



ARTIGO ORIGINAL

Resposta renal à maltodextrina e ao treinamento em diferentes intensidades



Cátia Fernandes Leite^a e Airton José Rombaldi^{a,b,*}

^a Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

^b Laboratório de Bioquímica e Fisiologia do Exercício, Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

Recebido em 21 de março de 2012; aceito em 11 de junho de 2013

Disponível na Internet em 23 de janeiro de 2015

PALAVRAS-CHAVE

Carboidratos;
Metabolismo energético;
Limiar anaeróbio;
Desempenho atlético

KEYWORDS

Carbohydrates;
Energy metabolism;
Anaerobic threshold;
Athletic performance

Resumo O objetivo foi investigar a resposta renal à ingestão de maltodextrina e à natação de padrão aeróbio ou anaeróbio de alta intensidade em ratos.

Materiais e métodos: O protocolo consistiu de oito semanas de natação em padrão aeróbio (sobrecarga 5%) ou intermitente (sobrecarga 10%). Durante 37 dias os animais foram suplementados, por meio de gavagem, com uma dose diária de 0,48 g.Kg⁻¹ de maltodextrina dissolvida em água ou receberam água pura, antes do treinamento.

Resultados: O treinamento anaeróbio ocasionou aumento nas concentrações de ácido úrico, creatinina e proteínas totais e redução no glicogênio renal. A maltodextrina causou aumento no glicogênio renal.

Conclusão: A maltodextrina e o treinamento anaeróbio proporcionaram alterações nos parâmetros de função renal em resposta desse órgão a esses estímulos externos.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Renal response to maltodextrin and training at different intensities

Abstract The objective was to investigate the renal response to ingestion of maltodextrin and aerobic or anaerobic training in rats.

Materials and methods: The protocol consisted of 8 weeks of swimming aerobic (5% overload) or anaerobic (10% overload). During 37 days, the animals were supplemented by gavage with a daily dose of 0.48 g.Kg⁻¹ maltodextrin dissolved in water or with pure water, before training.

Results: The anaerobic training caused increases in concentrations of uric acid, creatinine and total protein and reduction in renal glycogen in kidney. The maltodextrin caused an increase in renal glycogen.

* Autor para correspondência.

E-mail: rombaldi@ufpel.tche.br (A.J. Rombaldi).

PALABRAS CLAVE

Los carbohidratos;
Metabolismo energético;
Umbral anaeróbico;
Rendimiento atlético

Conclusion: Maltodextrin and anaerobic training provided changes in parameters of renal function in response of this organ to these external stimuli.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Respuesta renal a la maltodextrina y el entrenamiento en diferentes intensidades

Resumen El objetivo fue investigar la respuesta renal a la ingestión de maltodextrina y el entrenamiento aeróbico o anaeróbico en ratones.

Materiales y métodos: El protocolo consistió en 8 semanas de natación con un patrón aeróbico (5% sobrecarga) o anaeróbico (10% sobrecarga). Durante 37 días, los animales fueron suplementados, por sonda nasogástrica, con una dosis diaria de 0,48 g.Kg⁻¹ de maltodextrina añada al agua o agua pura, antes del entrenamiento.

Resultados: El entrenamiento anaeróbico provocó un aumento en las concentraciones de ácido úrico, creatinina y total de proteínas y la reducción nel glucógeno renal. La maltodextrina causó un aumento en el glucógeno renal.

Conclusión: La maltodextrina y el entrenamiento anaeróbico proporcionan cambios en los parámetros de la función renal en respuesta de este órgano a estos estímulos externos.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

Introdução

Os efeitos do exercício físico produzidos sobre o corpo ocorrem em função do processo de adaptação. Esses efeitos são adaptativos sistêmicos e dependentes das características dos programas de treinamento (Radak et al., 2008). As adaptações do organismo aos programas de treinamento físico são o resultado de uma resposta de múltiplos órgãos e sistemas (Chimin et al., 2009). Entretanto, as adaptações do tecido renal em resposta aos diferentes tipos de treinamento ainda são objeto de discussão.

A ingestão de solução esportiva carboidratada potencializa os efeitos adaptativos do treinamento pela manutenção do condicionamento físico, da hidratação e da supercompensação de substratos. Conforme Rombaldi e Sampedro (Rombaldi et al., 2001), essa solução deve fornecer suficiente quantidade de carboidrato para manter seus estoques endógenos e proporcionar aumento do desempenho. Do ponto de vista de reposição energética, uma solução isotônica que contenha maltodextrina pode conter cinco vezes mais calorias do que uma solução isotônica que contenha glicose (Inagaki et al., 2011). Além disso, durante o exercício a glicose ingerida é rapidamente absorvida, liberada para a circulação e oxidada pelo músculo com alta eficiência (Rowlands et al., 2008), porém o efeito da maltodextrina sobre marcadores de função renal durante períodos de treinamento físico de moderada a alta intensidade ainda não foi investigado.

