

Expressão do Mg⁺², CK, AST e LDH em equinos finalistas de provas de enduro¹

Juliana V.F. Sales², Cinthia B.S. Dumont², Ceci R. Leite², Júlia M. Moraes²,
Roberta F. Godoy² e Eduardo M.M. Lima^{2*}

ABSTRACT.- Sales J.V.F., Dumont C.B.S., Leite C.R., Moraes J.M., Godoy R.F. & Lima E.M.M. 2013. [Endurance horses finalists: Expression of Mg⁺², CK, AST and LDH in horse finalists of endurance race.] Expressão do Mg⁺², CK, AST e LDH em equinos finalistas de provas de enduro. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 33(1):105-110. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, ICC Ala Sul, Campus Darcy Ribeiro, Cx. Postal 4508, Brasília, DF 70760-701, Brazil. E-mail: limaemm@unb.br

In recent years, due to rising competitive demands, the equine athlete is being increasingly required. Thus, the demands for high performance have fostered interest in the study of pathophysiology of various horse diseases. The relationship between magnesium and exercise has received significant attention because this ion is closely related with the skeletal muscle tissue. Moreover, among the main strategies for the detection and monitoring of clinical muscle damage, features the evaluation of the activity of the enzymes creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH) and aspartate aminotransferase (AST). The search for the establishment of parameters that relate to each other is a determining factor in understanding the physiological changes found on athletic horses in effort. Thus, this study aimed to determine how the blood concentrations of magnesium ion and the enzymatic activities of the enzymes CK, LDH and AST behave in Arabian finalist horses in endurance races of 90km and to relate possible changes to the type of physical effort played by animals. It was evaluated the enzymatic activities of the enzymes CK, LDH, AST e the concentration of the ion magnesium in exercise in relation to the rest state of 14 clinically healthy Arabian horses, 9 males and 5 females, with ages ranging from 6 to 12 years, undergoing endurance training and participants in 90 km distance rides. All variables evaluated had an increase with statistical differences in relation to rest. The physical endurance exercise determined the occurrence of changes in enzyme activities of CK ($p \leq 0.001$), LDH ($p = 0.0001$), AST ($p = 0.0007$) and in the concentration of magnesium ion ($p = 0.0004$), in exercise in relation to rest ($p \leq 0.05$). Fact that determined changes in permeability of striated skeletal muscle cells, suggesting the establishment of an acute inflammatory process. Mainly due to the expression of enzymatic activity of CK ($p \leq 0.001$), for its specificity in relation to the damage to skeletal striated muscles, along with the magnesium ion ($p = 0.0004$) that actively acts in various cellular reactions. There were changes in total plasma protein concentrations ($p = 0.0009$) and hematocrit ($p = 0.0001$), between the evaluated moments. Therefore, these results serve as a reference of support equine finalists in an endurance race of 90 km, aiding in the prevention of the occurrence muscle damage and severe inflammatory processes.

INDEX TERMS: Equine athlete, striated skeletal muscle, exercise.

¹ Recebido em 5 de junho de 2012.

Aceito para publicação em 10 de dezembro de 2012.

² Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (UNB), ICC Ala Sul, Campus Darcy Ribeiro, Cx. Postal 4508, Brasília, DF 70760-701, Brasil. *Autor para correspondência: limaemm@unb.br

RESUMO.- Nos últimos anos, o equino atleta vem sendo cada vez mais requerido. Dessa forma, as exigências por alto desempenho têm fomentado o interesse pelo estudo das afecções relacionadas com a fisiopatologia de diversas enfermidades dos equinos. A relação entre o íon magnésio

