Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia
ISSN: 1982-1263 www.pubvet.com.br

Atividade sérica das enzimas creatina quinase e aspartato amino transferase em equinos submetidos a duas modalidades esportivas

Thais Helena Constantino Patelli[1], Francisco Armando de Azevedo Souza[2], Mauro José Lahm Cardoso[3]*, Rafael Fagnani[4], Aurélio Rodrigues Silva[5], Amanda Fernanda Nascimento[5],

[1]*Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Norte do Paraná, UENP, Bandeirantes, PR, Brasil. E-mail: thaispatelli@uenp.edu.br.*
[2]*Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Norte do Paraná, UENP, Bandeirantes, PR, Brasil. E-mail: faas@uenp.edu.br..*
[3]*Departamento de Clínicas Veterinárias, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR. Brasil. E-mail: maurolahm@gmail.com*
[4]*Professor do Mestrado em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados, Universidade do Norte do Paraná (UNOPAR), Londrina, PR, Brasil. E-mail: rafaelfagnani@hotmail.com*
[5]*Discente do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, Bandeirantes, PR.*
**Autor para correspondência*

RESUMO. O presente estudo objetivou avaliar o comportamento das enzimas creatina quinase (CK) e aspartato amino transferase (AST) antes e imediatamente após o desafio das provas atléticas de apartação e três tambores e a influência do sexo. Foram utilizados 41 equinos da raça Quarto de Milha, sendo 20 animais destinados à prova de apartação e 21 animais para a prova de três tambores. Amostras de sangue foram obtidas dos animais duas horas antes das provas e no máximo cinco minutos após para determinação das enzimas. Os resultados permitiram concluir que a atividade sérica das enzimas CK e AST foi significativamente mais elevada após as provas de apartação e três tambores e que os valores de AST foram mais elevados nas fêmeas e os valores séricos de CK foram menores nos machos não castrados em relação aos machos e às fêmeas.

Palavras chave: bioquímica sérica, cavalos, enzimas musculares, exercício.

Serum activities of aspartate amino transferase, creatine kinase in equine subjected two competitions

ABSTRACT. The present study aimed to evaluate the behavior of the enzymes creatine kinase (CK) and aspartate amino transferase (AST) before and immediately after Team Penning and Barrel race competitions and the influence of sex. Were used 41 Quarter Horses, with 20 animals for Team Penning competition and 21 for Barrel race. Blood samples were obtained from animals two hours before and five minutes after the race for enzymes determination. The results showed that the serum CK and AST activity were significantly higher after the exercises. The serum AST activity was higher in female and the serum activity was lower in castrated males compared to non-castrated males and females.

Keywords: serum biochemistry, muscular enzyme, exercise, equine.

Introdução

A avaliação do desempenho dos cavalos atletas é fundamental para o reconhecimento de suas habilidades e a intensidade de exercício mais adequada em diferentes fases de treinamento. O exercício causa alterações reversíveis na ultraestrutura do músculo esquelético equino, como elevações na permeabilidade do sarcolema e das proteínas musculares, como creatina quinase (CK), aspartato amino transferase (AST) e mioglobina que são liberadas na circulação (Mc Cutcheon et al., 1992).

A creatina quinase (CK) é uma enzima de alta especificidade para lesões musculares, sendo encontrada principalmente no citosol das células dos músculos esquelético e cardíaco, mas também nos rins, cérebro, diafragma, trato gastrintestinal, útero e bexiga urinária (Valberg, 1996). Esta enzima catalisa a fosforilação da adenosina difosfato (ADP) do fosfato de creatina, tornando a ATP disponível para a contração muscular (Purchas et al., 2004). Thomassian et al. (2007) relataram que o pico de CK ocorre 6 horas após o exercício, e que após esse período os valores são semelhantes ao de repouso.

A aspartato amino transferase (AST) é uma enzima com meia-vida de aproximadamente sete a oito dias, com atividade nos hepatócitos e fibras musculares. A AST é responsável por catalisar a transaminação de L-aspartato e alfa-cetoglutarato em oxalacetato e glutamato, é encontrada em quase todos os tecidos, principalmente no fígado e músculos (Purchas et al., 2004).