O exercício pode causar uma mudança transitória na homeostase da função renal em atletas de elite (Touchberry et al., 2004). Durante o exercício há uma redução do fluxo plasmático renal de 20% do total do fluxo sanguíneo para 1%; apesar disso, a fração de filtração pode se duplicar (Gusmão et al., 2003). Por outro lado, essa taxa de filtração

glomerular pode ser diminuída no início do exercício de alta intensidade, o que indica uma situação não favorável (Touchberry et al., 2004). O exercício físico também poderá causar alterações urinárias, como, por exemplo, a hematuria e a proteinúria (Lopes e Kirsztajn, 2009). Essas e outras modificações no metabolismo renal proporcionadas pelo treinamento físico devem ser investigadas para elucidar alguns pontos ainda não esclarecidos.

Diante do exposto, e uma vez que existem limitações óbvias em estudos com seres humanos, modelos experimentais permitem uma condição opcional para solucionar vários problemas (Voltarelli et al., 2007), principalmente os que envolvem análises biomoleculares de órgãos e tecidos. Este estudo procurou investigar a resposta renal à natação de padrão aeróbico contínuo sob carga de estado estável máximo de lactato (EEML) ou de padrão anaeróbico de alta intensidade e a resposta renal à ingestão de solução carboidratada líquida com maltodextrina por meio das análises de ácido úrico, creatinina, proteínas totais e conteúdo de glicogênio renal em ratos Wistar.

Material e métodos**Animais**

Foram usados 69 ratos machos da linhagem Wistar com 60 dias e peso no início do experimento entre 399-409 gramas. Os animais, provenientes do Biotério da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), foram alimentados com ração balanceada padrão (Nuvilab® CR1) e água *ad libitum* e distribuídos em gaiolas coletivas (dois animais por gaiola). A temperatura ambiente foi controlada entre 21-25 °C e fotoperíodo de 12 h claro e 12 h escuro.

Os experimentos com os animais foram feitos de acordo com as resoluções brasileiras específicas sob a Bioética em Experimentos com Animais (Lei nº 6.638, de 8 de maio de 1979, e Decreto nº 24.645, de 10 de julho de 1934) e foram aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da UFPel (Processo nº 5873/2009).

Grupos experimentais

Os animais foram transferidos para o Laboratório de Bioquímica e Fisiologia do Exercício da UFPel (LABFex/UFPel), pesados e distribuídos, aleatoriamente, em seis grupos: sedentário não suplementado (sedentário água, $n=12$) e suplementado com maltodextrina (sedentário CHO, $n=12$); treinado em exercício aeróbio contínuo sob carga de EEML não suplementado (aeróbio água, $n=11$) e suplementado com maltodextrina (aeróbio CHO, $n=11$); treinado em exercício anaeróbio de alta intensidade não suplementado (anaeróbio água, $n=12$) e suplementado com maltodextrina (anaeróbio CHO, $n=11$).

Protocolo de treinamento

O período de treinamento foi de dez semanas. As duas primeiras foram de adaptação ao meio líquido (cinco vezes por semana) com sobrecargas progressivas e em tanque coletivo, cilíndrico (90 cm de diâmetro x 100 cm de profundidade), com água a uma profundidade de 90 cm e temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$. As oito semanas subsequentes foram de exercícios de natação, cinco dias consecutivos por semana e 60 minutos por sessão para o exercício de forma contínua ou 70 minutos por sessão para o exercício de forma intermitente (dois períodos de 30 minutos, com 10 minutos de intervalo, com duração do exercício e do repouso de 15 segundos). Os ratos fizeram os exercícios de natação em grupos de três e no máximo quatro animais por sessão, o que garantiu que treinassem sem a interferência de outro animal. Esse período experimental foi adotado por possibilitar adaptações fisiológicas crônicas decorrentes do treinamento físico (Dong et al., 2011; Sene-Fiorese et al., 2008; Tsutsumi et al., 2001).

O exercício aeróbio de padrão contínuo e em carga de EEML foi feito sem interrupção, até os animais completarem uma hora de treinamento. A sobrecarga usada foi a correspondente a 5% do peso corporal de cada roedor, pois conforme o estudo de Gobatto et al. (2001) ratos dessa linhagem e que foram submetidos a exercício de natação para determinação do EEML obtiveram esse limiar em 5,5 mmol/L de lactato sanguíneo, com sobrecargas entre 5% e 6% do peso corporal. A partir do resultado desse estudo de Gobatto et al. (2001), adotou-se a sobrecarga de 5% do peso corporal para a carga correspondente ao EEML aplicada neste trabalho.

