



Acta Scientiarum. Animal Sciences

ISSN: 1806-2636

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Ariboni Brandi, Roberta; Furtado, Carlos Eduardo; Nunes Martins, Elias; Villaça Freitas, Eduardo
Villela; Correa de Lacerda-Neto, Jose; de Queiroz-Neto, Antonio

Efeito de dietas com adição de óleo e do treinamento sobre a atividade muscular de equinos
submetidos à prova de resistência

Acta Scientiarum. Animal Sciences, vol. 30, núm. 3, 2008, pp. 307-315
Universidade Estadual de Maringá
.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126493003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

Efeito de dietas com adição de óleo e do treinamento sobre a atividade muscular de equinos submetidos à prova de resistência

Roberta Ariboni Brandi^{1*}, Carlos Eduardo Furtado², Elias Nunes Martins², Eduardo Villela Villaça Freitas³, Jose Correa de Lacerda-Neto⁴ e Antonio de Queiroz-Neto⁴

¹Faculdade de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Campus Experimental de Dracena, Rod. Cmte. João Ribeiro de Barros, Sp 294, km 651, 17900-000, Dracena, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. ³Universidade de Uberaba, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. ⁴Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: robertabrandi@dracena.unesp.br

RESUMO. O trabalho teve como objetivo verificar o efeito da adição de óleo de soja e do treinamento na atividade plasmática das enzimas Creatina Quinase (CK) e Aspartato Aminotransferase (AST) sobre o trabalho muscular de equinos submetidos a teste de resistência. Foram fornecidas dietas experimentais compostas por cinco níveis de óleo de soja no concentrado (controle, 6, 12, 18 e 24%). Foram utilizados 20 equinos da raça Árabe, peso médio de 400 kg, submetidos a teste de resistência de 80 km em esteira rolante, em Laboratório de Fisiologia do Exercício. A simulação de enduro foi dividida em quatro fases de 20 km cada. Observou-se efeito ($p < 0,05$) da adição de óleo e da distância percorrida sobre as variáveis AST e CK durante o enduro e também no período de recuperação. Conclui-se que o óleo atua de forma benéfica sobre o trabalho muscular por diminuir a atividade das enzimas AST e CK em níveis superiores a 6% de óleo no concentrado. A presença de elevados valores de atividade enzimática não está obrigatoriamente ligada à presença de enfermidades musculares. Cada animal deve ser analisado individualmente, tendo como base a sua atividade enzimática basal.

Palavras-chave: aspartato aminotransferase, cavalos, creatina quinase, exercício.

ABSTRACT. **Effect of diets with soybean oil addition and training over muscular activity of equines submitted to resistance test.** The aim of this study was to verify the effect of increasing soybean oil levels and training on the enzyme activity of Aspartate Aminotransferase (AST) and Creatine kinase (CK) as indicative of muscle work. Experimental diets were composed by five soy oil levels in the concentrate (control- no oil, 6, 12, 18 and 24%). Twenty Arabian horses, male and female, average weight of 400 kg were submitted to an 80-km endurance race in a treadmill. The treadmill experiment was conducted in the Exercise Physiology Laboratory. The endurance simulation was divided in 4 phases of 20 km each. The effect ($p < 0.05$) of soybean oil addition and run distance for CK and AST variables during the effort test and also in the recovering time were observed. It was concluded that soybean oil presents a beneficial effect on muscle work, as it decreases the activity of AST and CK enzymes in diets with more of 6% of soybean oil in the concentrate. The elevated value showed was not necessarily linked to muscle pathology presence. Each animal must be analyzed individually, based on its corresponding basal enzymatic activity.

Key words: aspartate aminotransferase, horse, creatine kinase, exercise.

Introdução

O enduro equestre é uma atividade de resistência na qual o animal apresenta alta demanda energética, sendo o óleo uma fonte potencial de fornecimento de energia.

Segundo Frape (1994), as dietas ricas em óleo são bem aproveitadas pelos equinos e promovem maior metabolismo lipídico intramuscular e hepático, além de aumentarem as reservas de glicogênio.

De acordo com Harris *et al.* (1990), as enzimas Aspartato Aminotransferase (AST) e Creatina Quinase (CK) são utilizadas para avaliar possíveis patologias musculares apresentadas por equinos atletas, como a rabdomiólise.

A idade, o sexo do animal e o protocolo de treinamento podem influenciar a atividade dessas enzimas plasmáticas, de acordo com Harris *et al.* (1990).

O metabolismo energético inadequado também pode contribuir, acrescentam os autores. A atividade enzimática elevada não está necessariamente relacionada a enfermidades, podendo ser atribuída a variações fisiológicas normais, recentes ou repetidos casos de rabdomiólise subclínica. A ocorrência de aumento moderado dessas enzimas em equinos sadios pode ser observada quando submetidos a exercícios de moderada a alta intensidade (Harris *et al.*, 1990; Valberg *et al.*, 1993). Segundo Valberg *et al.* (1993), a rabdomiólise é uma miopatia que atinge muitas raças e modalidades de animais em exercício. Segundo McKenzie *et al.* (2002) e Geor (2005), a adição de óleo à dieta pode diminuir a severidade ou o número de casos da doença.