Embora a CK seja mais específica para a necrose muscular do que a AST, a determinação simultânea de AST e CK em equinos representa valioso potencial diagnóstico e auxílio no prognóstico, em razão das diferentes taxas de desaparecimento de suas atividades no soro ou no plasma. A atividade sérica da CK fornece avaliação das lesões musculares, entre elas, as provocadas pelo exercício (Kingston, 2008). Thomassian et al. (2007) relataram que o pico desta enzima ocorreu entre 12 e 24 horas após os animais terem sido submetidos ao exercício.

Apartação é uma modalidade que tem duração de 2 minutos e 30 segundos. Durante o decorrer da prova pode-se retirar no máximo três rezes do rebanho. A prova de três tambores é uma prova de alta velocidade e consiste em realizar o percurso com três tambores dispostos em formato de triângulo no menor tempo possível em uma pista de 40 x 90 metros.

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência das provas de apartação e três tambores e do sexo na atividade sérica das enzimas CK e AST de equinos da raça Quarto de Milha, antes e após as provas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante os eventos da Associação Brasileira de Criadores de Cavalo Quarto de Milha (ABQM). Foram utilizados 41 equinos da raça Quarto de Milha, com idades entre 4 e 11 anos, divididos de acordo com a modalidade, sendo 20 animais destinados à prova de Apartação (GA) e 21 destinados à prova de Três Tambores (GTT); do total, 14 machos não castrados, 19 fêmeas e 8 machos castrados. Todos os animais selecionados eram submetidos ao mesmo programa de treinamento (quatro dias na semana) e estavam em treinamento há pelo menos dois anos.

Amostras de sangue foram coletadas duas horas antes do início das atividades atléticas (T0) com os animais na baia e em repouso, e no máximo cinco minutos após a realização das provas (T1). No momento da colheita foi realizada assepsia com álcool 70° e 5 mL foram obtidos por venopunção da jugular externa, com agulhas hipodérmicas acopladas a tubos com sistema a vácuo. Após a colheita, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos para separação do soro e posteriormente armazenadas a -15°C em tubos plásticos até o momento das análises. Os animais não tinham histórico de injeções intramusculares ou traumas recentes. As atividades séricas das enzimas CK e AST foram determinadas no Laboratório Veterinário de Análises Clínicas da Universidade Estadual do Norte do Paraná, por meio de kits comerciais (CK-NAC® e AST Liquiform®, Labtest, Brasil), utilizando método cinético.

O delineamento experimental ponderou o efeito da prática de exercício (antes e depois) em cada modalidade de prova (apartação e três tambores) sobre a atividade sérica das enzimas CK e AST. O efeito do sexo dos animais (machos não castrados, castrados e fêmeas) sobre as variáveis (CK e AST) também foi analisado.

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade, não apresentando distribuição normal segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov. Dessa forma, as comparações antes e após os exercícios foram feitas pelo teste de Wilcoxon, e as comparações entre os sexos pelo teste de Mann-Whitney. Todas as análises foram realizadas no programa Estatística 7.0 (SAS, 2004) com 5% de significância.

Resultados e Discussão

Neste estudo verificou-se que os valores séricos de CK e AST dos animais em repouso foram superiores aos valores de referência descritos na literatura (Purchas et al., 2004, Oliveira et al., 2012, Thomassian et al., 2007, Toledo et al., 2001). Alguns equinos podem

apresentar altas atividades enzimáticas fisiológicas de CK ou maior sensibilidade à permeabilidade do sarcolema frente a estímulo semelhante em outros animais (Harris et al., 1990).

De acordo com a Tabela 1, observa-se que a atividade física influenciou nos valores séricos de CK e AST, que se apresentaram mais elevados após o exercício.

Tabela 1. Mediana (*Mdn*), quartis (Q), média ($\bar{X}$), desvio padrão (Dp), valores mínimos e máximos (⊢) da atividade sérica de aspartato amino transferase (AST) e creatina quinase (CK) em equinos da raça Quarto de Milha antes (T0) e após (T1) atividade física.