e o exercício físico tem recebido atenção significativa visto que este íon está intimamente relacionado ao tecido muscular estriado esquelético. Além disso, dentre as principais estratégias para a detecção e acompanhamento clínico de lesões musculares, destacam-se a avaliação das atividades das enzimas creatino quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH) e aspartato aminotransferase (AST). A busca pelo estabelecimento de parâmetros que se relacionam entre si é um fator determinante na compreensão de alterações fisiológicas encontradas diante do esforço em equinos atletas. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo determinar como as concentrações sanguíneas do íon magnésio e as atividades enzimáticas das enzimas CK, LDH e AST comportaram-se em equinos Puro Sangue Árabe finalistas de provas de enduro de 90km e relacionar as possíveis alterações com o tipo de esforço físico desempenhado pelos animais. Foram avaliadas a atividade enzimática das enzimas CK, LDH, AST e a concentração do íon magnésio no exercício em relação ao repouso de 14 equinos clinicamente hígdidos da raça Puro Sangue Árabe, sendo 9 machos e 5 fêmeas, com idades variando entre 6 a 12 anos, submetidos a treinamento para enduro e participantes de provas de 90 km. Pode-se observar que as variáveis acima mencionadas sofreram aumento com diferença estatística em relação ao repouso. O exercício físico de enduro determinou a ocorrência de alterações nas atividades enzimáticas das enzimas CK ($p \leq 0,001$), LDH ($p = 0,0001$), AST ($p = 0,0007$) e na concentração do íon magnésio ($p = 0,0004$), no exercício em relação ao repouso ($p \leq 0,05$). Fato que determinou alteração de permeabilidade das células musculares estriadas esqueléticas, sugerindo o estabelecimento de um processo inflamatório agudo. Devido à expressão da atividade enzimática da CK ($p \leq 0,001$), por sua especificidade em relação à ocorrência de danos na musculatura estriada esquelética, juntamente com o íon magnésio ($p = 0,0004$) que participa de várias reações celulares. Houve alterações na concentração de proteína plasmática total ($p = 0,0009$) e hematócrito ($p = 0,0001$), entre os momentos avaliados. Portanto estes resultados servem como valores de referência de equinos finalistas de provas de enduro de 90 km, auxiliando na prevenção da ocorrência de possíveis danos musculares e processos inflamatórios severos.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Equino atleta, musculatura estriada esquelética, exercício.

INTRODUÇÃO

Em decorrência da maior participação da medicina esportiva equina, nas últimas décadas, pelo detrimento da utilização dos equinos como ferramenta primordial de trabalho e devido ao crescente interesse nos diversos esportes equestres, houve a expansão dos estudos relacionados ao tema (Evans 2000). A partir de então foram propostos métodos de prevenção e acompanhamento destes atletas, destacando as determinações e avaliações sanguíneas (Corrêa et al. 2010).

Devido as intensas exigências competitivas dos equinos atletas, o estudo da fisiologia do exercício vem cada vez mais se destacando como ferramenta imprescindível no

monitoramento da intensidade do treinamento e avaliação de atletas da espécie equina, sendo fundamental para promover o condicionamento físico respeitando a individualidade de cada animal, com isso, fatores como o overtraining podem ser reduzidos minimizando as lesões à nível de musculatura estriada esquelética (Ferraz 2007).

Uma importante modalidade de esporte equestre que enfatiza a resistência dos animais participantes que vêm se destacando na atualidade é o enduro equestre, atividade esportiva predominantemente aeróbica de intensidade variável e esforço prolongado (Overgaard et al. 2004, Martins et al. 2005). Pela longa duração dos exercícios nesta modalidade, a sudação se torna a principal responsável pelos desequilíbrios hidroeletrolíticos e ácido-base, visto que neste tipo de prova os animais chegam a perder entre 4 e 6% de peso corpóreo (Silva et al. 2009). Além disso, devido a intensa carga de trabalho, um dos sistemas que mais sofre com o esforço contínuo é o aparelho locomotor (Overgaard et al. 2004).

Com base no exposto, estes animais devem passar por um acompanhamento tanto em treinamentos como em provas de enduro quando se pensa em musculatura estriada esquelética visto que a mesma é demasiadamente requerida nesta modalidade.

Para avaliação dos efeitos do exercício físico sobre a musculatura, a atividade sérica das enzimas CK, AST e LDH tem sido utilizada (Lukaski 2004) visto que, a ruptura de miofibrilas pode causar extravasamento enzimático aumentando a concentração sérica da atividade destas enzimas (Harris & Mayhew 1998). De outra forma o íon magnésio tem atraído à atenção visto que o mesmo é um constituinte importante de várias reações celulares, participando ainda de várias ações catabólicas e anabólicas como, por exemplo, a glicólise, o metabolismo protéico e lipídico (Lukaski 2004). Além disso, nota-se que a perda de massa muscular estaria relacionada ao aumento de magnésio sérico logo após o exercício (Nielsen & Lukaski 2006) com isso, ao invés da diminuição do volume plasmático, a ruptura de fibras musculares foi sugerida como a causa do aumento da concentração de magnésio sérico encontrado no após o exercício (Stendig-Lindberg et al. 1999).