As sessões de exercícios de natação em padrão intermitente foram caracterizadas por 70 minutos de duração diária e feitas da seguinte maneira: os animais (em grupos de três e no máximo quatro) eram colocados dentro de um cilindro (80 cm de diâmetro x 100 cm de profundidade) com fundo vazado. Esse cilindro era colocado dentro do tanque coletivo (90 cm de diâmetro x 100 cm de profundidade) para que os animais efetuassem 15 segundos de exercício de

natação. Após esse período o cilindro era erguido por um fio de aço para que os animais fizessem 15 segundos de repouso. Esse processo de 15 segundos de exercício e 15 segundos de repouso foi executado pelos roedores durante 30 minutos (primeiro período). Logo após, os animais fizeram um intervalo de descanso passivo, com 10 minutos de duração, e depois desse tempo começaram o segundo período de 30 minutos de exercício de natação de padrão intermitente, exatamente como aconteceu no primeiro período. A sobrecarga usada foi a correspondente a 10% do peso corporal por ser considerada carga de treinamento de alta intensidade e acima do EEML (Gobatto et al., 2001).

O peso corporal dos animais foi monitorado todas as segundas-feiras e feita a correção da sobrecarga a partir da alteração no peso. Os ajustes nas sobrecargas foram feitos considerando somente o peso corporal dos animais. Essas cargas foram corrigidas proporcionalmente ao aumento no peso corporal de cada animal e semanalmente. O experimento foi feito no ciclo claro (Gobatto et al., 2001), durante o período noturno (Araújo et al., 2010), entre 18h e 6h. Optou-se por aplicar os protocolos de treinamento nesse horário para poder dividir os animais em pequenos subgrupos de natação (de três a no máximo quatro por subgrupos) e assim possibilitar menores riscos de perdas por afogamento e também para assegurar que treinassem sem a interferência de outro. O laboratório foi adaptado para obedecer ao ciclo claro/escuro (12 h/12 h).

Os animais dos grupos sedentários foram colocados em tanque com água rasa, em profundidade de 10 cm (banho de imersão) à temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$, por 15 minutos, cinco dias consecutivos por semana, e foram usados como controles. Após cada sessão de treinamento de natação, os roedores foram secados e colocados em ambiente com temperatura entre 21 e 25 °C para evitar complicações fisiológicas provenientes do frio e da umidade. No último dia do experimento, os animais dos grupos treinados em alta intensidade não suplementados e suplementados nadaram até a exaustão. A exaustão foi determinada quando os animais permaneceram submersos por um período superior a 30 segundos (Rombaldi, 1996). O exercício até a exaustão foi feito com o objetivo de verificar o efeito sobre as variáveis dependentes deste estudo.

Protocolo de suplementação

Os animais suplementados dos grupos sedentário, treinado em EEML e treinado em alta intensidade foram suplementados através de tubo gástrico (gavagem) com solução carboidratada líquida a 12% (m/v) de maltodextrina (NeoNutri) dissolvida em água destilada (Rombaldi, 1996). Optou-se pela concentração de 12% (m/v) de maltodextrina, pois tanto concentrações de 10% (Rombaldi, 1996; Ruffo, 2004) quanto de 15% ou 20% podem conferir importantes alterações metabólicas (Ruffo, 2004). As concentrações similares a 10% (m/v) podem adicionalmente aumentar o desempenho durante o exercício (Rombaldi, 1996). A dose de carboidrato administrada foi de 0,48 g.Kg⁻¹ de peso corporal, em um volume de 1 ml para 250 g de peso animal, e a cada 5 g de peso superior ou inferior ao peso corporal base o volume aumentou ou diminuiu em 0,02 ml. Os animais não suplementados, dos grupos sedentário, treinado em EEML e

treinado em alta intensidade, receberam somente água pura com o uso da mesma técnica dos grupos suplementados, ou seja, através de tubo gástrico (gavagem). Os ratos foram suplementados cinco vezes por semana e durante o período de treinamento, por 37 dias. As soluções foram administradas aos animais dos grupos treinados após serem submetidos a aquecimento prévio de natação por dois minutos. A escolha desse tempo de aquecimento para posteriores administrações das soluções durante as sessões de exercícios de natação foi para que não ocorressem riscos de elevações nos níveis de insulina e assim manterem-se elevados os níveis glicêmicos por um maior tempo, conforme sugerem [Costill et al. \(1973\)](#), [Costill et al. \(1977\)](#), [Hultman \(1989\)](#), [Horowitz e Coyle \(1993\)](#), [El-Sayed et al. \(1995\)](#).

Amostras teciduais e análises

Os grupos de animais exercitados foram sacrificados após a última sessão de treinamento aeróbio ou de alta intensidade. Para os grupos sedentários o sacrifício dos animais ocorreu uma hora depois da administração da água pura ou da solução com maltodextrina. Os animais foram sacrificados por decapitação. Foram coletadas amostras sanguíneas diretamente em tubos estéreis com e sem anticoagulante. Também foram coletadas amostras em duplicatas do rim direito de cada animal. Foram obtidos em torno de 1 ml de sangue total com o anticoagulante Glistab (Labtest) para a determinação da glicose e 4 ml de sangue total sem o anticoagulante.