	T0			T1		
	Mdn	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp	*Mdn*	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp
AST (U/L) (n=41)	413,0a	361-560	452,7±130,6 246,0⊢759,0	471,0b	410-612	522,5±142,2 300,0⊢874,0
CK (U/L) (n=41)	393,6a	311-467	392,5±137,7 164,0⊢820,0	500,3b	405-590,3	535±188,0 221,4⊢992,1

Medianas seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferença segundo o teste de Wilcoxon (P<0,05).

As elevações das atividades enzimáticas encontradas podem ser consideradas de pequena magnitude e predominantemente decorrentes do processo de aumento da permeabilidade da membrana celular e não de sua ruptura. De acordo com Harris et al. (1990), a porcentagem das atividades da CK e AST séricas não deve elevar-se respectivamente mais de 250% e 50% dos valores de repouso, duas horas após um teste de exercício submáximo, seja qual for a aptidão atlética do equino. No presente trabalho, não foi possível avaliar a atividade sérica destas enzimas por um período mais prolongado, pois as modalidades em questão exigem rápido fluxo de animais entre as provas.

Apesar do conhecimento sobre a meia vida destas enzimas na circulação, ainda são duvidosas as informações a respeito de suas atividades em diversas categorias de animais, submetidos a diferentes tipos e graus de exercícios (Baptistella, 2010).

Com relação à atividade sérica de CK, houve diferença antes a após as provas de apartação e três tambores, mas não houve diferença em relação ao tipo de prova (Tabela 2). A elevação da atividade desta enzima, segundo Harris et al. (1990) pode ser fisiológica, por remoção mais lenta das enzimas da circulação ou por alguns animais apresentarem maior sensibilidade quanto à permeabilidade da membrana da célula muscular. Sabe-se também que a permeabilidade do sarcolema aumenta durante o exercício e a CK e AST podem escoar para o plasma (Valberg, 1996). Exercícios de alta intensidade podem resultar em aumento considerável da atividade da CK (>1000 UI/L), sem indicar lesão muscular. Porém, esse aumento normalmente não ultrapassa 5000 UI/L (Valberg, 1996).

Tabela 2. Mediana (*Mdn*), quartis (Q), média ($\bar{X}$), desvio padrão (Dp) e valores mínimos e máximos (⊢) da atividade sérica de creatina quinase (CK) nos grupos das modalidades Apartação (GA) e Três Tambores (GTT), antes (T0) e após (T1) as provas.

	CK – T0 (U/L)			CK – T1 (U/L)		
	Mdn	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp	*Mdn*	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp
GA (n=20)	422,2a	385,4-471,4	426,7±121,7 205,0⊢819,9	524,7b	459,1-610,8	559,0±162,0 328,0⊢811,7
GTT (n=21)	369,0a	262,4-426,3	359,0±146,8 164,0⊢746,1	450,9b	377,2-590,3	512,4±210,0 221,4⊢992,1

Medianas seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferença segundo o teste de Wilcoxon (P<0,05).

O aumento da atividade sérica de CK, após o exercício foi observado por Martins et al. (2005) seis horas após prova de enduro e por Caiado et al. (2011) que reportaram discreto incremento na atividade de CK após a prova da modalidade *Team Roping*. Entretanto, alguns autores não observaram elevações nos valores séricos desta enzima após a atividade física, como Ribeiro et al. (2004) em equinos submetidos à prova de resistência; Matrone et al. (2007) em equinos da raça Puro Sangue Inglês; Lopes et al. (2009) em equinos mestiços Quarto de Milha em provas de vaquejada; Oliveira et al. (2012) em equinos da raça Puro Sangue Lusitano em treinamento físico de rotina e Gama et al. (2012) em equinos da raça Mangalarga Marchador. Embora um treinamento progressivo possa provocar redução nos níveis séricos de CK como resultado de adaptação do músculo ao exercício, esta enzima tem aumento de sua atividade em períodos relativamente curtos e sob exercícios intensos, fato que pode explicar a sua elevação após as provas das modalidades avaliadas neste trabalho.