Levando em consideração a relação direta das atividades enzimáticas da CK, AST, LDH e do íon magnésio, com os diferentes mecanismos fisiológicos expressos diante do exercício físico em equinos atletas. O presente trabalho teve como objetivo quantificar e retratar como estes parâmetros comportam-se em equinos Puro Sangue Árabe finalistas em provas de enduro de 90 km. Oferecendo assim subsídios que auxiliem na prevenção da ocorrência de afecções decorrentes do exercício imposto.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 14 equinos, clinicamente hígdidos sendo; 9 machos e 5 fêmeas, da raça Puro Sangue Árabe, com idades variando entre 6 a 12 anos, submetidos a treinamento para enduro e participantes do campeonato regional da Federação Hípica de Brasília, em quatro provas de 90 km. O trabalho foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília (Protocolo 111.913/2009).

As coletas de sangue venoso para análise hematológica e bioquímica foram realizadas através de punção da veia jugular direita, com tubos BD Vacutainer® com e sem anticoagulante sendo imediatamente identificadas e depositadas em recipiente com gelo e água por um período máximo de quatro horas até seu processamento sendo uma coleta da amostra antes do exercício (T0) e outra imediatamente após exercício prolongado de enduro (TF).

A avaliação no T0 teve como base os animais no próprio haras, em dias previamente estabelecidos, aproximadamente uma semana antes da prova de enduro, evitando-se que os animais fossem exercitados, sendo realizado exame clínico completo e obtenção do peso corpóreo por meio da balança MGR 3000 Toledo. A avaliação no TF ocorreu no local de realização da prova, ao término do último anel da competição, cinco minutos após a inspeção veterinária oficial (vet-check).

O hematócrito e a proteína plasmática total foram quantificados empregando-se o contador automático de células (Abacus Junior Vet. Diatron, São Paulo, SP). Vale ainda ressaltar que a higidez foi comprovada por avaliação clínica e hematológica através da realização de hemograma completo e testes bioquímicos empregando analisador semi-automático (Bio 2000 – Bio plus, São Paulo, SP, Brasil) e ainda fazendo uso do conjunto de reagentes (Labtest - Sistema de Diagnósticos Ltda, Belo Horizonte, MG) realizados no Medicalvet Laboratório Veterinário S.A.

Os dados obtidos para o íon magnésio e as atividades enzimáticas das enzimas musculares CK, AST e LDH foram submetidos ao teste "U" de Mann-Whitney visando identificar a ocorrência de

diferença estatística entre os parâmetros no TF em relação ao T0, com nível de significância de 5%. Já os valores quantitativos do peso, hematócrito e proteína plasmática total foram submetidos ao teste de normalidade Kolmogorov-Sminov e posteriormente submetidos à aplicação do teste "T" pareado, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Como resultados da avaliação clínica e hematológica, foram observados os seguintes valores, antes do exercício (T0) e após o exercício (TF) respectivamente: frequência cardíaca (FC), 34,71±3,50 bpm e 51,78±6,08 bpm; temperatura retal, 36,9±0,4°C e 38,0±0,6°C; peso, 377,00±23,64kg e 369,85±26,63kg; hematócrito, 37,29±3,29% e 45,9±7,08%; proteína plasmática total, 7,10±0,24g/dL e 7,60±0,59g/dL; plaquetas, 156.714,29±38.698,89/mm³ e 202.000±45.802,30/mm³; leucócitos 8.712,86±1.616,54/mm³ e 14.971,43±2.297,30/mm³. O que permitiu comprovar a higidez dos animais para o desenvolvimento do estudo. Vale ressaltar que os parâmetros proteína plasmática total (p=0,0009) e hematócrito (p=0,0001) sofreram aumento em relação ao T0, com diferença estatística, em contraposição ao peso que sofreu diminuição (p=0,25) (Fig.2).

