

EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO INTENSO SOBRE O METABOLISMO DE CARBOIDRATOS

Suporte Financeiro:

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP

Gustavo Puggina Rogatto
Eliete Luciano

Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - SP

resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do treinamento físico intenso sobre parâmetros relacionados ao metabolismo de carboidratos nas condições de repouso e pós-exercício em ratos. Para isso foram utilizados ratos machos jovens Wistar, distribuídos em 4 grupos: sedentário repouso (SR), treinado repouso (TR), sedentário agudo (SA), e treinado agudo (TA). Os animais dos grupos TR e TA foram submetidos à 6 semanas de treinamento que consistiu na realização de 4 séries de 10 saltos em piscina, suportando uma carga equivalente à 50% da massa corporal, 5 vezes/semana. Ao final das 6 semanas os animais foram sacrificados nas condições de repouso (SR e TR) e pós-exercício (SA e TA). Coletou-se sangue para a determinação da glicose, insulina e lactato, e tecidos muscular (porções branca e vermelha do gastrocnêmio), cardíaco e hepático para análise das concentrações de glicogênio. Após a realização aguda de esforço, ambas as porções musculares apresentaram maiores concentrações de glicogênio no grupo T. Ambos os grupos S e T, apresentaram um aumento da glicose sérica e do lactato sanguíneo pós-exercício. Os resultados apontam um favorecimento do perfil metabólico pela ação do treinamento, promovendo aumento das reservas glicídicas na porção muscular branca.

PALAVRAS-CHAVE: Treinamento físico intenso, Glicogênio, Metabolismo de carboidratos, Músculo esquelético.

abstract

EFFECTS OF HIGH INTENSITY TRAINING ON GLUCOSE METABOLISM

The aim of this study was to evaluate the effects of high intensity physical training on parameters related to glucose metabolism in both rest and post-exercise condition in rats. Male young Wistar rats were distributed in 4 groups: sedentary rest (SR), trained rest (TR), sedentary acute exercise (SA), and trained acute exercise (TA). During 6 weeks, the rats of TR and TA groups performed 4 sets of 10 jumps/day in a swimming pool, supporting a load of 50% of body weight, 5d/week. At the end of sixth week rats were sacrificed in rest condition (SR and TR groups) and after acute exercise (SA and TA). Blood samples were collected to determine glucose, insulin and lactate levels. Gastrocnemius muscle, heart and liver were excised to determine glycogen concentration. After acute effort, white and red gastrocnemius presented higher values for T group. Both S and T groups showed increase in serum glucose and blood lactate after acute exercise. The findings suggest improvements of metabolic profile by physical training, promoting increase in glycidic source of white gastrocnemius muscle.

KEY WORDS: High intensity training, Glycogen, Glucose metabolism, Skeletal muscle.

INTRODUÇÃO

O exercício físico é uma condição na qual ocorre uma rápida mobilização e redistribuição energética para a execução do trabalho muscular. A realização das funções orgânicas deve-se principalmente à energia química, derivada da metabolização dos nutrientes ingeridos na alimentação, para a geração de adenosina trifosfato (ATP), utilizado em todas as reações celulares. Contudo, este fornecimento imediato de energia pode ser obtido tanto na presença, quanto na ausência de oxigênio pela creatina fosfato (CP) e ácido láctico, a partir da glicólise anaeróbia (BILLETER & HOPPELER, 1992). Assim, o metabolismo de carboidratos tem marcante participação na realização do esforço físico, podendo favorecer a utilização do glicogênio muscular nos primeiros minutos de atividade. Além disso, contribuem para a manutenção da homeostase orgânica, a glicogenólise hepática e a gliconeogênese, a partir de piruvato, lactato, aminoácidos e gliceróis (PASCOE & GLADDEN, 1996; HARGRAVES, 1997).