Na Tabela 3, observa-se pelas medianas que houve diferença significativa nos valores de AST apenas na modalidade apartação, com elevação da atividade sérica desta enzima após o exercício. Ao comparar diferentes tipos de exercícios, Siciliano et al. (1995) observaram que atividades séricas de CK e AST foram mais elevadas após exercícios de repetição quando comparados a exercícios de curta duração. Ribeiro et al. (2004) observaram variação significativa na atividade enzimática de AST durante uma cavalgada de 76 km utilizando muares, sendo encontrados valores entre 281,0 ± 53,1 UI/L, no momento basal, a 288,0 ± 56,2 UI/L, ao final da cavalgada.

Tabela 3. Mediana (*Mdn*), quartis (Q), média ($\bar{X}$) e desvio padrão (Dp) da atividade sérica de aspartato amino transferase (AST) nos grupos das modalidades Apartação (GA) e Três Tambores (GTT), antes (T0) e após (T1) as provas.

	AST – T0 (U/L)			AST – T1 (U/L)		
	Mdn	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp	*Mdn*	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp
GA (n=20)	413,0a	350,5-565,0	461,2±143,8 251,0I-759,0	468,5b	399,5-615,0	519,5±150,2 330,0I-832,0
GTT (n=21)	413,0a	366,0-523,0	444,7±119,7246,0I-654,0	492,0b	419,0-591,0	524,4±137,8 300,0I-874,0

Medianas seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferença segundo o teste de Wilcoxon (P<0,05).

A elevação da atividade sérica da AST após as provas pode estar relacionada com o aumento da permeabilidade do sarcolema frente a exercício físico, assim como a fase de treinamento e tipo do exercício (Câmara et al., 2007) ressaltando que o mesmo libera quantidades suficientes para elevar os valores séricos de AST. Em equinos submetidos à esteira elétrica, Thomassian et al. (2007) atribuíram a elevação da atividade da AST logo após a atividade física ao processo fisiológico de transferência de fluido do espaço intravascular para o espaço extra vascular, observado durante o exercício máximo, resultando em maior concentração dessa enzima por diminuição do volume plasmático.

Os autores atribuem as elevações das atividades de CK e AST pós-exercício a animais menos condicionados quando comparados a animais com melhor condicionamento físico. Porém, provas de resistência exigem condicionamento constante, fato que possa ser negligenciado no preparo para as provas de curta duração. Segundo Duncan & Prasse (1982) um programa de treinamento adequado, que se ajusta ao condicionamento físico do equino, não leva a um aumento acentuado na concentração das enzimas de função muscular.

Em relação ao sexo, na Tabela 4, nos machos não castrados os valores de CK foram inferiores após o exercício quando comparados aos machos castrados e às fêmeas. Nossos resultados concordam com as observações de Van der Meulen et al. (1991), os quais afirmam que os hormônios sexuais podem aumentar a permeabilidade da membrana, ou seja, os andrógenos aumentam o efluxo de CK e os estrógenos inibem. Em equinos da raça Crioula, Franciscato et al. (2006) encontraram valores inferiores de CK nos machos, quando comparados às fêmeas. Embora no presente estudo não tenha havido diferença estatística nos valores de CK antes das provas nos diferentes

grupos sexuais, podemos observar pela mediana que os machos não castrados apresentaram valores inferiores desta enzima. Para Das Cãs et al. (2001) a diminuição de CK nos machos pode estar relacionada à atividade enzimática mais elevada e/ou à remoção mais lenta da circulação, ou ainda, a maior sensibilidade a agressões que alteram a permeabilidade das fibras musculares, resultando em maior incidência de rabdomiólise em fêmeas. Porém, resultados diferentes foram obtidos por Balarin et al. (2005) que observaram aumentos significativos nos valores de CK em equinos machos após o trote e o galope.

Tabela 4. Mediana (*Mdn*), quartis (Q), média ($\bar{X}$) e desvio padrão (Dp) da enzima creatina quinase (CK) dos equinos de diferentes grupos: machos não castrados (Mnc), fêmeas e machos castrados (Mc), antes (T0) e após (T1) as provas de apartação e três tambores.