A CK catalisa a conversão reversível da creatina fosfato na presença do ADP em creatina com a formação de ATP. Valberg *et al.* (1993) consideram valores não-patológicos, para animais treinados, os inferiores a 350 U L⁻¹. A AST não é uma enzima específica dos músculos, podendo ser observada em outros tecidos e no diagnóstico de lesão muscular, e deve ser analisada juntamente com a CK. Valberg *et al.* (1993) citam como valores normais os inferiores a 550 U L⁻¹.

O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito da adição de níveis crescentes de óleo de soja, em dietas de equinos submetidos a teste de resistência de 80 km, sobre os níveis plasmáticos das enzimas CK e AST, como indicativo de trabalho muscular.

Material e métodos

Foram utilizados 20 equinos da raça Árabe, machos e fêmeas, com idade média de 9,5±5,5 anos e peso vivo médio de 400 kg, submetidos a teste de esforço de 80 km em esteira rolante.

O experimento teve duração de 48 dias, e os animais foram alojados em baías individuais no Setor de Equinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal (FCAV-Unesp/Jaboticabal).

Nesse período, os animais foram adaptados às dietas experimentais, formuladas segundo o National Research Council (NRC, 1989) para equinos de esporte de média intensidade; também foram adaptados ao treinamento, baseado no limiar anaeróbico, determinado individualmente pelo método do limiar anaeróbico individual descrito por

Baldari e Guidetti (2000), com base no ponto em que o equilíbrio dinâmico entre a produção e a remoção do lactato deixa de existir, por excesso de produção, e a concentração plasmática do lactato começa a crescer exponencialmente. Os equinos foram treinados seis vezes por semana, sendo três dias em esteira rolante, dois dias montados e um dia no redondel.

O treinamento em esteira consistiu de um protocolo de treinamento aeróbico crescente, conforme avaliação pelo método do limiar anaeróbico individual, que englobava todas as andaduras, sendo o animal aquecido a passo e trote, submetido a galope e desaquecido a trote e passo. No período de quatro meses anteriores ao treinamento, os equinos permaneceram em repouso a pasto, não sofrendo nenhum tipo de treinamento.

As dietas experimentais foram compostas por cinco concentrados, formulados com cinco níveis de inclusão de óleo de soja (controle-sem adição de óleo, seis, 12, 18 e 24%) e feno de Tifton 85, mantendo-se a relação de concentrado: volumoso de 50: 50 (Tabelas 1 e 2). As dietas foram fracionadas em três refeições diárias, fornecidas às 7:00, 12:00 e 17:00h.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes nos concentrados experimentais.

Table 1. Percentage composition of ingredients in the experimental concentrate.

Ingrediente Ingredient	Controle Control	Inclusão de óleo de soja no concentrado Soybean oil inclusion in concentrate			
		6%	12%	18%	24%
Milho grãos <i>Corn Grain</i>	84,45	73,65	60,15	48,1	38,85
Farol de soja <i>Soybean Meal</i>	13,2	17,75	25	30,75	34,0
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	0	6,0	12,0	18,0	24,0
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,2	0,3	0,4	0,65	0,65
Calcário <i>Limestone</i>	0,95	1,0	1,05	1,0	1,0
Sal comum <i>Common Salt</i>	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
Suplemento Mineral ¹ <i>Mineral Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Suplemento Vitamínico ² <i>Vitaminic Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total <i>Total</i>	100	100	100	100	100

¹Suplemento mineral (Mineral Supplement): P-72 g, Ca-191 g, Na-68,25 g, Cl-105 g, Mg-27,5 g, S-14,963 g, Zn-1.500,00 mg, Cu- 250,00 mg, Mn 1.000,00 mg, Fe 1.000,00 mg, Co-12,24 mg, I-20,00 mg, S 2,25 mg, Fl (Max)-0,72 mg; ²Suplemento vitamínico (Vitaminic Supplement): vit. A-1600000 UI, vit D3- 200000 UI, vit E- 3000 UI, vit K3- 636 mg, vit B1- 1200 mg, vit B2-1600 mg, vit B12- 3300 mg, Ác. Pantotênico 3300 mg, Biotina 20 mg, Ác. Nicotínico- 6.000 mg, Ác. Fólico- 200 mg, colina- 40 mg, L-Lisina- 25 mg, antioxidante 200 mg.

Ao final do 48º dia, os animais foram avaliados em teste de esforço físico em esteira rolante, no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da FCAV-Unesp/Jaboticabal.

