



Revista Brasileira de CIÊNCIAS DO ESPORTE

www.rbceonline.org.br



ARTIGO ORIGINAL

Relações metabólicas em ratos sob o treinamento anaeróbio em escada



Marcella Damas Rodrigues^{a,b,*}, Sergio Henrique Borin^c e Carlos Alberto da Silva^b

^a EC XV de Novembro, Piracicaba, SP, Brasil

^b Universidade Metodista de Piracicaba (Unimep), Faculdade de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Piracicaba, SP, Brasil

^c Universidade Metodista de Piracicaba (Unimep), Faculdade de Ciências da Saúde, Curso de Fisioterapia, Piracicaba, SP, Brasil

Recebido em 24 de maio de 2013; aceito em 13 de abril de 2015

Disponível na Internet em 4 de fevereiro de 2016

PALAVRAS-CHAVE

Treinamento
anaeróbio;
Ratos idosos;
Metabolismo;
Glicogênio

KEYWORDS

Anaerobic training;
Aged rats;
Metabolism;
Glycogen

Resumo A proposta deste estudo foi avaliar o comportamento das reservas glicogênicas de músculos do membro anterior e posterior, além de ajustes metabólicos em ratos envelhecidos submetidos a treinamento anaeróbio. Foram usados ratos Wistar com 18 meses divididos em dois grupos experimentais ($n=10$), controle (C) e treinamento anaeróbio (Tana). Após o treinamento, os ratos foram anestesiados e amostras de sangue e músculos coletadas e enviadas para avaliação bioquímica. Os dados mostram maiores reservas glicogênicas no grupo Tana e indicam supercompensação com efeito predominante na musculatura dos membros posteriores; foram observados menor peso corporal e maior peso das adrenais acompanhado de maiores concentrações plasmáticas de proteínas totais. O conjunto de dados indicam que Tana propicia melhoria na homeostasia metabólica e na qualidade de vida.

© 2016 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Metabolic relations in rats under the ladder in anaerobic

Abstract The purpose of this study was to evaluate the behavior of glycogen reserves of limb muscles anterior and posterior, and metabolic adjustments in aged rats subjected to anaerobic training. Wistar rats with 18 months divided into two experimental groups ($n=10$), control (C) and Anaerobic training (Tana). After training, the rats were anesthetized and blood samples and muscle collected and sent for biochemical evaluation. The data show higher glycogen reserves in the Tana group indicating overcompensation with predominant effect on the muscles of the

* Autor para correspondência.

E-mail: ft.marcelladamas@gmail.com (M.D. Rodrigues).

PALABRAS CLAVE

Entrenamiento anaeróbico;
Ratas mayores;
Metabolismo;
Glucógeno

hindquarters; observed lower body weight and increased adrenal weight accompanied by higher plasma concentrations of total protein. The data set Tana indicate that provides improved metabolic homeostasis and quality of life.

© 2016 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Relaciones metabólicas en ratas con entrenamiento anaeróbico en escalera

Resumen El propósito de este estudio fue evaluar el comportamiento de las reservas de glucógeno de los músculos de las extremidades anteriores y posteriores, y los ajustes metabólicos en ratas mayores sometidas a entrenamiento anaeróbico. Se utilizaron ratas Wistar de 18 meses, que se dividieron en dos grupos experimentales ($n = 10$), control (C) y entrenamiento anaeróbico (Tana). Después del entrenamiento, se anestesió a las ratas y se les tomaron muestras de sangre y músculo, y se las envió para evaluación bioquímica. Los datos muestran mayores reservas de glucógeno en el grupo Tana e indican un exceso de compensación con efecto predominante en los músculos de los miembros traseros; se observó menor peso corporal y aumento de peso suprarrenal, acompañado de mayores concentraciones plasmáticas de proteína total. El conjunto de datos indica que Tana proporciona mejor homeostasis metabólica y calidad de vida.