	CK – T0 (U/L)			CK – T1 (U/L)		
	Mdn	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp	*Mdn*	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp
Mnc (n=14)	344,5Aa	221,4-418,1	333,8±107,2	410,0Ab	328,0-541,1	453,2±188,2
Fêmeas (n=19)	393,6Aa	311,6-500,1	417,1±160,2	500,3Bb	442,7-655,9	565±176,0
Mc (n=8)	434,5Aa	381,3-516,5	436±100,8	561,6Bb	512,4-672,3	607,7±185,1

Medianas seguidas de maiúsculas diferentes nas colunas denotam diferença pelo teste de Mann-Whitney (P<0,05). Valores seguidos de minúsculas distintas nas linhas denotam diferença pelo teste de Wilcoxon (P<0,05).

Neste trabalho, as fêmeas apresentaram valores inferiores de AST em relação aos machos e machos não castrados (Tabela 5). Das Cãs et al. (2001) e Franciscato et al. (2006) não encontraram diferenças nos valores séricos de AST em equinos machos e fêmeas da raça Crioula. Entretanto, na literatura consultada não foi possível estabelecer uma relação para os valores mais elevados de AST nas fêmeas, necessitando de novos estudos.

Tabela 5. Mediana (*Mdn*), quartis (Q), média ($\bar{X}$) e desvio padrão (Dp) da enzima aspartato amino transferase (AST) dos equinos de diferentes grupos: machos não castrados (Mnc), fêmeas e machos castrados (Mc), antes (T0) e após (T1) as provas de apartação e três tambores.

	AST – T0 (U/L)			AST – T1 (U/L)		
	Mdn	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp	*Mdn*	$Q_{1/4}$ - $Q_{3/4}$	$\bar{X}$ ± Dp
Mnc (n=14)	368,5Aa	324,0-413,0	385,1±107,9	424,0Ab	401,0-445,0	445,5±90,5
Fêmeas (n=19)	502,0Ba	382,0-597,0	499±140,4	550,0ABb	408,0-686,0	563,0±156,5
Mc (n=8)	423,5ABa	387,0-520,5	459,6±100,2	502,5Bb	465,5-599,0	558,5±139,7

Valores seguidos de maiúsculas diferentes nas colunas denotam diferença pelo teste de Mann-Whitney (P<0,05). Valores seguidos de minúsculas distintas nas linhas denotam diferença pelo teste de Wilcoxon (P<0,05).

Conclusão

Conclui-se que as provas de apartação e três tambores aumentaram a atividade sérica das enzimas AST e CK. Os machos castrados apresentaram maior atividade sérica da CK antes e depois das provas quando comparados aos não castrados e às fêmeas.

Referências Bibliográficas

Balarin, M. R. S., Lopes, R. S., Kohayagawa, A., Laposy, C. B. & Fonteque, J. H. (2005). Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-glutamiltransferase e lactato desidrogenase em eqüinos puro sangue inglês

(PSI) submetidos a exercícios de diferentes intensidades. *Semina: Ciências Agrárias*, 26**,** 211-218.

Baptistella, M. F. (2010). Atividade sérica das enzimas Aspartato Amino transferase, Creatinoquinase e Lactato Desidrogenase em equinos submetidos a diferentes intensidades de exercício. *Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente*, 12**,** 33-42.

Caiado, J. C. C., Pissinate, G. L., Souza, V. R. C., Fonseca, L. A. & Coelho, C. S. (2011). Lactacidemia e concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase em equinos da raça Quarto de Milha usados em provas de laço em dupla. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 31**,** 452-458.

Câmara, S. I. A., Dias, R. V. & Soto-Blanco, B. (2007). Determinação das atividades séricas de creatina quinase, lactato desidrogenase e aspartato aminotransferase em eqüinos de diferentes categorias de atividade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 59**,** 250-252.

Das Cãs, E. L., Brass, K. E., Greig, C. R., Deprá, N. M. & Silva, C. A. M. (2001). Concentrações de creatino quinase, aspartato aminotransferase e desidrogenase lática em potros do nascimento até os seis meses de idade. *Ciência Rural*, 31**,** 1003-1006.

Duncan, J. & Prasse, K. (1982). *Patologia clínica veterinária*. UFSM, Santa Maria.

Franciscato, C., Lopes, S. T. A., Veiga, A., Martins, D. B., Emanuelli, M. P. & Oliveira, L. S. S. (2006). Atividade sérica das enzimas AST, CK e GGT em cavalos Crioulos. *Pesquisas Agropecuárias Brasileira*, 41**,** 1561-1565.