Tabela 2. Composição química dos concentrados experimentais e do feno de Tifton 85 (base de matéria seca).*Table 2. Chemical Composition of the experimental concentrate and Tifton hay (dry matter basis).*

Nutriente Nutrient	Controle Control	6% de óleo 6% oil	12 % de oleo 12% oil	18% de oleo 18% oil	24% de oleo 24% oil	Feno Tifton Tifton Hay
Matéria Seca (%) <i>Dry matter</i>	93,12	94,00	89,00	90,20	91,25	91,00
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein</i>	14,06	14,86	15,45	17,83	18,78	9,95
FDN (%) ¹ <i>NDF¹</i>	13,94	13,30	13,40	12,90	11,9	85,20
FDA (%) ¹ <i>ADF¹</i>	3,44	3,74	4,02	4,85	5,51	43,02
Matéria Mineral (%) <i>Mineral matter</i>	4,00	4,00	3,00	5,00	5,00	5,50
Extrato Etéreo (%) <i>Ether extract</i>	3,52	8,80	10,60	19,70	22,73	1,00
Energia Bruta (kcal kg ⁻¹) <i>Gross Energy</i>	4.213,00	4.386,00	4.436,00	4.996,00	5.235,00	4.102,00
Composição química das dietas experimentais com relação concentrado-volumoso de 50:50 <i>Chemical composition of experimental diets with 50:50 concentrate-roughage</i>						
Matéria Seca (%) <i>Dry matter</i>	92,06	92,50	90,00	90,60	91,12	
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein</i>	12,00	12,40	12,70	13,89	14,37	
FDN (%) ¹ <i>NDF</i>	49,57	49,25	49,30	49,05	48,55	
FDA (%) ¹ <i>ADF¹</i>	22,73	22,89	23,52	23,94	22,77	
Matéria Mineral (%) <i>Mineral matter</i>	4,75	4,75	4,25	5,25	5,25	
Extrato Etéreo (%) <i>Ether extract</i>	2,26	4,90	5,80	10,35	111,87	
Energia Bruta (kcal kg ⁻¹) <i>Gross Energy</i>	4.157,50	4.244,00	4.269,00	4.549,00	4.668,50	

¹FDN-Fibra Detergente Neutro; ²FDA-Fibra Detergente Ácido.¹NDF-Neutral Detergent Fiber; ²ADF-Acid Detergent Fiber.

A cada dia, dois animais foram avaliados, seguindo a mesma sequência de introdução no protocolo experimental, garantindo que todos os animais tivessem 48 dias de treinamento e adaptação à dieta. O teste de esforço foi dividido em quatro fases de 20 km cada, com duração média de 1h e 10 min. (Tabela 3), e somente o primeiro e terceiro anéis apresentaram inclinação de 10% da esteira. Dentro de cada anel, o animal foi submetido a ciclos de exercício seguindo o conceito de produção e remoção de lactato, sugerido pelo método do lacmim, o qual consiste no momento em que a concentração de lactato plasmática é mínima antes de um exercício com cargas progressivas e após indução de acidose lática (Tegtbur *et al.*, 1993).

Após cada fase era aferida a frequência cardíaca (FC) com uso de estetoscópio, e o animal que apresentava FC igual ou inferior a 60 batimentos por minuto (bat min.⁻¹) era retirado da esteira, resfriado e, em um prazo máximo de 20 min., submetido a exame clínico veterinário. Após liberação veterinária, o animal recebeu água e feno à vontade por um período de 40 min. Após o término desse período, o animal era recolocado na esteira e submetido à nova fase. O animal que apresentava FC superior a 60 (bat min.⁻¹) era monitorado por um período de até 20 min., no qual a FC deveria atingir 60 bat min.⁻¹ para

seguir para exame clínico veterinário. Caso isso não ocorresse o animal era retirado do teste.

Após o término da simulação de enduro em esteira rolante, o animal permaneceu estabulado por 24h, recebendo somente feno à vontade e água fresca. Após esse período, foi solto ao pasto.

Para a mensuração da atividade das enzimas CK e AST, amostras de sangue foram colhidas por venopunção da jugular esquerda em tubo vacutainer, as quais permaneceram armazenadas em recipiente resfriado até serem centrifugadas. Amostras de sangue foram colhidas antes do início do exercício (basal), após o final de cada fase do teste de esforço (20, 40, 60 e 80 km) e às 6, 24 e 48h após o exercício. O plasma foi separado e armazenado em ependorfes. A atividade enzimática foi determinada por Kits bioquímicos da empresa Labtes® e lidos em espectrofotômetro Labquest®.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com medidas pareadas repetidas no tempo. Os animais foram considerados como parcelas; a distância percorrida, como subparcela, a qual foi medida em cinco tempos, respectivamente, basal, 20, 40, 60 e 80 km de prova. Para a análise da recuperação dos animais, foi utilizado o mesmo modelo matemático do momento do exercício, divergindo apenas nos tempos de coleta pós-exercício, citados na equação como Dj. Nesta situação, as coletas ocorreram em três tempos (6, 24 e 48h pós-exercício).