O soro e o plasma foram obtidos por centrifugação a 3.000 rpm por 10 minutos. Aliquotas desses materiais recém-obtidos foram armazenadas a -20°C para posterior análise das concentrações de ácido úrico, creatinina e proteínas totais (a partir do soro) e da glicose (a partir do plasma). As alíquotas duplicatas do tecido renal direito foram removidas, pesadas e estocadas a -20°C até a extração e quantificação do glicogênio.

As análises das concentrações de ácido úrico (princípio da uricase/peroxidase), creatinina (reação de ponto final), proteínas totais (por reagente de biureto) e glicose (princípio da glicose oxidase) foram feitas por espectrofotometria, em espectrofotômetro automático (Biospectro modelo SP-22). Os procedimentos para as análises baseiam-se nas determinações dos kits comerciais da marca Labtest Diagnóstica® (Lagoa Santa, MG, Brasil).

Em relação aos níveis de glicogênio renal, a extração foi feita como descrito por [Peixoto e Pereira \(2007\)](#). Os tubos com glicogênio extraído foram estocados em um freezer até a análise da quantificação (em até cinco dias). O conteúdo de glicogênio foi determinado pelo método de [Krisman \(1962\)](#). O conteúdo de glicogênio do tecido renal foi expresso como mg de glicogênio por 100 mg de tecido.

Análise estatística

A análise estatística foi conduzida no pacote Statistica para Windows, versão 8, da Statsoft. Quando as variáveis seguiram a curva normal, foi empregada a análise de variância (Anova) fatorial para a comparação entre as médias. Para as variáveis que apresentaram comportamento não paramétrico, usou-se o teste de Kruskal-Wallis. Os valores foram

expressos como média e desvio padrão e foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

O grupo de animais que fizeram exercício anaeróbio de alta intensidade e que receberam água pura apresentou um aumento significativo nas concentrações séricas de ácido úrico ($p < 0,003$) ([fig. 1](#)), creatinina ($p < 0,04$) ([fig. 2](#)) e proteínas totais ($p < 0,005$) ([fig. 3](#)) comparado com o grupo de animais sedentários e que receberam água pura.

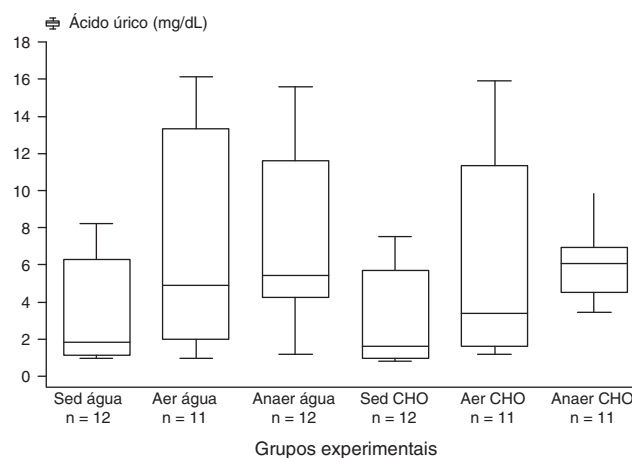


Figura 1 Níveis séricos de ácido úrico (mg/dL) em ratos Wistar. Os valores estão expressos como média e desvio padrão. "Água" corresponde aos animais que receberam água pura. "CHO" corresponde aos animais suplementados com maltodextrina. Sed: animais sedentários. Aer: animais treinados em exercício aeróbio contínuo sob carga de estado estável máximo de lactato. Anaer: animais treinados em exercício anaeróbio de alta intensidade. * $p < 0,003$ versus sed água.

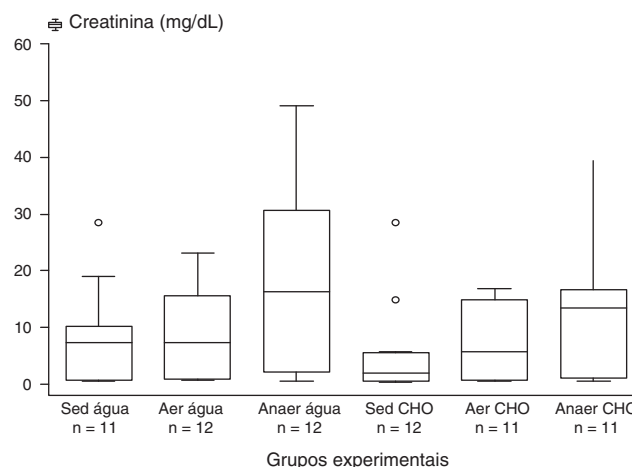


Figura 2 Níveis séricos de creatinina (mg/dL) em ratos Wistar. Os valores estão expressos como média e desvio padrão. "Água" corresponde aos animais que receberam água pura. "CHO" corresponde aos animais suplementados com maltodextrina. Sed: animais sedentários. Aer: animais treinados em exercício aeróbio contínuo sob carga de estado estável máximo de lactato. Anaer: animais treinados em exercício anaeróbio de alta intensidade. * $p < 0,04$ versus sed água.