Gama, J. A. N., Souza, M., Pereira Neto, E., Souza, V. C. & Coelho, C. S. (2012). Concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase e concentrações plasmaticas de lactato em equinos da raça Mangalarga Marchador após exercício físico. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 49**,** 480-486.

Harris, P. A., Snow, D. H., Greet, T. R. C. & Rossdale, P. D. (1990). Some factors influencing plasma AST/CK activities in thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 22**,** 66-71.

Kingston, J. K. (2008). Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. *Equine Exercise Physiology: The science of exercise in the athletic horse. Ed: WB Saunders, London.*

Lopes, K. R. F., Batista, J. S., Cunha Dias, R. V. & Soto-Blanco, B. (2009). Influência das competições de vaquejada sobre os parâmetros indicadores de estresse em equinos. *Ciência Animal Brasileira*, 10**,** 538-543.

Martins, C. B., Orozco, C. A. G., D'Angelis, F. H. F., Freitas, E. V. V., Christovão, F. G., Queiroz Neto, A. & Lacerda Neto, J. C. (2005). Determinação de variáveis bioquímicas em eqüinos antes e após a participação em prova de enduro. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 12, 62-65.

Matrone, M., Noronha, P. B., de Azevedo Noronha, T., Júnior, K. d. C. P. & Scheibel, M. (2007). Avaliação de bioquímica sérica em cavalos da raça Puro Sangue Inglês (PSI) submetidos a treinamentos de rotina no Jockey Club de São Paulo–interferência do treinamento na saúde do eqüino atleta. *Revista do Instituto de Ciências da Saúde*, 25**,** 253-256.

McCutcheon, L. J., Byrd, S. K. & Hodgson, D. R. (1992). Ultrastructural changes in skeletal muscle after fatiguing exercise. *Journal of Applied Physiology*, 72**,** 1111-1117.

Oliveira, G. I. V., Kuhawara, K. C., Laposy, C. B. & Melchert, A. (2012). Bioquímica sérica de equinos da raça Puro Sangue Lusitano antes e após exercício. *Colloquium Agrariae, 7, 14-19.*

Purchas, R. W., Rutherfurd, S. M., Pearce, P. D., Vather, R. & Wilkinson, B. H. P. (2004). Concentrations in beef and lamb of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine. *Meat Science*, 66**,** 629-637.

Ribeiro, C. R., Martins, E. A. N., Ribas, J. A. S. & Germinaro, A. (2004). Avaliação de constituintes séricos em eqüinos e muares submetidos à prova de resistência de 76km, no Pantanal do Mato Grosso, Brasil. *Ciência Rural*, 34**,** 1081-1086.

SAS. (2004). *SAS/STAT User guide, Version 9.1.2*. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.

Siciliano, P. D., Lawrence, L. M., Danielsen, K., Powell, D. & Thompson, K. N. (1995). Effect

of conditioning and exercise type on serum creatine kinase and aspartate aminotransferase activity. *Equine Veterinary Journal,* 27**,** 243-247.

Thomassian, A., Carvalho, F., Watanabe, M. J., Silveira, V. F., Alves, A. L. G., Hussni, C. A. & Nicoletti, J. L. M. (2007). Atividades séricas da aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de eqüinos submetidos ao teste padrão de exercício progressive em esteira. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science,* 44**,** 183-190.

Toledo, P. S., Júnior, M. D., Fernandes, W. R. & Magone, M. (2001). Atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatina quinase, gama-glutamiltransferase, lactato desidrogenase e glicemia de cavalos da raça PSI submetidos a exercícios de diferentes intensidades. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária,* 8**,** 73-77.

Valberg, S. J. (1996). Muscular causes of exercise intolerance in horses. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice,* 12**,** 495-515.

Van der Meulen, J. H., Kuipers, H. & Drukker, J. (1991). Relationship between exercise-induced muscle damage and enzyme release in rats. *Journal of Applied Physiology,* 71**,** 999-1004.

Article History:
Received 3 May, 2016
Accepted 24 May, 2016
Available online 30 June, 2016

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited