, sendo ligeiramente mais elevada nas SO e FG do grupo SH. Nos grupos treinados, no grupo T2XN a concentração de lipídios foi mais elevada nas fibras SO e FOG e mais fraca na FG, quando comparado com o grupo T2XH, em que a concentração de lipídios foi menor nas SO e FOG e maior nas FG. No grupo T5XN o teor de lipídio revelou-se muito intenso nas fibras SO e mais intenso nas demais fibras quando comparado com os grupos anteriores. No grupo T5XH houve maior acúmulo de lipídios nas SO e FOG e menor nas FG, comparado com o T5XN.

Conclui-se, assim, que as dietas tiveram efeito significativo sobre o peso corporal dos grupos treinados. Entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre as diferentes dietas (normal e hipercalórica). Além disso, a distribuição das fibras não apresentou alterações nos grupos sedentários e exercitados, man-

tendo o padrão em mosaico. O padrão de reatividade para contração lenta e rápida foi similar nos diferentes grupos de ratos estudados. O exercício de natação, conforme o protocolo aqui utilizado, promoveu segmentação longitudinal do citoplasma (*splitting*), e a formação de fibras desnervadas, de fibras redondas e hipertróficas, sendo essa hipertrofia estatisticamente significativa em alguns grupos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jair Rodrigues Garcia Júnior, pela ajuda na formatação deste artigo.

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

REFERÊNCIAS

1. Pescatello L, VanHeest JL. Physical activity mediates a healthier body weight in the presence of obesity. *Br J Sports Med* 2000;34:86-93.
2. Marx J. Obesity – What is to be done? *Science* 2003;299:845-9.
3. Guerra RLF, Cunha CT, Montes RS, Santos Júnior JA, Dias A, Dâmaso AR. Efeitos do exercício crônico com orientação nutricional sobre parâmetros lipídicos de mulheres obesas. *Rev Bras Fisiot* 2002;6:1-7.
4. Ross R, Dagnone D, Jones PJH, Smith H, Paddags A, Hudson R, et al. Reduction in obesity and related comorbid after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men American. *Ann Intern Med* 2000;133:92-103.
5. Stefanick ML. Exercise and weight control. In: Holloszy JO, editor. *Reviews of exercise & sport sciences*, 1993;21:363-96.
6. Anderson DA, Wadden TA. Tratando o paciente obeso: sugestões para a prática de atendimento primário. *JAMA* 2000;4:3172-87.
7. Dioguardi GS, Faludi AA, Bertolami MC. Lípidos nas atividades física e esportiva. In: Ghorayeb N, Barros TL, editores. *O exercício*. São Paulo: Atheneu, 1999.
8. Chen KT, Yang RS. Effects of exercise in lipid metabolism and musculoskeletal fitness in female athletes. *World J Gastroenterol* 2004;10:122-6.
9. Melichna J, Mackova EV, Semiginovsky B, Tolar M, Stichova J, Slavicek A, et al. Effect of exercise on muscle fiber composition and enzyme activities of skeletal muscles in young rats. *Physiol Bohemoslov* 1987;36:321-8.
10. Lopez-Rivero JL, Moralez-Lopez JL, Galisteo AM, Aguerra E. Muscle fiber type composition in untrained and endurance-trained Andalusian and Arab horses. *Equine Vet J* 1991;23:2191-3.
11. Misumi K, Sakamoto H, Shimizu R. Changes in skeletal muscle composition in response to swimming training for young horses. *J Vet Med Sci* 1995;57:959-61.
12. Duarte OF. Adaptações metabólicas a dois tipos de treinamento moderado de natação, contínuo e intermitente, em ratos machos adultos alimentados com dieta normocalórica e hipercalórica [Dissertação de Mestrado]. UFSCar. São Paulo, 2001.
13. Rothwell NJ, Sotck MJ. A role for insulin in the diet-induced thermogenesis of cafeteria-fed rats. *Metabolism* 1981;30:673-8.
14. Prats E, Monfar M, Castella J, Iglesias R, Alemany M. Energy intake of rats fed a cafeteria diet. *Physiol Behav* 1989;45:263-72.
15. Dubowitz V. *Muscle biopsy: modern approach*. 2ed. London: Bailliere Tindall, 1985.
16. Dall Pai V, Macha N, Curi PR. On the cross sectional area of skeletal muscle fibres of the rat. *Anat Anz* 1983;154:337-41.
17. Dall Pai V, Thomaz E, Curi PR. Postnatal growth of skeletal muscle fibers of the rat. *Gegenbaurs Morphol Jahrb* 1984;130:827-34.
18. Camargo RCT, Camargo Filho JCS, Vanderlei LCM, Oliveira Júnior AS, Oliveira DAR. Efeitos do treinamento físico através da esteira rolante sobre o músculo sóleo de rato. *Anais da XVIII Reunião Anual da FeSBE, Curitiba, 2003*.
19. Fitts RH, Costill DL, Gardetto PR. Effect of swim exercise training on human muscle fiber function. *J Appl Physiol* 1989;465-75.
20. Saad PCB, Guimarães A, Dal Pai V, Kroll LB. Análise histológica e histoquímica das fibras dos músculos reto do abdome e intercostal paraesternal de ratos submetidos ao exercício da natação. *RBME* 2002;8:1-7.