Tabela 3. Protocolo de execução de exercício teste de resistência em esteira rolante.*Table 3. Resistance test execution protocol in a treadmill.*

Fases do exercício teste de resistência (80 km), fases 1 e 2									
Resistance exercise test phases (80 km) phases 1 and 2									
1º ciclo 1 st cycle	Tempo (min.) Time	Tempo (h) Time	Velocidade (m s ⁻¹) Velocity	Velocidade (km h ⁻¹) Velocity	Distância (m) Distance	Distância (km) Distance			
1º ciclo 1 st cycle	2	0,033	1,7	6,12	204	0,204			
	4	0,067	5	18	1.200	1,2			
	5*	0,083	5	18	1.500	1,5			
	2	0,033	4	14,4	480	0,48			
	10*	0,167	7	25,2	4.200	4,2			
	6	0,1	4	14,4	1.440	1,44			
	5	0,083	5	18	1.500	1,5			
	1,5	0,025	1,7	6,12	153	0,153			
2º ciclo 2 nd cycle	1,5	0,025	1,7	6,12	153	0,153			
	5	0,083	5	18	1.500	1,5			
	5*	0,083	5	18	1.500	1,5			
	5	0,083	5	18	1.500	1,5			
	5*	0,083	7	25,2	2.100	2,1			
	6	0,1	4	14,4	1.440	1,44			
	3	0,05	5	18	900	0,9			
	3	0,05	1,7	6,12	306	0,306			
Total	69	1,148			20.076	20,076			
Velocidade média (m s ⁻¹) Average velocity 4,24				Velocidade média (km h ⁻¹) Average velocity 15,255					
Fases do exercício teste de resistência (80 KM), fases 3 e 4									
Resistance exercise test phases (80 km) phases 3 and 4									
1º ciclo 1 st cycle	2	0,0333	1,7	6,12	204	0,204			
1º ciclo 1 st cycle	5	0,083	5	18	1.500	1,5			
	3*	0,05	5	18	900	0,9			
	5*	0,083	7	25,2	2.100	2,1			
	6	0,1	4	14,4	1.440	1,44			
	5	0,083	5	18	1.500	1,5			
	0,3	0,005	1,7	6,12	30,6	0,0306			
	3	0,05	1,7	6,12	306	0,306			
2º ciclo 2 nd cycle	5	0,083	5	18	1.500	1,5			
	5*	0,083	5	18	1.500	1,5			
	2	0,033	4	14,4	480	0,48			
	5*	0,083	7	25,2	2.100	2,1			
	6	0,1	3,5	12,6	1.260	1,26			
	0,3	0,005	1,7	6,12	30,6	0,0306			
	3	0,05	1,7	6,12	30,6	0,0306			
3º ciclo 3 rd cycle	0,3	0,05	1,7	6,12	30,6	0,0306			
	4	0,67	5	18	1.200	1,2			
	3*	0,05	5	18	900	0,9			
	3*	0,05	7	25,2	1.260	1,26			
	4	0,067	3,5	12,6	840	0,84			
	3	0,05	5	18	900	0,9			
	3	0,05	1,7	6,12	306	0,306			
Total	48,9	1,8613			20.287,8	20,2878			
Velocidade média (m s ⁻¹) Average velocity 4,105				Velocidade média (km h ⁻¹) Average velocity 14,77					
Tempo total do teste Total time of the test		6,02			80,73				

*Esteira inclinada em 10%.

*Treadmill leaned in 10%.

A análise estatística foi realizada utilizando a metodologia de Modelos Lineares Generalizados, descrita por Nelder e Weddeburn (1972), pelo pacote estatístico GLIM. Considerando que os resultados apresentaram distribuição “ γ ” com função de ligação logarítmica, as esperanças para as variáveis independentes foram modeladas conforme a expressão: $E(Y) = e^{\eta}$, em que: $\eta = \mu + T_i + D_j + DT_{ij} + A_k T_i^{-1}$, sendo: μ = constante geral, T_i = efeito da (dietas) i , $i = 0, 6, 12, 18, 24\%$ de óleo; D_j = efeito da distância j , $j = 0, 20, 40, 60$ e 80 ; DT_{ij} = efeito da interação distância e tratamento e A_k = efeito do animal dentro das dietas.

Resultados e discussão

Observou-se efeito ($p < 0,05$) da adição de óleo e da distância percorrida sobre as variáveis AST e CK, que apresentaram as respectivas expressões: $AST = e^{(7,045 - 0,2292x + 0,007991x^2 - 0,008517z - 0,0003282xz)}$ e $CK = e^{(8,06 - 0,07020x + 0,05546x^2 - 0,001262z + 0,01204z^2 + 0,0006207xz)}$, expressas nas Figuras 1 e 2.

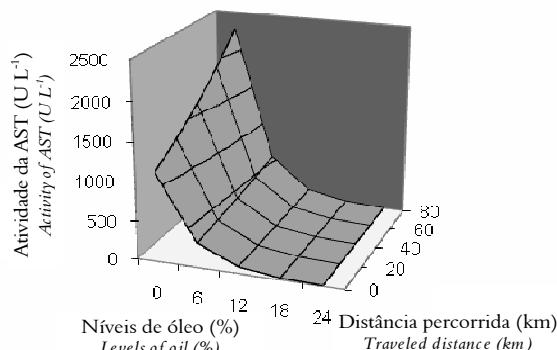


Figura 1. Atividade da AST ($U L^{-1}$) de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos a teste de esforço de 80 km em esteira rolante.

Figure 1. AST ($U L^{-1}$) activity in equines fed diets with different levels of soybean oil submitted to an 80 Km effort test in a treadmill.