A prática crônica de exercício físico induz diversas adaptações bioquímicas em diferentes níveis orgânicos, como nos tecidos muscular e hepático, facilitando a mobilização e oxidação dos triacilgliceróis e favorecendo a remoção de lactato produzido durante a realização do esforço físico (SAITOH et al., 1983; KUDELSKA et al., 1996; HICKNER et al., 1997; MURAKAMI et al., 1997). Além do favorecimento da aerobiose, aumentando o número e tamanho das mitocôndrias, o treinamento físico de longa duração e moderada intensidade promove, entre outras adaptações positivas, o aumento das reservas energéticas (DONOVAN & BROOKS, 1983; HENRIKSSON, 1992).

O incremento do conteúdo glicídico no músculo esquelético pode dever-se, entre outras coisas, a um aumento da síntese glicogênica pelo mecanismo de supercompensação, onde após a completa depleção desse substrato energético, ocorre uma intensa ativação da enzima glicogênio sintase (GS). Além disso, tem sido observado um aumento da sensibilidade periférica à insulina que pode persistir após a realização do esforço físico por um período de tempo prolongado (NAKATANI et al., 1997; CARTEE et al., 1989), e um aumento do número de transportadores de glicose "GLUT 4" no músculo (HOST et al., 1998ab).

A captação de glicose durante o exercício físico também pode ocorrer independentemente da ação da insulina, por estimulação mecânica decorrente do pro-

cesso de contração muscular (RODNICK et al., 1992; YOUNG & BALON, 1997).

Conquanto os efeitos do treinamento físico sobre parâmetros relacionados ao metabolismo de carboidratos venham sendo estudados, tanto em modelos com humanos, quanto com animais de laboratório, pouco tem-se pesquisado acerca dos efeitos de exercícios físicos mais intensos sobre esta via metabólica. Além disso, a observação de adaptações positivas a este tipo de atividade em animais, pode indicar novas possibilidades para um melhor entendimento sobre o organismo exercitado, facilitando assim a compreensão de possíveis adaptações metabólicas em seres humanos.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do exercício físico de alta intensidade sobre parâmetros relacionados ao metabolismo de carboidratos em ratos, nas condições de repouso e pós-exercício.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados ratos machos jovens (aproximadamente 60 dias) Wistar (*Rattus Norvegicus albinus*, Wistar). Os animais provenientes do Biotério Central da UNESP - Botucatu, foram mantidos no Biotério do Laboratório de Biodinâmica do Departamento de Educação Física do Instituto de Biociências - UNESP - Rio Claro. Os ratos foram alimentados com ração balanceada padrão (Purina) e água "ad libitum" e distribuídos em gaiolas coletivas (com 5 ratos por gaiola) à temperatura ambiente controlada de 25°C e fotoperíodo de 12h claro/12h escuro (7:00/19:00h).

Os animais foram distribuídos aleatoriamente nos seguintes grupos experimentais:

SEDENTÁRIO REPOUSO (SR):

Animais sedentários mantidos em repouso no dia do sacrifício.

SEDENTÁRIO AGUDO (AS):

Animais sedentários submetidos ao exercício agudo no dia do sacrifício.

TREINADO REPOUSO (TR):

Animais treinados mantidos em repouso no dia do sacrifício.

TREINADO AGUDO (TA):

Animais treinados submetidos ao exercício agudo no dia do sacrifício.

Treinamento Físico

Após um período de adaptação ao meio líquido (1 hora de natação por dia durante 2 dias sem utilização de carga), os animais dos grupos TR e TA realizaram um programa de atividade física que constituiu de saltos em tanque com água, com sobrecarga equivalente à 50% do peso corporal de cada animal, acoplado ao tórax. A sessão de treinamento consistiu na realização de 4 séries de 10 saltos com 1 minuto de intervalo entre as séries. Foram feitas 5 sessões semanais de treinamento durante 6 semanas.

A temperatura da água foi mantida entre 30°C e 32°C por ser considerada termicamente neutra em relação à temperatura corporal do rato (AZEVEDO, 1994).