© 2016 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

Há tempo tem sido sugerido que nos músculos de idosos a eficiência da capacidade regenerativa das células satélites é menor se comparada com a dos jovens. Acrescenta-se o fato de que concomitante ao aumento na idade ocorre menor eficiência das unidades motoras, que gera fraqueza (Sverzut, 2003).

O treinamento com exercícios resistidos é definido como uma atividade que desenvolve e mantém a força, a resistência e a massa muscular, traz mudanças favoráveis para o organismo, em especial em aspectos relacionados com regulação metabólica, hipertrofia e coordenação motora, e melhora aspectos funcionais das atividades de vida diária (Nobrega, 1999).

A notação, programa de treinamento resistido, necessita ter dinâmica progressiva para alcançar expressivos resultados quanto ao ganho de força e hipertrofia muscular. Esse treinamento resistido progressivo se faz pelo aumento gradual de carga durante o período de treinamento (Latham et al., 2003).

Modelos experimentais de exercícios de força são adaptações de programas de exercícios aplicados no treinamento de humanos e efetivos na aplicação de estudos ligados à performance (Hongkui, 2000). Dentre os inúmeros benefícios do treinamento resistido destacam-se os efeitos positivos sobre as dinâmicas que controlam a homeostasia da musculatura esquelética, melhoria na síntese proteica e promoção de hipertrofia das fibras e do aumento na força muscular (Jozsi et al., 1999).

Para suprir a demanda metabólica promovida pela atividade física constante, são necessárias adaptações

fisiológicas de todos os sistemas, com especial referência ao sistema neuromuscular que promove ganho de força e hipertrofia muscular (Zanchi et al., 2010).

No intuito de desenvolver um modelo animal com similaridades ao treinamento de força progressiva em humanos, desenvolveu-se um modelo experimental aplicado para ratos (Hornerberg e Farrar, 2004). O modelo se fundamenta no princípio da sobrecarga e se sustenta na base da maioria dos programas de treinamento de força desenvolvidos para humanos. No que tange ao envelhecimento, o treinamento de força tem sido descrito como uma das dinâmicas extremamente viáveis no intuito de minimizar os eventos inerentes ao envelhecimento, uma vez que as adaptações fisiológicas descritas nos idosos não diferem das dos jovens (Civinski et al., 2011; Sallis, 2000).

Frente à metodologia proposta para treinamento resistido com cargas em ratos, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das reservas glicogênicas de músculos do membro anterior e posterior, além de parâmetros indicadores dos ajustes metabólicos.

Material e métodos

Foram usados 20 ratos Wistar com 18 meses, provenientes do Biotério da Unimep. Os animais foram alojados em gaiolas coletivas com quatro animais e mantidos em sala climatizada ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) com ciclo claro/escuro de 12/12 h e receberam água e ração à vontade. Todos os procedimentos seguiram as normas do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (Cobea) e do Guidelines of the Department Comparative Medicine at the University of Toronto e foram autorizados

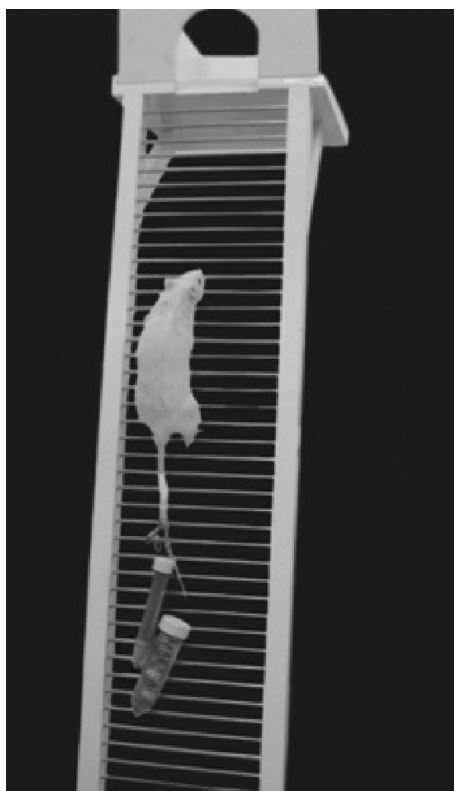


Figura 1 Escada usada no treinamento de força (1,1 × 0,18 m, 2 cm de espaçamento entre os degraus da grade, 80° de inclinação).

pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFScar. Os animais foram divididos em dois grupos experimentais com $n = 10$ e denominados controle e treinamento anaeróbio. O treinamento anaeróbio (força) seguiu o protocolo que consistia em subida de escada (1,1 × 0,18 m, 2 cm de espaçamento entre os degraus da grade, 80° de inclinação (Hornerberg e Farrar, 2004). Os animais faziam de oito a 10 movimentos de escalada e com um aparato fixado em suas caudas com frascos cônicos com pesos presos a uma fita adesiva (fig. 1).

O protocolo proposto iniciou-se com a determinação da carga máxima do animal, a partir de 75% do peso corpóreo, foram acrescidos 30 g até a exaustão voluntária na escalada em escada. Determinada a carga máxima, o protocolo de treinamento sugeriu a partir de 50, 75, 90 e 100% da carga máxima em cada uma das quatro sessões de treinamento. O número de séries, o período de descanso e a frequência do treinamento assemelham-se a um programa típico de treinamento de força em humano e estão de acordo com a posição de ACSM (2002) em modelos da progressão do exercício da resistência em adultos saudáveis (Kraemer et al., 2002).

Os ratos foram anestesiados com pentobarbital sódico (40 mg/Kg, ip) e amostras de sangue foram coletadas e enviadas para avaliação da glicemia, concentração plasmática de proteínas totais através de kit de uso laboratorial. A seguir foram coletadas amostras dos músculos bíceps, tríceps, tibial anterior, gastrocnêmio porção branca e sóleo e enviadas para avaliação do conteúdo de glicogênio através

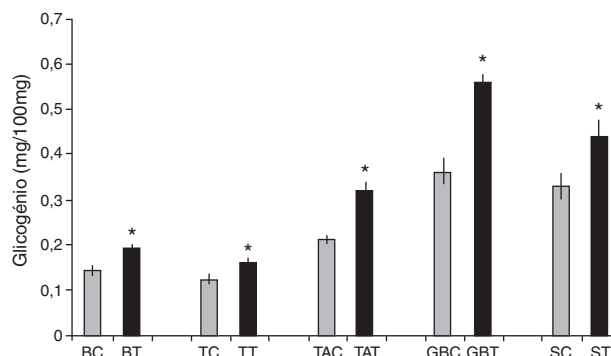


Figura 2 Concentração de glicogênio (mg/100 mg) dos músculos bíceps (B), tríceps (T), tibial anterior (TA), gastrocnêmio porção branca (GB) e sóleo (S) dos grupos controle (C) e submetido a treinamento anaeróbio (T). Os valores correspondem à média ± epm, $n = 10$

* $p < 0,05$ comparado com o controle.

do método do fenol sulfúrico (Lo et al., 1970) e as adrenais coletadas e pesadas em balança analítica. Na avaliação estatística foi usado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido do teste de Tukey, $p < 0,05$

Resultados

Baseado na dinâmica do movimento que o animal faz ao subir a escada, iniciou-se com a avaliação das reservas glicogênicas dos músculos dos membros anteriores e foi verificado que o grupo treinado apresentou maiores reservas e atingiu valores 36% maiores no bíceps e 33% no tríceps. Dentro da mesma análise, foram avaliadas as reservas dos músculos do membro posterior e foram observadas reservas 52% maiores no tibial anterior, 55% no gastrocnêmio e na porção branca e 33% no sóleo, como mostra a figura 2.