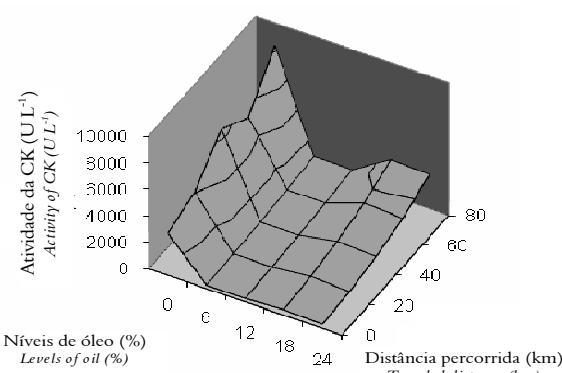


Figura 2. Atividade da CK ($U L^{-1}$) de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos a teste de esforço de 80 km em esteira rolante.

Figure 2. CK ($U L^{-1}$) activity in equines fed diets with different levels of soybean oil submitted to an 80 km effort test in a treadmill.

No presente estudo, a aplicação do modelo linear generalizado foi atribuída à grande variação da concentração plasmática das enzimas estudadas, tanto entre animais do mesmo tratamento como entre tratamentos, fazendo com que os dados não apresentassem distribuição normal. Valberg *et al.* (1993), Hargreaves *et al.* (2002) e Harris *et al.* (1998) não consideraram tal variação, analisando os dados como se estes apresentassem distribuição normal, ocasionando interpretações equivocadas. Os autores supracitados observaram que seus dados não apresentavam distribuição normal e passaram por transformação logarítmica para serem analisados, semelhantemente ao ocorrido no presente experimento. No presente trabalho, observou-se grande variação na atividade das enzimas CK e AST entre indivíduos; houve dificuldade em estabelecer o padrão “normal” para cada indivíduo, sendo necessário, então, observar os valores plasmáticos basais das enzimas e depois o seu comportamento ao longo do protocolo experimental. Para a determinação de valores normais, tidos como referência, existe divergência entre os autores.

A enzima CK apresentou aumento de atividade com o aumento da distância percorrida, enquanto a enzima AST apresentou aumento notadamente apenas nos animais que receberam a dieta-controle, sem adição de óleo. Variações enzimáticas semelhantes também foram observadas por Muñoz *et al.* (2002), Valberg *et al.* (1993), Harris *et al.* (1998) e Hargreaves *et al.* (2002). A principal diferença entre os resultados pode ser atribuída à forma de análise estatística de cada experimento, bem como ao protocolo experimental utilizado em cada um deles. Não existe uniformidade quanto a raças e tipos de exercício, o que leva a uma acentuada variação entre os dados da literatura.

Concordando com Harris *et al.* (1990) e Muñoz *et al.* (2002), valores elevados de atividade enzimática foram observados nas fêmeas utilizadas no presente trabalho. Considerando que a relação entre fêmeas e machos foi de 13 para sete, sugere-se que este fato possa ter contribuído para os elevados valores enzimáticos encontrados no presente estudo.

Nove animais experimentais, entre eles oito fêmeas e um macho, apresentaram atividades elevadas de CK, e, nestes animais, a variação da concentração de lactato (LA) inicial e final foi de 21% para os animais que não apresentaram atividade elevadas e 72% para animais com atividade elevada. Não foi observado efeito das dietas sobre a variável lactato, Lactato ($e^{(-0,9856 + 0,006353z + 0,0006695z^2 - 0,00000834z^3)}$) (Figura 3). Concordando com Harris *et al.* (1998), o

aumento das concentrações sanguíneas de lactato pode ter contribuído para o aumento da permeabilidade celular por ter promovido modificação no pH celular e, assim, na estrutura de membrana.

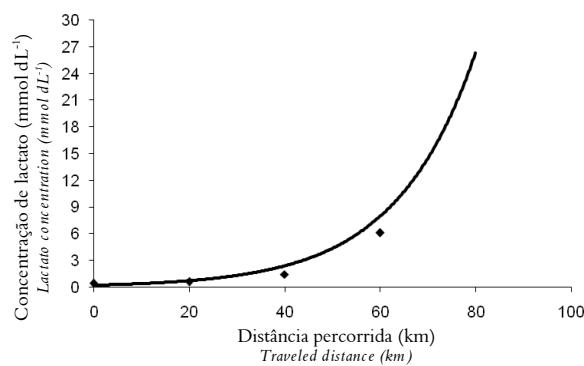


Figura 3. Concentração estimada de lactato de equinos recebendo dietas com níveis crescentes de óleo submetidos teste de esforço de 80 km em esteira rolante.

Figure 3. Estimate Lactate concentration of equines receiving diets with soybean oil increasing levels submitted to an 80 km effort test in a treadmill.

Segundo Muñoz et al. (2002), as características do programa de treinamento aplicado ao animal podem influenciar a atividade enzimática. Shelle et al. (1985) citam que a intensidade do exercício pode ser um fator importante no extravasamento celular, bem como a aptidão do animal ao exercício. Sendo o exercício de resistência um exercício intenso, pode-se atribuir à intensidade do exercício o aumento das atividades enzimáticas obtidas no presente experimento. A adaptação ao treinamento, bem como a aptidão dos animais ao exercício de resistência pode ter permitido não só o aumento da síntese enzimática, como também a modulação da atividade enzimática, garantindo que não tenha ocorrido aumento acentuado na atividade das enzimas CK e AST durante o exercício.