Os saltos foram realizados em um tubo de PVC com 250mm de diâmetro (**Figura 1**), visando limitar a alternativa do animal em seguir para outra direção, favorecendo dessa forma o salto. O tubo com fundo vazado foi colocado em tanques de amianto com 100 cm de comprimento, 70 cm de largura, com água numa profundidade correspondente à 150% do comprimento corporal do rato.

Parâmetros avaliados durante o treinamento

Durante o período de treinamento foi feito o acompanhamento do peso corporal, comprimento corporal, ingestão alimentar e hídrica semanalmente.

Sacrifício dos animais e análises bioquímicas

Ao final do período experimental de 6 semanas os animais foram mantidos em repouso por 48 horas em relação à última sessão de exercício, sem jejum prévio. Os animais dos grupos SR e TR foram sacrificados nesta condição, e os dos grupos SA e TA foram submetidos à uma sessão de exercício (4 séries de 10 saltos, suportando sobrecarga equivalente à 50% da massa corporal) antes do sacrifício.

O sacrifício deu-se por decapitação em guilhotina para coleta de sangue em tubos de vidro sem anticoagulante, que após 10 minutos de centrifugação à 3000rpm foi utilizado para avaliação da glicose (método enzimático da glicose-oxidase) (HENRY et al., 1974) e insulina sérica (radioimunoensaio - Kit Coat-A-Count, USA). O lactato sanguíneo foi determinado a partir de amostra de sangue (25mL) diluída em NaF, e leitura em lactímetro (YSL 2300 STAT - Yellow Springs - USA).

Imediatamente após o sacrifício foi realizada uma laparotomia mediana para a retirada de amostras do

coração (200mg), fígado (500mg) e músculo gastrocnêmio (porções branca e vermelha) (200mg) para a análise do glicogênio de acordo com técnica proposta por SJÖRGREEN et al. (1938) e DUBOIS et al. (1956).

Análise estatística

Os resultados foram avaliados estatisticamente por Análise de Variância e teste post-hoc de Bonferroni ($p < 0,05$).

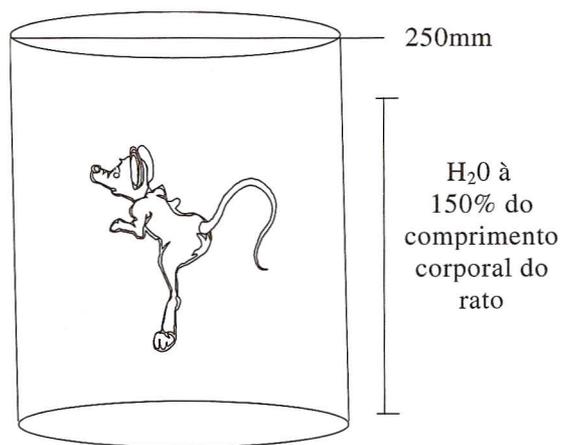


Figura 1

Instrumento para a realização de saltos em piscina.

RESULTADOS

Parâmetros avaliados durante o treinamento

No decorrer das 6 semanas de experimento os animais dos grupos sedentário (S) e treinado (T) apresentaram um aumento significativo do peso corporal (**Tabela 1**). Tal fato foi observado a partir da 2ª semana de estudo, apresentando a partir daí, incrementos semanais até a 6ª semana. Contudo, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o peso corporal dos grupos S e T. Os animais de ambos os grupos apresentaram um aumento do comprimento corporal na 1ª e 3ª semanas de estudo ($p < 0,05$). Entretanto, como observado em relação ao peso corporal, não foram encontradas diferenças pelo efeito do treinamento.

A **tabela 2** mostra que a partir da 2ª e 3ª semana, os animais dos grupos treinado e sedentário respectivamente, apresentaram um aumento do consumo alimentar em relação aos valores do início do estudo ($p < 0,05$). A partir da 2ª semana os animais do grupo T

apresentaram uma maior ingestão alimentar que S. A ingestão hídrica apresentou incrementos a partir da 4ª semana em ambos os grupos, sendo que o grupo sedentário manteve uma estabilização até o término do período experimental. Além disso, com exceção da 6ª semana, observou-se que o grupo sedentário ingeriu uma maior quantidade de água que o treinado.