A seguir foi analisado o peso dos animais e foi verificado que o grupo treinado apresentou peso 22% menor se comparado com o controle, representado por 343 ± 14 g no controle e 268 ± 11 g no grupo submetido ao treinamento. Dentro de um aspecto mais amplo da avaliação, uma atenção especial foi dada aos parâmetros plasmáticos, iniciou-se pelo comportamento glicêmico, foi verificada a manutenção de índices normoglicêmicos, com especial atenção para o fato de os valores ficarem próximo do limite inferior de normalidade para a espécie. Foi verificada também elevação no conteúdo de proteínas totais plasmáticas, chegou-se a valores 118% maiores no grupo submetido ao treinamento anaeróbio, além de aumento de 50% no peso da adrenal (tabela 1).

Tabela 1 Parâmetros fisiológicos dos grupos controle (C) e treinamento anaeróbio (TA). Os valores correspondem à média ± epm, $n = 8$

	Glicemia (mg/dL)	Proteínas totais (mg/dL)	Peso adrenal (mg)
C	87 ± 2,6	7,04 ± 0,1	40 ± 5
TA	96,88 ± 5,6	15,35 ± 2,2	60 ± 3 ^a

^a $p < 0,05$ comparado com o controle.

Discussão

A ciência busca constantemente aprimorar o conhecimento dos eventos ligados à prática constante de atividade física, com especial atenção à fase de envelhecimento (Matsudo, 2009). Dentro das novas abordagens no âmbito fisiológico, o envelhecimento é um processo que, acompanhado por modificações nos diferentes sistemas do organismo, culmina com declínio das capacidades funcionais (Ingram, 2000; Barnes, 2007). Dentre os inúmeros comprometimentos tem sido destacada redução na capacidade motora, força e flexibilidade, redução na eficiência do sistema cardiovascular e respiratório, com a diminuição da capacidade vital e da taxa metabólica basal, com especial consideração ao sistema musculoesquelético, representado pelo declínio da potência muscular (Poehlman, 1989; Chodzko-Zajko, 2009).

Diversos cientistas têm dedicado esforços no sentido de aprimorar sistemas de avaliação que indiquem o declínio funcional decorrente do processo de envelhecimento. Dentre os diferentes parâmetros destacam-se as reservas glicogênicas, por determinar o status de resistência do organismo, de forma que o aumento no conteúdo está relacionado com a melhoria na resistência, enquanto a redução expressiva indica exaustão (Jensen, 2011).

Os dados demonstram elevação no conteúdo muscular de glicogênio em decorrência do treinamento e possivelmente tem relação com ajustes nas condições metabólicas teciduais representadas pela ação integrada de fenômenos bioquímicos e/ou neuroendócrinos, ressalta que a eficiência desses sistemas torna-se reduzida com o envelhecimento (Iaia, 2010; Hawley e Lessard, 2008). Há de se considerar que as maiores reservas glicogênicas tem relação direta com a capacidade do exercício físico de manter a funcionalidade da via insulínica, mais especificamente ativam as dinâmicas que convergem para a glicogênese (Tarnopolsky, 2008).

Baseado na definição de que o treinamento de força é um exercício físico que implica a ação muscular contra uma força de oposição, o modelo de treinamento em escada, indicado para avaliação experimental em ratos, promoveu melhores respostas na avaliação das reservas dos músculos dos membros posteriores e, em especial, nos músculos com predomínio de tipagem de fibra tipo II, como preconizado na literatura, que retrata que o treinamento de força provoca um aumento na massa muscular, devido a um aumento no tamanho das fibras musculares, principalmente as do tipo IIA, e provoca assim um aumento na força muscular (Bucci, 2005).

Um ponto que merece atenção se refere à biodinâmica do exercício com carga em escada. Assim, considerando-se que os músculos que compõem os membros anteriores apresentam domínio de fibras tipo II, a ação aqui descrita sugere que o movimento feito no treinamento apresenta sua maior intensidade aplicada aos membros posteriores. Percebe-se que a carga fica atada a cauda do rato, proporciona uma sobrecarga maior nos membros posteriores, dá maior resistência ao elevar o corpo ao subir a escada do que ao puxar o corpo frente à carga imposta.