Poso e Oksanen (1983) citam que a CK aumenta em exercícios intensos, enquanto em trabalhos mais leves o aumento não é significativo. Estes dados respaldam a afirmação de que a intensidade do exercício utilizada no presente experimento gerou aumentos significativos na atividade plasmática das enzimas.

Valberg et al. (1993), trabalhando com animais em exercício submáximo, observaram aumento não-significativo da atividade plasmática da AST, enquanto a atividade da CK aumentou significativamente após o exercício; animais que sofreram necrose das fibras do tipo II apresentaram aumento da atividade dessas enzimas no plasma. Segundo Lewis (2000), animais da raça Árabe

apresentam predominância das fibras do tipo IIA (50%), seguidas do Tipo IIB (30%) e do tipo I (20%). Como os animais utilizados no presente experimento foram da raça Árabe, o tipo de fibra muscular pode ter contribuído para a obtenção dos valores plasmáticos de atividade enzimática. Existe maior contribuição das fibras do tipo IIA e, como o teste de esforço de 80 km foi de grande intensidade, podem ter ocorrido injúrias às fibras do tipo II, contribuindo para o aumento da atividade plasmática dessas enzimas neste estudo.

Jackson et al. (1984) apud Valberg et al. (1993), relataram que a lesão da musculatura nas fibras do tipo II pode também ser atribuída à produção de creatina fosfato e de ATP. Este fato pode, ainda, explicar as maiores atividades da CK nos animais do tratamento-controle. A atividade elevada da CK, em conjunto com a maior produção de lactato, indicou que, nos equinos alimentados sem adição de óleo, o metabolismo preferencial é glicolítico.

No presente experimento, ocorreu redução na atividade das enzimas à medida que o óleo de soja foi adicionado à dieta. Segundo Baldissera (1997), a adição de óleo à dieta favorece o metabolismo oxidativo. A atuação conjunta da adaptação do animal a esta fonte de energia dietética e o treinamento em metabolismo aeróbico favorece a oxidação dos lipídios em detrimento dos carboidratos.

Duren (2000) cita que animais treinados e suplementados com óleo na dieta apresentam sistema enzimático voltado para utilizar essa fonte, poupano, assim, o glicogênio muscular. Pode-se sugerir que os animais do presente experimento permaneceram em metabolismo oxidativo predominante, com base no pequeno aumento nos níveis plasmáticos de lactato, forma não-expressiva, ao longo do exercício, e na não-depleção da glicose sanguínea observados (Figura 4).

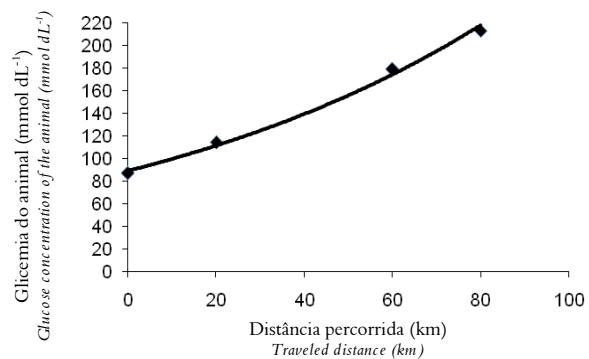


Figura 4. Glicemia estimada de equinos recebendo dietas com níveis crescentes de óleo submetidos a teste de esforço de 80 km em esteira rolante.

Figure 4. Estimate glucose concentration of equines receiving increasing soybean oil levels submitted an 80 km effort test in a treadmill.

No tratamento-controle, sem adição de óleo, sugere-se que a principal via de geração de energia tenha sido a glicolítica. Assim, a reposição de intermediários de rota metabólica é constante e torna importante a participação da AST, uma vez que esta enzima atua na lança-deira de malato, atuando ativamente na fosforilação oxidativa.

Semelhantemente ao observado no presente experimento com a atividade da AST, a CK também apresentou atividade plasmática aumentada nos animais recebendo dietas sem adição de óleo, apresentando ainda dois pontos de maiores atividades enzimáticas nas distâncias de 40 e 80 km.

Como a atividade enzimática da CK foi analisada por kit bioquímico, que é cinético, observa-se sequência de acontecimento, e avaliou-se a atuação da CK sobre a creatina fosfato na presença de ADP; como resultado dessa atuação existe a formação de ATP e glicose. Como o ATP é transformado em ADP, sobre a ação da hexoquinase, e a glicose em glicose-6-fosfato, que, por sua vez, reagirá com o NAD formando NADH e 6-fosfoglucano, ocorreu aumento da absorbância da amostra. Como a atividade da enzima é lida como resultado da sequência supracitada, pode-se concluir que os dados obtidos de atividade plasmática de CK no presente trabalho sugerem que esta enzima apresenta papel ativo principalmente no metabolismo glicolítico.