Parâmetros avaliados após o sacrifício

Na **tabela 3** são apresentados os valores referentes à glicose e insulina séricas e lactato sanguíneo dos animais sedentários e treinados, em ambas as

condições de repouso e após exercício agudo. Tanto o grupo S quanto o grupo T apresentaram aumentos da glicemia após a realização do exercício agudo ($p < 0,05$). Contudo, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre SR e TR, e entre SA e TA. Somente o grupo sedentário apresentou uma redução da concentração sérica de insulina após a realização da sessão de esforço ($p < 0,05$). Ambos os grupos (treinado e sedentário) apresentaram uma elevação da lactacidemia pela realização da sessão única de esforço. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas pela ação do treinamento.

Tabela 1

Evolução do peso (gramas) e do comprimento corporal (cm) dos animais durante o período experimental. (M = média; DP = desvio padrão).

		SEMANAS						
		Início	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
Peso corporal (g)								
Sedentário	M	165,9	199,7	232,4	271,6	290,3	331,6	331,1
	DP	35,9	42,3	38,0 ^a	41,7 ^{a,b}	42,2 ^{a,b,c}	45,6 ^{a,b,c,d}	46,1 ^{a,b,c,d}
Treinado	M	162,6	192,1	213,3	255,6	272,5	310,3	313,0
	DP	24,1	30,0	34,2 ^a	34,9 ^{a,b}	38,4 ^{a,b,c}	42,7 ^{a,b,c,d}	41,6 ^{a,b,c,d}
Comprimento corporal (cm)								
Sedentário	M	18,4	20,5	21,6	22,3	21,8	22,0	22,1
	DP	1,0	1,1 ^a	0,8 ^a	0,9 ^{a,b}	1,1 ^{a,b}	1,2 ^{a,b}	1,2 ^{a,b}
Treinado	M	18,8	20,6	21,4	22,2	21,6	21,8	21,9
	DP	0,9	1,2 ^a	1,1 ^a	1,1 ^{a,b}	0,9 ^a	0,7 ^{a,b}	0,6 ^{a,b}

$p < 0,05$. a. \neq do início / b. \neq da 1ª semana / c. \neq da 2ª semana / d. \neq da 3ª semana.

Tabela 2

Evolução do consumo alimentar (g de ração/100g de peso corporal) e da ingestão hídrica (mL de água/100g de p.c.) dos animais durante o período experimental. (M = média; DP = desvio padrão).

		SEMANAS					
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
Consumo alimentar (g/100g)							
Sedentário	M	21,6	22,3	25,1	28,4	29,3	30,3
	DP	0,6	0,8	1,5 ^{a,b}	1,8 ^{a,b,c}	0,6 ^{a,b,c}	0,6 ^{a,b,c,d}
Treinado	M	22,5	24,8	27,2	29,1	30,4	31,4
	DP	1,5	1,1 ^{a,*}	0,7 ^{a,b,*}	0,8 ^{a,b,c}	0,6 ^{a,b,c,d,*}	0,5 ^{a,b,c,d,*}
Ingestão hídrica (mL/100g)							
Sedentário	M	36,9	38,1	39,6	41,0	42,1	42,2
	DP	4,3	3,2	3,5	4,4 ^{a,b}	3,7 ^{a,b}	3,7 ^{a,b}
Treinado	M	29,1	30,1	32,2	34,8	35,3	39,0
	DP	2,6 [*]	2,0 [*]	1,3 [*]	3,1 ^{a,*}	2,5 ^{a,b,*}	1,0 ^{a,b,c,d,e}

$p < 0,05$. a. \neq do início. / b. \neq da 1ª semana. / c. \neq da 2ª semana. / d. \neq da 3ª semana. / e. *. \neq da 4ª semana. / * \neq entre os grupos (sedentário x treinado).

Os animais do grupo treinado apresentaram maiores teores de glicogênio da porção branca do músculo gastrocnêmio na condição de repouso (**Tabela 4**). Após a realização do exercício agudo, apenas o grupo sedentário apresentou significativa mobilização das reservas glicídicas. Assim, como na condição de repouso, o grupo treinado mostrou maiores concentrações de glicogênio muscular que o grupo sedentário após a realização aguda do esforço ($p < 0,05$). Contrariamente à porção branca, as concentrações de glicogênio da porção vermelha do músculo

gastrocnêmio de ambos os grupos sedentário e treinado, não mostraram diferenças significativas na condição de repouso. Apenas o grupo sedentário apresentou mobilização deste substrato na condição pós-exercício ($p < 0,05$). Após a realização do exercício agudo foram observadas diferenças entre os grupos TA e SA.

As concentrações de glicogênio do tecido hepático e do músculo cardíaco, não mostraram diferenças significativas, seja pelo efeito do treinamento físico, seja pela ação do exercício agudo (**Tabela 5**).

Tabela 3

Glicose (mg/dL) e insulina sérica (mUI/mL), e lactato sangüíneo (mmol/L) dos animais sedentários e treinados nas condições de repouso e pós-exercício (SR. Sedentário Repouso; TR. Treinado Repouso; SA. Sedentário Agudo; TA. Treinado Agudo).

		SR	TR	SA	TA
Glicose	M	102,1	91,1	152,5	148,8
	DP	4,7	5,6	15,7 ^a	12,8 ^b
Insulina	M	61,8	48,1	27,9	34,3
	DP	19,5	15,6	19,7 ^a	26,3
Lactato	M	1,08	0,98	6,81	5,90
	DP	0,47	0,25	2,04 ^a	0,95 ^b

$p < 0,05$. a. SR \neq SA. / b. TR \neq TA.

Tabela 4

Concentrações de glicogênio (mg/%) das porções branca e vermelha do músculo gastrocnêmio dos animais sedentários e treinados nas condições de repouso e pós-exercício (SR. Sedentário Repouso; TR. Treinado Repouso; SA. Sedentário Agudo; TA. Treinado Agudo).

		SR	TR	SA	TA
Porção branca	M	0,43	0,60	0,31	0,56
	DP	0,07	0,08 ^c	0,07 ^a	0,02 ^d
Porção vermelha	M	0,39	0,46	0,30	0,44
	DP	0,03	0,11	0,06 ^a	0,04 ^d

$p < 0,05$. a. SR \neq SA. / c. SR \neq TR. / d. SA \neq TA.

Tabela 5

Concentrações hepática e cardíaca de glicogênio (mg/%) dos animais sedentários e treinados nas condições de repouso e pós-exercício (SR. Sedentário Repouso; TR. Treinado Repouso; SA. Sedentário Agudo; TA. Treinado Agudo).

		SR	TR	SA	TA
Hepático	M	6,1	7,6	5,6	6,8
	DP	1,5	1,2	1,2	2,2
Cardíaco	M	0,17	0,21	0,20	0,23
	DP	0,05	0,06	0,05	0,07

DISCUSSÃO

Os indicativos gerais como peso e comprimento corporal, e ingestão alimentar e hídrica, podem elucidar algumas explicações acerca do acompanhamento do período experimental, e eventuais complicações como por exemplo, infecções e doenças em geral, overtraining, entre outras. A inadequação da atividade física, seja pela intensidade, duração e/ou frequência, poderia resultar em comprometimentos em diversos níveis orgânicos, como por exemplo no crescimento corporal dos animais. Contudo, a semelhança dos valores de peso e comprimento corporal dos grupos sedentário e treinado, indicam que o treinamento físico não resulta em comprometimentos nas características relacionadas ao crescimento dos animais estudados. Tais informações estão de acordo com os achados de ROGATTO & LUCIANO (2000a). O treinamento físico também mostrou-se eficaz no sentido de favorecer um equilíbrio energético, já que mesmo com uma maior ingestão alimentar, o peso corporal dos animais do grupo T manteve-se igual ao de S. A maior ingestão hídrica observada no grupo T em alguns momentos do estudo, pode dever-se à ingestão involuntária de água pelos animais, durante a realização do exercício em piscina.

A possibilidade da avaliação invasiva por meio de estudos com animais de laboratório, permite o acompanhamento de adaptações em diferentes níveis de análise, como por exemplo quanto aos componentes metabólicos no músculo, fígado e coração. No presente estudo observamos que a prática crônica do exercício resistido, bem como a realização aguda deste tipo de atividade, pode resultar em alterações no perfil metabólico dos tecidos supra-citados.

O treinamento físico de alta intensidade utilizado, fez com que os animais do grupo T apresentassem um favorecimento metabólico, com elevação dos componentes glicídicos da porção branca do músculo gastrocnêmio. Este acúmulo de glicogênio muscular na condição de repouso observado somente nesta porção muscular, pode estar relacionado à especificidade deste grupamento muscular na realização de esforços intensos, com predominância de fibras glicolíticas.

O aumento das reservas de carboidratos musculares no grupo T, mesmo com concentrações séricas de glicose e insulina na condição de repouso semelhantes em ambos os grupos, pode dever-se a um aumento da captação de glicose e/ou favorecimento da sensibilidade periférica à insulina em relação à última sessão de treinamento. Esta adaptação observada prin-

cipalmente após a realização aguda da atividade física, pode favorecer a tolerância à glicose (NAGASAWA et al., 1990; SHERMAN et al., 1993; DELA et al., 1994). A redução da concentração sérica de insulina após a realização do exercício agudo, pode dever-se a um “mecanismo protetor” que visa a manutenção da homeostasia glicêmica, já que a captação de glicose pode apresentar-se aumentada após a realização do esforço imediato.

LUCIANO & ROSTOM DE MELLO (1998) estudando ratos diabéticos submetidos ao treinamento aeróbio de natação, observaram um favorecimento dos estoques deste substrato energético após 4 semanas de exercício. O mesmo vem sendo observado por estudos de ROGATTO & LUCIANO (2000b, 2000c, 2001) pela prática de treinamento físico com as mesmas características do presente estudo. A maior captação de glicose pelo mecanismo de contrações musculares repetidas, ou a redução do “turnover” de glicogênio no músculo durante o exercício, podem ser outras explicações para o acúmulo de glicogênio no músculo esquelético (RODNICK et al., 1992; AZEVEDO et al., 1998).

O mecanismo de supercompensação, observado após a depleção dos componentes glicídicos do músculo, também pode contribuir para o aumento nos níveis de transportadores de glicose “GLUT 4” e a atividade da glicogênio sintetase (GS), e assim favorecer a repleção de glicogênio muscular (KRISTIANSEN et al., 2000). Como no presente estudo, trabalhos recentes têm observado depleção das reservas de carboidratos no músculo esquelético após a realização do esforço físico intenso (ROGATTO & LUCIANO, 1999). Tal fato pode estar relacionado ao mecanismo de supercompensação. Além disso, a depleção de glicogênio muscular pelo exercício agudo pode dever-se à ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenais, e conseqüente secreção de hormônios glicocorticóides (ROGATTO & LUCIANO, 2000c), e pode ser acompanhada de aumentos nas concentrações de glicose e lactato sanguíneo, como observado no presente estudo. Contudo, mesmo após a realização do esforço, os animais do grupo T apresentaram maiores teores de glicogênio muscular em ambas as porções do músculo gastrocnêmio. Estes resultados podem dever-se às maiores concentrações deste substrato na condição de repouso.

Contrariamente ao estudo de ROGATTO & LUCIANO (2000b), o conteúdo glicídico do fígado não diferiu entre os grupos estudados, e possivelmente pode dever-se à uma manutenção do número e da atividade

dos transportadores de glicose "GLUT 2" e da ação da glicogênio sintetase (GS) no tecido hepático. Já as concentrações de glicogênio cardíaco podem não ter se alterado devido à inespecificidade deste tipo de atividade

sobre o ciclo de Randle, e a adição de ácidos graxos observada principalmente em atividades de longa duração e moderada intensidade, o que poderia inibir a oxidação de glicose no tecido cardíaco.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados pela realização do presente, mostram que o protocolo de treinamento físico proposto atua de maneira positiva sobre o organismo exercitado, promovendo entre outras adaptações benéficas, o aumento das reservas energéticas, princi-

palmente quanto ao metabolismo de carboidratos da porção branca do músculo gastrocnêmio, o que pode estar relacionado a uma maior captação de glicose e/ou um aumento da sensibilidade periférica à insulina, e representa um importante fator para a performance.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, J.R.M. **Determinação de parâmetros bioquímicos em ratos sedentários e treinados, durante e após exercício agudo de natação.** Tese de Doutorado, Campinas: Departamento de Fisiologia e Biofísica, Universidade Estadual de Campinas, 1994.
- AZEVEDO, J.L., LINDERMAN, J.K., LEHMAN, S.L., BROOKS, G.A. Training decreases muscle glycogen turnover during exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.78, p.479-486, 1998.
- BILLETER, R. & HOPPELER, H. Muscular basis of strength. In: KOMI, P. (Ed), **Strength and power in sport: the encyclopaedia of sports medicine.** Oxford: Blackwell. p.39-63, 1992.
- CARTEE, G.D., YOUNG, D.A., SLEEPER, M.D., ZIERATH, J., WALLBERG-HENRIKSSON, H. & HOLLOSZY, J.O. Prolonged increase in insulin-stimulated glucose transport in muscle after exercise. **American Journal of Physiology**, v.256, n.19, p.E494-E499, 1989.
- DELA, F., PLOUG, T., HANDBERG, A., PETERSEN, L.N., LARSEN, J.J., MIKINES, K.J. *et al.* Physical training increases muscle GLUT-4 protein and mRNA in patients with NIDDM. **Diabetes**, v.43, p.862-865, 1994.
- DONOVAN, C.M. & BROOKS, G. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. **American Journal of Physiology**, v.244, n.7, p.E83-E92, 1983.
- DUBOIS, B., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K. & REBERS, P.A. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.
- HARGREAVES, M. Interactions between muscle glycogen and blood glucose during exercise. **Exercise and Sport Science Reviews**, v.25, p.21-39, 1997.
- HENRIKSSON, J. Effects of physical training on the metabolism of skeletal muscle. **Diabetes Care**, v.15, p.1701-1711, 1992.
- HENRY, R.J., CANNON, D.C. & WILKEMAN, J. **Clinical chemistry, principles and techniques.** New York: Harper and Harper Row Publishes, 1974.
- HICKNER, R.C., FISHER, J.S., HANSEN, P.A., RACETTE, S.B., MIER, C.M., TURNER, M.J. & HOLLOSZY, J.O. Muscle glycogen accumulation after endurance exercise in trained and untrained individuals. **Journal of Applied Physiology**, v.83, n.3, p.897-903, 1997.
- HOST, H.H., HANSEN, P.A., NOLTE, L.A., CHEN, M.M. & HOLLOSZY, J.O. Rapid reversal of adaptive increases in muscle GLUT-4 and glucose transport capacity after training cessation. **Journal of Applied Physiology**, v.84, p.798-802, 1998a.
- HOST, H.H., HANSEN, P.A., NOLTE, L.A., CHEN, M.M. & HOLLOSZY, J.O. Glycogen supercompensation masks the effect of a training-induced increase in GLUT-4 on muscle glucose transport. **Journal of Applied Physiology**, v.84, p.133-138, 1998b.
- KRISTIANSEN, S., GADE, J., WOJTASZEWSKI, J.F., KIENS, B., RICHTER, E.A. Glucose uptake is increased in trained vs. untrained muscle during heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.89, n.3, p.1151-1158, 2000.

- KUDELSKA, G., GÓRSKI, J., SWIATECKA, J. & GÓRSKA, M. Effect of exercise on glycogen metabolism in muscle of triiodothyronine-treated rats. **European Journal of Applied Physiology**, v.72, n.5-6, 1996.
- LUCIANO, E., ROSTOM DE MELLO, M.A. Atividade física e metabolismo de proteínas em músculos de ratos diabéticos experimentais. **Revista Paulista de Educação Física**, v.12, n.2, p.202-209, 1998.
- MURAKAMI, T., SHIMOMURA, Y., FUJITSUKA, N., SOKABE, M., OKAMURA, K. & SAKAMOTO, S. Enlargement of glycogen store in rat liver and muscle by fructose-diet intake and exercise training. **Journal of Applied Physiology**, v.82, n.3, p.772-775, 1997.
- NAGASAWA, J., SATO, Y., ISHIKO, T. Effect of training and detraining on in vivo insulin sensitivity. **International Journal of Sports Medicine**, v.11, n.2, p.107-110, 1990.
- NAKATANI, A., HAN, D., HANSEN, P.A., NOLTE, L.A., HOST, H.H., HICKNER, R.C. & HOLLOSZY, J.O. Effect of endurance exercise training on muscle glycogen supercompensation in rats. **Journal of Applied Physiology**, v.82, n.2, p.711-715, 1997.
- PASCOE, D.D. & GLADDEN, L.B. Muscle glycogen resynthesis after short term, high intensity exercise and resistance exercise. **Sports Medicine**, v.21, n.2, p.98-118, 1996.
- RODNICK, K.J., HENRIKSEN, E.J., JAMES, D.E. & HOLLOSZY, J.O. Exercise training, glucose transporters, and glucose transport in rat skeletal muscles. **American Journal of Physiology**, v.262, p.C9-C14, 1992.
- ROGATTO, G.P. & LUCIANO, E. Efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre o metabolismo de carboidratos em ratos. In: **Anais XXII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, p.100, 1999.
- ROGATTO, G.P. & LUCIANO, E. Respostas metabólicas gerais ao treinamento físico intenso. In: **53ª Reunião Anual da SBPC**, (3219-A20), 2000a.
- ROGATTO, G.P. & LUCIANO, E. Respostas metabólicas de ratos Wistar ao treinamento físico intenso. In: **Anais XXIII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, p.117, 2000b.
- ROGATTO, G.P. & LUCIANO, E. Hormonal and metabolic response to acute exercise: effects of high intensity training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.32, n.5, p.S227, 2000c.
- ROGATTO, G.P. & LUCIANO, E. Improvements of glucose and protein metabolism: effects of high intensity physical training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.33, n.5, 2001 (in press).
- SAITOH, S., YOSHITAKE, Y. & SUZUKI, M. Enhanced glycogen repletion in liver and skeletal muscle with citrate orally fed after exhaustive treadmill running and swimming. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v.29, p.45-52, 1983.
- SHERMAN, W.M., FRIEDMAN, J.E., GAO, J.P., REED, M.J., ELTON, C.W., DOHM, E.L. Glycemia and exercise training alter glucose transport and GLUT-4 in Zucker rat. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.25, p.341-348, 1993.
- SJÖRGREEN, B., NORDENKJOLD, T., HOLMGREN, H. & WOLLERSTROM, J. Bertrag zur kuntnis des leberhythmik. **Pflügers Arch. Gesamte Physiol. Menschen Tiere**, v.240, p.247, 1938.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Gustavo Puggina Rogatto

Rua Padre Ferraz, 155 - Bairro Santa Cruz

CEP: 13.970-000 - Itapira - SP - Brasil

Fax: (19) 534-0009 - Tel: (19) 9702-9639

e-mail: gustavo.rogatto@rotaract.org