A literatura apresenta clássicas descrições que indicam que o treinamento físico eleva as reservas glicogênicas musculares por promover adaptações nos sistemas sinalizadores com ação facilitadora do processo que modula as taxas de ressíntese dessa reserva de substrato metabólico

(Figueira, 2007). Nesse sentido, pode-se sugerir que as maiores reservas aqui descritas representam o sistema de supercompensação que ocorre na fase de recuperação pós-exercícios, fenômeno que envolve aumento da sensibilidade das vias insulínicas e no conteúdo da proteína transportadora de glicose GLUT-4 e facilita a formação das reservas (Greife, 1999).

Trabalhos feitos com animais de experimentação submetidos a diferentes protocolos de exercício físico têm contribuído para o entendimento da relação entre treinamento físico e modificação da massa corporal (Freiberger et al., 2011). Ao analisar o peso dos animais foi verificado que o grupo treinado apresentou-se menor e reflete os ajustes metabólicos decorrentes da ação neuroendócrina e concomitantemente a elevação na secreção dos hormônios contrarreguladores promove elevação na mobilização das reservas energéticas, elevação no gasto metabólico e consequente menor peso corporal (Davis, 2000; Coker e Kjaer, 2005; Gortari e Joseph-Bravo, 2006).

Outro fator ligado ao treinamento se refere ao maior peso das adrenais que indica aumento na atividade da glândula e certamente reflete hipertrofia devido ao aumento nas respostas do eixo simpato-adrenal ativadas pelo treinamento (Bartalucci, 2012; Gavrilovic et al., 2012). Observa-se ainda elevação na concentração plasmática de proteínas totais, fato compatível com o aumento nas concentrações hormonais circulantes (Scoppetta, 2012; Pintér, 2011).

Desde a década de 1990 foi descrito que o treinamento anaeróbio é um método que imprime o maior gasto energético tanto durante a fase ativa quanto na fase pós-exercício, uma vez que propicia a manutenção da taxa metabólica de repouso em padrões elevados por um longo tempo (Sjodin, 1996; Forbes, 1992). Essa ação induz aumento do consumo de oxigênio e elevação da lipólise e favorece o consumo de ácidos graxos livres como fonte de energia muscular durante a atividade física e contribui para a manutenção de menor peso corporal (Coogan, 2000; Conley, 2000).

Conclusão

O treinamento resistido em escada demonstrou ser uma prática que promove uma efetiva elevação nas reservas glicogênicas com predomínio nos membros posteriores e pode ser uma ferramenta eficiente para estudo da ação de suplementos em treinamento anaeróbio.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Barnes DE. Women who maintain optimal cognitive function into old age. *J Am Geriatr Soc* 2007;55(2):259–64.
- Bartalucci A. High-intensity exercise training produces morphological and biochemical changes in adrenal gland of mice. *Histol Histopathol* 2012;27(1):753–69.
- Bucci M. Efeitos do treinamento concomitante hipertrofia e endurance no músculo esquelético. *Rev Bras Cie Mov* 2005;13(1):17–28.

- Chodzko-Zajko WJ. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2009;41(7):1510–30.
- Civinski C, Montibeller A, Braz Alo. A importância do exercício físico no envelhecimento. *Revista da Unifebe* 2011;9(1):163–75.
- Coker RH, Kjaer M. Glucoregulation during exercise: the role of the neuroendocrine system. *Sports Medicine* 2005;35(7):575–83.
- Conley KE. Ageing, muscle properties, and maximal O uptake rate in humans. *Journal of Physiology* 2000;526(1):211–7.
- Coogan AR. Fat metabolism during high-intensity exercise in endurance - trained and untrained men. *Metabolism* 2000;49(1):122–8.
- Davis SN. Effects of gender on neuroendocrine and metabolic counterregulatory responses to exercise in normal man. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2000;85(1):224–30.
- Figueira TR. Efeito do treinamento aeróbio sobre o conteúdo muscular de triglicérides e glicogênio em ratos. *Rev Bras Cien Mov* 2007;15(2):55–61.
- Forbes GB. Exercise and lean weight: the influence of body weight. *Nutr Rev* 1992;50(6):157–261.
- Freiberger E, Sieber C, Pfeifer K. Physical activity, exercise, and sarcopenia – future challenges. *Wien Med Wochenschr* 2011;161(17-18):416–25.
- Gavrilovic L, Spasojevic N, Dronjak S. Modulation of catecholamine-synthesizing enzymes in adrenal medulla and stellate ganglia by treadmill exercise of stressed rats. *Eur J Appl Physiol* 2012;112(3):1177–82.
- Gortari A, Joseph-Bravo P. Neuroendocrine regulation of energy homeostasis. *Molecular Endocrinology* 2006;2(2):65–85.
- Greiwe JS. Effects of endurance exercise training on muscle glycogen accumulation in humans. *Journal of Applied Physiology* 1999;87(1):222–6.
- Hawley JA, Lessard SJ. Exercise training-induced improvements in insulin action. *Acta Physiol* 2008;192(1):127–35.
- Hongkui J. Effects of exercise training on cardiac function, gene expression, and apoptosis in rats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000;279(5):H2994–3002.
- Hornerberg TA, Farrar RP. Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. *Can Journal Appl Physiol* 2004;29(1):16–31.
- Iaia FM. Effect of previous exhaustive exercise on metabolism and fatigue development during intense exercise in humans. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(2):619–29.
- Ingram DK. Age-related decline in physical activity: generalization to nonhumans. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9):1623–9.
- Jensen J. The role of skeletal muscle glycogen breakdown for regulation of insulin sensitivity by exercise. *Front Physiol* 2011;2(1):112–5.
- Jozsi AC, Campbell WW, Joseph L, Davey SL, Evans WJ. Changes in power with resistance training in older and younger men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999;54(11):591–6.
- Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E. American College of Sports Medicine Position Stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Med Science Sports Exerc* 2002;34(3):364–80.
- Latham N, Anderson C, Bennett D, Stretton C. Progressive resistance strength training for physical disability in older people. *Cochrane Database Syst Rev* 2003(2):CD002759.
- Lo S, Russell JC, Taylor AW. Determination of glycogen in small tissue samples. *J Appl Physiol* 1970;8(2):234–6.
- Matsudo SMM. Envelhecimento, atividade física e saúde. *Bol Inst Saúde* 2009;47(1):76–9.
- Nobrega ACL. Atividade física e idoso. *Rev Bras Med Sport* 1999;5(2):207–11.
- Pintér O. Do stress hormones connect environmental effects with behavior in the forced swim test? *Endocr J* 2011;58(5):395–407.
- Poehlman ETA. review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1989;21(5):515–25.
- Sallis JF. Age-related decline in physical activity: a synthesis of human and animal studies. *Med. Sci. Sports Exerc* 2000;32(9):1598–600.
- Scoppetta F. Plasma protein changes in horse after prolonged physical exercise: A proteomic study. *J Proteomics* 2012;75(2):4494–504.
- Sjodin AM. The influence of physical activity on BMR. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(1):85–91.
- Sverzut ACM. Histopatologia do músculo esquelético no processo de envelhecimento e fundamentação para a prática terapêutica de exercícios físicos e prevenção da sarcopenia. *Rev Fisioter Univ São Paulo* 2003;10(1):23–4.
- Tarnopolsky MA. Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(4):648–54.
- Zanchi NE, et al. Experimental chronic low frequency resistance training produces skeletal muscle hypertrophy in the absence of muscle damage and metabolic stress markers. *Cell Biochem Funct* 2010;28(3):232–8.