Kronfeld *et al.* (1994) sugerem que a taxa de glicólise é diminuída após a adaptação à dieta com óleo, pelo aumento do citrato promovido pela oxidação de ácidos graxos. Aumentos nas concentrações de citrato inibem a fosfofrutoquinase, enzima limitante do ciclo de Krebs. Limitações na atividade dessa enzima causam acúmulo de glicose-6-P, a qual fará um *feedback* negativo na utilização de glicose e de glicogênio, gerando, assim, o efeito poupador de glicogênio. Em função dessas considerações, pode-se sugerir que a atividade da CK seja indiretamente modulada pelo fornecimento de óleo e que a utilização de lipídios deprime a atividade dessa enzima, evidenciada pela interação significativa ($p < 0,05$) entre os níveis de óleo e a atividade da CK obtida no presente estudo.

Com o decorrer do exercício, maiores demandas energéticas são apresentadas. Com isso, observa-se maior recrutamento das fibras do tipo IIB. Segundo Yamashita e Yoshika (1991), a maior atividade da CK está presente nas fibras do tipo IIB, ressaltando a importância desta no metabolismo energético, fato que elucida, no presente trabalho, as maiores atividades nos 40 e 80 km percorridos.

Neste estudo, a distância em que os animais apresentaram maior desgaste físico foi aos 40 km do exercício percorrido. Nesse ponto, os animais apresentaram sudorese intensa e demonstraram maior dificuldade de cumprir o protocolo experimental estabelecido (80 km). Igualmente, observou-se maior atividade plasmática das enzimas CK e AST.

Outro ponto de maior atividade foi observado na distância de 80 km percorridos, momento em que os animais estariam utilizando todas as reservas energéticas para finalizar a atividade a que haviam sido submetidos.

No período de recuperação dos animais ao exercício, também foi observado efeito ($p < 0,05$) da adição de óleo nas dietas, bem como do tempo de recuperação pós-exercício para ambas as enzimas (Figuras 5 e 6). As equações obtidas foram: AST $e^{(7,688-0,2532x_1+0,007933x_2-0,009779z+0,00007415z^2+0,0002986zx)}$ e CK $e^{(8,362-0,1206x_1+0,003463x_2-0,07501z+0,0008117z^2+0,0006261zx)}$.

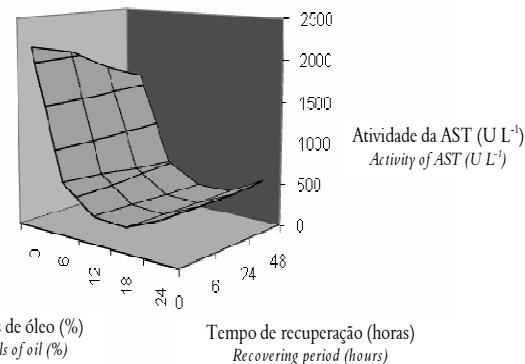


Figura 5. Atividade da AST ($U L^{-1}$) no período de recuperação de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos a teste de esforço de 80 km em esteira rolante.

Figure 5. The AST ($U L^{-1}$) activity in a recovering period in equines fed diets with different levels of soybean oil submitted to an 80 km effort test in a treadmill.

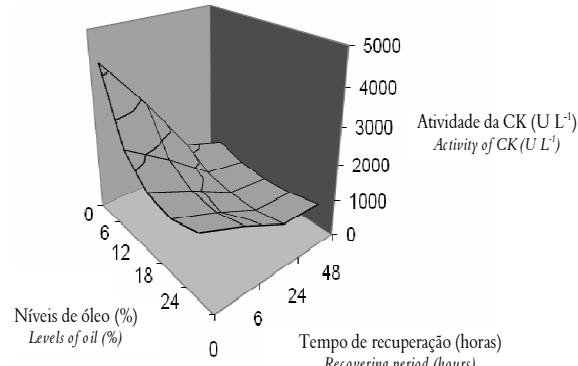


Figura 6. Atividade da CK ($U L^{-1}$) no período de recuperação de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos a teste de resistência de 80 km em esteira rolante.

Figure 6. CK ($U L^{-1}$) activity in a recovering period in equines fed diets with different levels of soybean oil submitted to an 80 km resistance test in a treadmill.

Foi considerado o ponto zero a última coleta após a prova de enduro, e o valor foi considerado elevado. Para a variável AST, observou-se sensível diminuição da atividade enzimática nos animais consumindo a dieta-controle, sem adição de óleo, e sensível aumento de atividade nos animais consumindo a dieta com inclusão de 24% de óleo no concentrado.

Para a CK, observou-se acentuada queda na atividade da enzima nos animais consumindo a dieta-controle e sensível aumento de atividade nos animais consumindo dietas com níveis de óleo superiores a 18% no concentrado. Pode-se atribuir o sensível aumento na atividade enzimática, após 24h de recuperação, ao fato de que os animais permaneceram a pasto e, com isso, pode ter ocorrido influência da atividade voluntária de cada animal sobre as variáveis.

Outro fator que contribui sobremaneira para que a atividade enzimática permaneça elevada após o exercício é o tempo de meia vida das enzimas: da CK foi de 108min e de 123 ± 28 min. com depuração plasmática de $0,36 \pm 0,1$ mL kg⁻¹ por min. (Wolfinger et al., 1994) e da AST foi de sete a dez dias (Valberg et al., 1993).

No presente estudo, a atividade da AST não apresentou variações acentuadas, resultados que concordam com Valberg et al. (1993). Já para a CK, as variações foram acentuadas; com isso, podem-se observar grandes diferenças no período de recuperação. Mesmo após a recuperação de 48h, as atividades enzimáticas observadas no presente experimento não retornaram aos valores basais, obtidos antes do início do exercício. Harris et al. (1998) também observaram valores ainda elevados após o exercício e o não-retorno aos valores basais após 24h de descanso, porém observaram decréscimo acentuado da atividade da CK e decréscimo sensível da atividade da AST, concordando com os resultados obtidos neste experimento.

Como a variável AST não é músculo específica, o aumento no pós-exercício pode indicar dano em outros tecidos também, pois, além de apresentar tempo de meia vida superior, apresentou sensível diminuição de valores plasmáticos no presente experimento, concordando com o descrito por Harris et al. (1998).

Conclusão

A adição de óleo à dieta atua de forma benéfica no trabalho muscular dos equinos por diminuir a atividade das enzimas AST e CK, quando foram utilizados concentrados com níveis superiores a

6% de óleo. A diminuição das atividades dessas enzimas sugere maior aproveitamento da fonte lipídica da dieta, em detrimento das reservas corpóreas de glicogênio e glicose, e, com isso, menor desgaste e maior capacidade de recuperação do animal.

Referências

- BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A Simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Madison, v. 32, n. 10, p. 1798-2000, 2000.
- BALDISSERA, V. Fisiologia do exercício para eqüinos. *Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG*, Belo Horizonte, v. 21, p. 39-57, 1997.
- DUREN, S. Feeding the endurance horse. In: PAGAN, J.D. (Ed.). *Advances in equine nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press, 2000. p. 351-363.
- FRAPE, D.L. Diet and exercise performance in the horse. *Proc. Nutr. Soc.*, Cambridge v. 53, n. 1, p. 189-206, 1994.
- GEOR, R.J. Role of dietary energy source in the expression of chronic exertional myopathies in horses. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 83, E suppl., p. E32-E36, 2005.
- HARGREAVES, B.J. et al. Antioxidant status and muscle cell leakage during endurance exercise. *Equine Vet. J.*, London, v. 34, suppl., p. 116-121, 2002.
- HARRIS, P. et al. Some Factors influencing plasma AST/CK activities in thoroughbred racehorses. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Madison, v. 21, p. 66-71, 1990.
- HARRIS, P. et al. Plasma aspartate aminotransferase and creatine kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. *Vet. J.*, London, v. 155, p. 295-304, 1998.
- KRONFELD, D.S. et al. Acid-base responses of fat-adapted horses: relevance of hard work in the heat. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, Amsterdam, v. 59, n. 1/3, p. 61-72, 1994.
- LEWIS, L.L. *Nutrição clínica do cavalo*. São Paulo: Roca, 2000.
- MCKENZIE, E.C. et al. A review of dietary fat supplementation in horses with exertional rhabdomyolysis. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AAEP, 48., 2002, Orlando. *Proceedings...* Orlando: AAEP, 2002. p. 381-386.
- MUÑOZ, A. et al. Effect of training duration and exercise on blood-borne substrates, plasma lactate and enzyme concentrations in Andalusian, Anglo-Arabian and Arabian breeds. *Equine Vet. J.*, London, v. 34, n. 6, p. 245-251, 2002.
- NRC-National Research Council. *Nutrients requirements of horses*. 5. ed. rev. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989.
- NELDER, J.; WEDDEBURN, R.W. Generalized linear models. *J. Royal Statist. Soc.*, [s/l], n. 135, p. 370-384, 1972.
- POSO, A.R.; OKSANEN, H.E. The effect of exercise on blood parameters in standardbred and Finnish bred horses. *Acta Vet. Scand.*, Copenhagen, v. 24, n. 2, p. 170, 1983.

SHELLE, JE., et al. Blood parameters as a result of conditioning horses through short strenuous exercise bouts. In: EQUINE NUTRITIONAL PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 9., 1985, East Lansing. *Proceeding...* East Lansing: Equine Nutrition and Physiology Society, 1985. p. 206.

TEGTBUR, U. et al. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and Catabolism During Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Madison, v. 25, p. 620-7, 1993.

VALBERG, S. et al., Muscle histopathology and plasma aspartate aminotransferase, creatine Kinase and myoglobin changes with exercise in hith recurrent exertional rhabdomyolysis. *Equine Vet.J.*, [s/l], v. 25, p. 11-16, 1993.

VOLFINGER, L. et al. Kinetic evaluation of muscle damage during exercise by calculation of amount of creatine Kinase released. *Am. J. Physiol.*, [s/l], v. 351, p. 434-442, 1994.

YAMASHITA, K.; YOSHIKA, T. Profiles of creatine Kinase isoenzyme compositions in single muscle fibres of different types. *J. Muscle Res. Cell Motil.*, Dordrecht, v. 12, n. 1, p. 37-44, 1991.

Received on August 22, 2007.

Accepted on September 03, 2008.