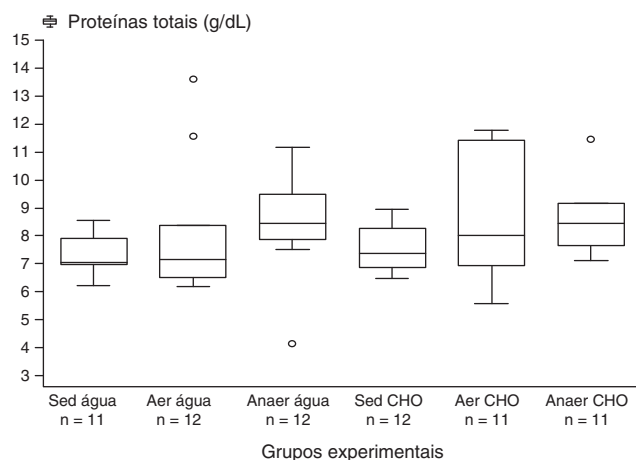


Figura 3 Níveis séricos de proteínas totais (g/dL) em ratos Wistar. Os valores estão expressos como média e desvio padrão. “Água” corresponde aos animais que receberam água pura. “CHO” corresponde aos animais suplementados com maltodextrina. Sed: animais sedentários. Aer: animais treinados em exercício aeróbio contínuo sob carga de estado estável máximo de lactato. Anaer: animais treinados em exercício anaeróbio de alta intensidade. * $p < 0,005$ versus sed água.

Os animais treinados em exercício aeróbio contínuo sob carga de EEML e suplementados com maltodextrina apresentaram aumentos significativos nos conteúdos de glicogênio renal comparados com os animais dos grupos sedentário que receberam água pura ($p < 0,04$), aeróbio que receberam água pura ($p < 0,05$), anaeróbio que receberam água pura ($p < 0,003$) e anaeróbio suplementados com maltodextrina ($p < 0,02$). O grupo de animais que executaram exercício anaeróbio de alta intensidade e que receberam água pura apresentou uma diminuição significativa no conteúdo de glicogênio renal comparado com o grupo de animais sedentários suplementado com maltodextrina ($p < 0,03$) (tabela 1).

Os animais treinados em exercício aeróbio sob carga de EEML e que receberam água pura apresentaram um aumento significativo na concentração de glicose sérica comparados com o grupo de animais sedentários e que receberam água pura ($p < 0,02$) (tabela 1).

Discussão

As dosagens de ureia, creatinina e proteinúria são importantes marcadores de função renal (Sodré et al., 2007). O ácido úrico, embora não faça parte dos principais elementos de dosagem na avaliação da função renal, é um dos componentes plasmáticos filtrado, reabsorvido e excretado pelos rins (Sodré et al., 2007). As proteínas totais são essenciais para todas as funções fisiológicas, pois são importantes componentes celulares e teciduais e exercem várias funções vitais no organismo. Neste estudo procurou-se avaliar alguns dos fatores envolvidos na dinâmica do metabolismo renal, embora sem ter sido dada ênfase em alguns dos principais componentes de dosagem direta da função e lesão desse órgão. Este trabalho constatou que o exercício anaeróbio de alta intensidade proporcionou elevações nas concentrações de ácido úrico, creatinina e proteínas totais, assim como importantes alterações no conteúdo de glicogênio renal.

Em ratos Wistar machos submetidos a treinamento físico com aumento na sobrecarga de treino se observou que houve elevação na concentração de ureia no grupo de animais com sobrecarga de exercício crescente comparado com o grupo de animais sedentários (Santos et al., 2006). Abreu et al. (2005) identificaram que em ratos Wistar machos suplementados com uma solução esportiva com carboidratos e submetidos a exercício aeróbio de intensidade moderada feito em esteira rolante não houve alterações nas concentrações de ureia e creatinina em relação à suplementação e ao treinamento. Camundongos Balb-C, machos, treinados durante quatro semanas em exercícios de natação de intensidade moderada ou submetidos a um ciclo de treinamento para induzir o *overreaching* apresentaram

Tabela 1 Efeitos dos exercícios aeróbio e anaeróbio sobre conteúdo de glicogênio renal e glicose sérica de ratos Wistar, conforme grupo experimental

| | Grupos | | | | | |
|-----------------------------|---------------|--------------|---------------|------------------------------|------------------------|--------------|
| | Sedentário | | Aeróbio | | Anaeróbio | |
| | Água (n = 12) | CHO (n = 12) | Água (n = 11) | CHO (n = 11) | Água (n = 12) | CHO (n = 11) |
| Glicogênio renal (mg/100mg) | 2,3 ± 0,2 | 2,5 ± 0,3 | 2,3 ± 0,3 | 2,7 ± 0,8 ^{a,b,c,d} | 2,1 ± 0,3 ^e | 2,2 ± 0,5 |
| Glicose sérica (mg/dL) | 116,3 ± 24,6 | 130,5 ± 15,5 | 195,9 ± 81,9* | 214,5 ± 92,7 | 129,1 ± 29,4 | 134,3 ± 50,4 |

Os valores estão expressos como média e desvio padrão. “Água” corresponde aos animais que receberam água pura. “CHO” corresponde aos animais suplementados com maltodextrina. Sedentário: animais sedentários. Aeróbio: animais treinados em exercício aeróbio contínuo sob carga de estado estável máximo de lactato. Anaeróbio: animais treinados em exercício anaeróbio de alta intensidade.

^a $p < 0,04$ versus Sedentário água.

^b $p < 0,05$ versus Aeróbio água.

^c $p < 0,003$ versus Anaeróbio água.

^d $p < 0,02$ versus Anaeróbio CHO.

^e $p < 0,03$ versus Sedentário CHO.

* $p < 0,02$ versus Sedentário água.

valores de creatinina significativamente elevados e também aumentos nos níveis de ureia comparados com o grupo controle (Antunes Neto et al., 2008). Também foi demonstrado que com três meses de exercício em esteira rolante não foi possível observar modificação no nível de creatinina plasmática de ratos velhos (Tsutsumi et al., 2001).

Em relação às proteínas totais, em um estudo feito por Silveira et al. (2007) foi constatado que as concentrações plasmáticas de proteínas totais não diferiram entre o grupo de ratos Wistar treinados e o grupo de animais controle. A literatura demonstra que em ratos Wistar recuperados de desnutrição proteica e submetidos a testes de exercícios de natação as proteínas totais séricas não diferiram entre o grupo controle e o grupo recuperado de desnutrição (Papoti et al., 2003). Constataram-se baixas concentrações de proteínas totais no grupo de ratos Wistar desnutridos e submetidos a teste de lactato mínimo para determinar a transição metabólica (Voltarelli et al., 2007). E em ratos treinados durante a recuperação nutricional proteica evidenciou-se que não existiram diferenças significativas nas concentrações de proteínas totais entre os diferentes grupos experimentais (Santhiago et al., 2006).

A maltodextrina, um polímero de fácil absorção intestinal (Ruffo, 2004), promove elevações nos níveis de glicose sérica (Rombaldi, 1996), sem alterar os níveis de lipídios (Leite et al., 2012). Esse aumento na glicemia pode aperfeiçoar a capacidade ao exercício pelo maior tempo de sustentação ao esforço. O presente estudo demonstrou que o exercício aeróbio contínuo proporcionou um aumento na concentração da glicose sérica.

Resultados diferentes dos constatados pelo presente estudo foram encontrados na literatura. Em ratos Wistar submetidos a exercício de natação moderada e, também, exercício com aumento na sobrecarga de treino, detectou-se que ambos os treinamentos não ocasionaram alterações nas concentrações de glicose (Santos et al., 2006). Ratos Wistar treinados em exercício de natação apresentaram concentrações plasmáticas de glicose estatisticamente iguais aos animais do grupo controle (Silveira et al., 2007). Ratos Wistar machos submetidos a quatro semanas de exercício de natação de intensidade moderada demonstraram que os níveis glicêmicos não diferiram entre o grupo de ratos que se exercitou e o grupo que se manteve sedentário (Figueira et al., 2007). Em ratos Wistar machos que fizeram exercício aeróbio de intensidade moderada e foram suplementados com maltodextrina se identificou que não houve efeito da suplementação na concentração de glicose, porém houve efeito do exercício para a diminuição dos níveis séricos de glicose (Leite et al., 2012).

Os rins têm a dupla capacidade de atuar simultaneamente na produção e uso da glicose (Sodré et al., 2007). Embora o conteúdo de glicogênio no tecido renal seja de pouco estudo durante eventos esportivos de alto desempenho, esse órgão também parece sofrer as influências adaptativas do treinamento. No presente estudo identificou-se que a suplementação com maltodextrina acarretou maior conteúdo de glicogênio renal após exercício aeróbio. Por outro lado, o exercício anaeróbio demonstrou causar redução no conteúdo renal de glicogênio. Não foram encontrados trabalhos adicionais que avaliassem as alterações no conteúdo de glicogênio renal em ratos submetidos a treinamento físico e sem qualquer anormalidade metabólica.

Uma possível explicação para as alterações nos conteúdos de glicogênio renal decorrentes dos diferentes padrões de treinamento físico, associado ao uso da solução esportiva com maltodextrina, deve-se a uma maior oferta e uso desse substrato energético por esse órgão. Parece que os tecidos renal e o hepático exercem um importante papel na manutenção da glicemia. O fígado e os rins respondem conjuntamente a um sistema comum de controle neuro-hormonal que está diretamente integrado à mobilização e ao processo de armazenamento de nutrientes no organismo, com total prioridade à manutenção da glicemia normal (Cersosimo, 2004). Por essa razão os rins demonstraram responder de maneira análoga ao fígado na disponibilidade de glicose para o músculo em contração.

Com este estudo, também foi possível perceber a influência que o exercício anaeróbio de alta intensidade pode exercer sobre alguns parâmetros do metabolismo renal, por exemplo, a creatinina e o ácido úrico. As concentrações de proteínas totais também sofreram a influência desse agente estressor. Assim, esse padrão de treinamento físico esteve relacionado com uma maior exigência renal para atender à demanda energética imposta pelo músculo em contração, o que acarretou essas mudanças nas concentrações desses metabólitos.

Com base nos resultados obtidos, as limitações deste estudo referem-se à necessidade de avaliações do volume urinário das 24 horas após treinamento físico para verificar a taxa de filtração glomerular como outro parâmetro de função renal e também das análises de ureia e proteínas urinárias, já que a concentração de creatinina pode se mostrar sensível à aplicação de um programa de treinamento físico (Silva et al., 2006). Essas limitações de forma alguma comprometem os resultados deste estudo e servem como bases para possíveis novas pesquisas nessa área.

Conclusões

Por meio dos dados obtidos com o presente estudo pode-se concluir que o treinamento anaeróbio de alta intensidade proporcionou elevações em vários parâmetros de função renal, como, por exemplo, ácido úrico e creatinina, e também redução no conteúdo de glicogênio renal. Essas alterações metabólicas devem ser consideradas importantes como uma resposta renal a esse padrão de esforço físico e devem ser mais bem estudadas pelos fisiologistas do exercício. Por outro lado, a suplementação crônica com maltodextrina possibilitou uma importante elevação no conteúdo de glicogênio renal após exercício aeróbio contínuo em carga de EEML e poupou os estoques endógenos de carboidratos desse tecido.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Abreu NP, Bergamaschi CT, Di Marco GS, Razvickas CV, Schor N. Effect of an isotonic rehydration sports drink and exercise on urolithiasis in rats. *Braz J Med Biol Res* 2005;38:577-82.

- Antunes Neto JMF, Rivera RJB, Calvi RG, Raffa MF, Donadon CC, Pereira AG, et al. Níveis comparativos de estresse oxidativo em camundongos em duas situações do limite orgânico: *overreaching* induzido por treinamento de natação e câncer. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14:548–52.
- Araújo MB, Voltarelli FA, Manchado-Gobatto FB, Moura LP, De Mello MAR. Treinamento em diferentes intensidades e biomarcadores de estresse oxidativo e do metabolismo glicídico musculoesquelético de ratos. *Rev Educ Fis/UEM* 2010;21:695–707.
- Cersosimo E. A importância do rim na manutenção da homeostase da glicose: aspectos teóricos e práticos do controle da glicemia em pacientes diabéticos portadores de insuficiência renal. *J Bras Nefrol* 2004;26:28–37.
- Chimin P, Araújo GG, Manchado-Gobatto FB, Gobatto CA. Critical load during continuous and discontinuous training in swimming Wistar rats. *Motricidade* 2009;5(4):45–58.
- Costill DL, Bennett A, Branam G, Eddy D. Glucose ingestion at rest and during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 1973;34:764–9.
- Costill DL, Coyle E, Dalsky G, Evans W, Fink W, Hoopes D. Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J Appl Physiol* 1977;43:695–9.
- Dong J, Chen P, Wang R, Yu D, Zhang Y, Xiao W. NADPH oxidase: a target for the modulation of the excessive oxidase damage induced by overtraining in rat neutrophils. *Int J Biol Sci* 2011;7:881–91.
- El-Sayed MS, Rattu AJM, Roberts I. Effects of carbohydrate feeding before and during prolonged exercise on subsequent maximal exercise performance capacity. *Int J Sports Nutr* 1995;5: 215–24.
- Figueira TR, Lima MCS, Gurjão ALD, Ruas VDA, Leme JACA, Luciano E. Efeito do treinamento aeróbio sobre o conteúdo muscular de triglicérides e glicogênio em ratos. *Rev Bras Ciên Mov* 2007;15:55–61.
- Gobatto CA, De Mello MA, Sibuya CY, De Azevedo JR, Dos Santos LA, Kokubun E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. *Comp Biochem Physiol* 2001;130:21–7.
- Gusmão L, Galvão J, Possante M. A resposta do rim ao esforço físico. *Rev Port Nefrol Hipert* 2003;17:73–80.
- Hultman E. Nutritional effects on work performance. *Am J Clin Nutr* 1989;49:949–57.
- Horowitz JF, Coyle EF. Metabolic responses to preexercise meals containing various carbohydrates and fat. *Am J Clin Nutr* 1993;58:235–41.
- Inagaki K, Ishihara K, Ishida M, Watanabe A, Fujiwara M, Komatsu Y, et al. Rapid rehydration and moderate plasma glucose elevation by fluid containing enzymatically synthesized glycogen. *J Nutr Sci Vitam* 2011;57:170–6.
- Krisman CR. A method for the colorimetric estimation of glycogen with iodine. *Anal Biochem* 1962;4:17–23.
- Leite CF, Amaral MG, Hartleben CP, Hax CB, Rombaldi AJ. Efeitos do treinamento moderado contínuo sobre parâmetros imunológico e metabólico de ratos suplementados com maltodextrina. *Rev Bras Educ Fis Esporte* 2012;26:7–16.
- Lopes TR, Kirsztajn GM. Análise renal de ultramaratonista em prova de 75 km. *Acta Paul Enfermagem* 2009;22:487–9.
- Papoti M, Almeida PBL, Prada FJA, Eleno TG, Hermini HA, Gobatto CA, et al. Máxima fase estável de lactato durante a natação em ratos recuperados de desnutrição proteica. *Motriz* 2003;9:97–104.
- Peixoto NC, Pereira ME. Effectiveness of ZnCl₂ in protecting against nephrotoxicity induced by HgCl₂ in newborn rats. *Ecotoxicol Environ Saf* 2007;66:441–6.
- Radak Z, Chung HY, Koltai E, Taylor AW, Goto S. Exercise, oxidative stress and hormesis. *Ageing Res Rev* 2008;7:34–42.
- Rombaldi AJ. Alguns efeitos bioquímicos da ingestão de carboidrato líquido na realização de trabalho intermitente de alta intensidade em ratos. Santa Maria: Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Federal de Santa Maria; 1996.
- Rombaldi AJ, Sampedro RMF. Fatores a considerar na suplementação com soluções carboidratadas. *Rev Bras Ativ Fis Saúde* 2001;6:54–61.
- Rowlands DS, Thorburn MS, Thorp RM, Broadbent S, Shi X. Effect of graded fructose coingestion with maltodextrin on exogenous ¹⁴C-fructose and ¹³C-glucose oxidation efficiency and high-intensity cycling performance. *J Appl Physiol* 2008;104:1709–19.
- Ruffo AM. Efeitos da suplementação de diferentes concentrações de maltodextrina em ratos submetidos a exercício contínuo e prolongado. Curitiba: Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná; 2004.
- Santhiago V, Silva ASR, Gobatto CA, De Mello MAR. Treinamento físico durante a recuperação nutricional não afeta o metabolismo muscular da glicose de ratos. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12:76–80.
- Santos RVT, Caperuto EC, Rosa LFBPC. Efeitos do aumento na sobrecarga de treinamento sobre parâmetros bioquímicos e hormonais em ratos. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12:145–9.
- Sene-Fiorese M, Duarte FO, Scarmagnani FR, Cheik NC, Manzoni MS, Nonaka KO, et al. Efficiency of intermittent exercise on adiposity and fatty liver in rats fed with high-fat diet. *Obesity* 2008;16:2217–22.
- Silva ASR, Santhiago V, Papoti M, Gobatto CA. Comportamento das concentrações séricas e urinárias de creatinina e ureia ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais: relações com a taxa de filtração glomerular. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12:327–32.
- Silveira RF, Leme JACA, Manchado FB, Lopes AG, Hirayama MS, Garcia DR, et al. Utilização de substratos energéticos após exercício agudo de ratos treinados aerobicamente por natação. *Motriz* 2007;13:7–13.
- Sodré FL, Costa JCB, Lima JCC. Avaliação da função e da lesão renal: um desafio laboratorial. *J Bras Patol Med Lab* 2007;43:329–37.
- Touchberry CD, Ernsting M, Haff G, Kilgore JL. Training alterations in elite cyclists may cause transient changes in glomerular filtration rate. *J Sports Sci Med* 2004;3:28–36.
- Tsutsumi K, Kusunoki M, Hara T, Okada K, Sakamoto S, Ohnaka M, et al. Exercise improved accumulation of visceral fat and simultaneously impaired endothelium-dependent relaxation in old rats. *Biol Pharm Bull* 2001;24:88–91.
- Voltarelli FA, Gobatto CA, Mello MAR. Determinação da transição metabólica através do teste do lactato mínimo em ratos desnutridos durante exercício de natação. *Rev Educ Fis/UEM* 2007;18:33–9.