Diante da análise dos dados obtidos do íon magnésio (p=0,0044) e da atividade enzimática das enzimas muscu-

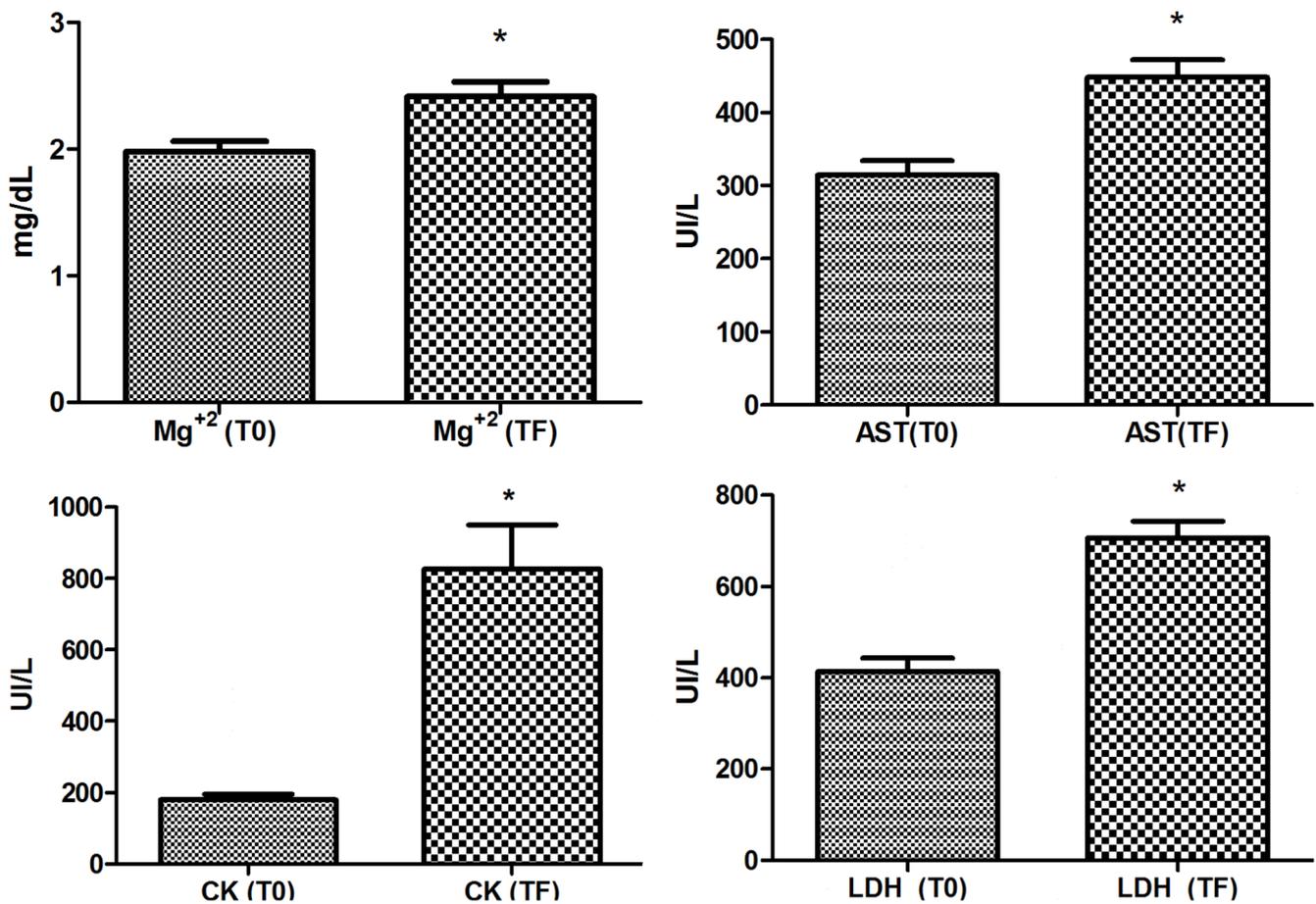


Fig.1. Média e desvio padrão dos valores obtidos antes (T0) e após o exercício (TF) para íon magnésio (Mg²⁺) e das atividades enzimáticas da CK, AST e LDH. Valores seguidos de * entre as colunas representam diferença estatística (p<0,05) a partir da aplicação do teste "U" de Mann-Whitney. Enzimas musculares: aspartato aminotransferase (AST), enzima creatino quinase (CK), enzima lactato desidrogenase (LDH).

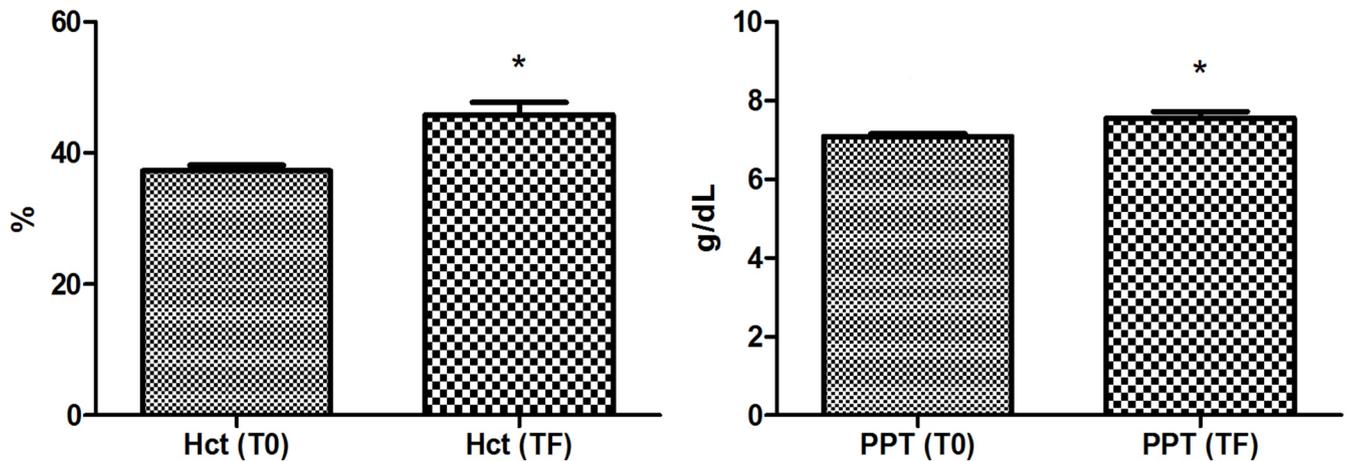


Fig.2. Média e desvio padrão dos valores obtidos antes (T0) e após o exercício (TF) para o hematócrito (Hct) e a proteína plasmática total (PPT). Valores seguidos de * entre as colunas representam diferença estatística ($p < 0,05$) a partir da aplicação do teste "T" pareado.

Quadro 1. Representação dos valores obtidos para equinos PSA finalistas de provas de enduro de 90 km, em repouso e após exercício

Parâmetros	Antes do exercício (T0)	Após o exercício (TF)
Íon Magnésio (mg/dL)	1,98 ± 0,31	2,4 ± 0,44*
Enzima AST (UI/L)	313,91 ± 67,48	455,17 ± 88,87*
Enzima CK (UI/L)	179,98 ± 57,01	660,25 ± 147,53*
Enzima LDH (UI/L)	403,01 ± 109,41	679,31 ± 163,05*

Valores seguidos de * na mesma linha representam diferença estatística ($p < 0,05$) a partir da aplicação do teste "U" de Mann-Whitney. Enzimas musculares: aspartato aminotransferase (AST), enzima creatino quinase (CK), enzima lactato desidrogenase (LDH).

lares creatino quinase ($p \leq 0,0001$), aspartato aminotransferase ($p = 0,0007$) e lactato desidrogenase ($p = 0,0001$) dos equinos finalistas de provas de enduro de 90 km pode-se observar que todas essas variáveis avaliadas sofreram aumento significativo em relação ao repouso (Fig.1, Quadro 1).

DISCUSSÃO

Segundo Martins et al. (2005), durante o exercício, grande quantidade de energia é gerada pelo equino na forma de calor, o que foi possível observar neste trabalho uma vez que houve aumento da temperatura retal no TF em relação ao T0, sendo a sudorese o principal mecanismo de eliminação. Coincidindo com Dumont et al. (2012), o percentual reduzido de peso corpóreo encontrado no presente trabalho (1,9%) indicou que o exercício realizado não produziu maiores perdas ou ainda que devido a uma suplementação com pastas eletrolíticas durante a prova, os animais acabaram repondo parte dos fluídos perdidos. Isso corrobora com Teixeira Neto et al. (2004) quando mencionaram que o fornecimento de eletrólitos em forma de pasta hipertônica, atenua as perdas de peso corpóreo por induzir o aumento do consumo voluntário de água. Além disso, Teixeira Neto et al. (2012) consideraram que se certamente os cavalos fossem pesados antes do acesso à água, as perdas de peso corporal seriam ainda maiores.

Em relação ao hematócrito (Hct) foi observado aumento de 18,8%, entre as avaliações ($p = 0,0001$) (Fig.2), fato

que foi de encontro com os achados de Teixeira Neto et al. (2004). Esse aumento pode ser entendido, fisiologicamente, pela contração esplênica ou ainda pela redução do volume plasmático decorrente da desidratação (Kingston 2004) nos animais avaliados.

Apesar da concentração de proteína plasmática total apresentar seus valores (Quadro 1), entre os momentos, bem próximos aos valores de referência (Hodgson & Rose 1994), foi observada diferença estatística (Fig.2), corroborando com os relatos de Teixeira Neto et al. (2004). Possivelmente os valores se mantiveram dentro da normalidade pelo percentual reduzido de perda de peso corpóreo ($p = 0,25$). Fato que pode ser entendido devido à ingestão de pasta eletrolítica que foi administrada ao longo da prova e consequentemente água.

Em relação ao íon magnésio, houve aumento de 17,5% em relação ao repouso, com diferença estatística entre os momentos ($p = 0,0044$) (Quadro 1). Em humanos, Bohl & Volpe (2002) citaram que exercícios de alta intensidade e de curta duração aumentaram de 5-15% a concentração sérica do íon magnésio. De outra forma, entende-se que a pequena discrepância encontrada neste estudo em relação aos autores acima mencionados pode ter relação com a espécie alvo e o tipo de exercício imposto (Fig.1).

Sobretudo devido à intensa sudorese apresentada pelos equinos em provas de enduro, poder-se-ia esperar que houvesse uma diminuição do valor do mesmo (Quadro 1), pois segundo Hinchcliff et al. (2008), o magnésio foi encontrado em maior quantidade no suor (5mEq/L), do que no plasma, e ainda mais do que no fluído intersticial (1,1mEq/L). Contudo deve ser ressaltado que o magnésio foi considerado um íon de extrema importância na contração muscular, sendo a célula muscular, o local de maior concentração destes íons (34mEq/L) em relação ao plasma (1,1mEq/L) (Hinchcliff et al. 2008).

Logo, com o aumento do esforço durante uma prova de enduro, pode-se sugerir a deflagração de um processo inflamatório inicial nas células musculares com consequente alteração de permeabilidade. Assim, o íon magnésio sofreria uma diminuição na concentração nas células muscu-

lares e aumentaria a mesma a nível sérico, corroborando os dados obtidos para os animais avaliados (Fig.1). Esta suposição foi de encontro com o mencionado por Nielsen e Lukaski (2006), quando citaram que a perda de massa muscular seria correspondente ao aumento do magnésio sérico logo após o exercício e que o grau de dano muscular, que por sua vez ocorresse em função da intensidade e duração da atividade realizada, seria um fator importante na liberação do magnésio pelo músculo esquelético.

Para os íons (Quadro 1), entende-se ainda que a maioria das trocas entre os mesmos se dê por diferenças de concentração (Hinchcliff et al. 2008). Portanto pode-se pensar que o aumento sérico do íon magnésio teve relação com a intensa compensação plasmática decorrente possivelmente, da grande quantidade de íons magnésio perdidos pela sudorese, apresentando com isso, a concentração diminuída a nível sérico (Fig.1).

De outra forma, deve ser destacado o uso de eletrolíticos antes dos anéis das provas de enduro e nos intervalos entre os mesmos. Portanto a suplementação por ingestão de eletrólitos pode ter promovido um aumento da concentração do íon magnésio a nível plasmático imediatamente após a prova (Fig.1), porém essa hipótese poderia ser deixada em segundo plano se considerada a intensa perda de íons durante a prova, devido à sudorese. Logo, por mais suplementado que o animal tenha sido, esse mecanismo, por si só, não conseguiria aumentar a concentração plasmática dos íons magnésio, atuando simplesmente como um mecanismo complementar.

A atividade sérica de AST, em T0, foi de 313,91±67,48 UI/L o que esteve de acordo com Hodgson & Rose (1994) que observaram valores de 150-400 UI/L em contraposição, Toledo et al. (2001) relataram valores de 178,9-215,2 UI/L de cavalos no repouso. A discrepância de valores para com a atividade enzimática da AST pode ter sido devido à falta de especificidade da mesma, podendo ser encontrada em vários tecidos. Sobretudo para Santos (2002), podem ocorrer mudanças na atividade sérica das enzimas musculares por diversas razões, dentre elas, a alteração na permeabilidade da membrana celular, a depuração diminuída, síntese reduzida ou aumentada ou por necrose celular. Revelando que os aumentos dessas enzimas após o exercício (Quadro 1), mesmo com $p=0,0007$ (Fig.1), não estariam associadas com as lesões dos miócitos, mas sim, com o aumento da permeabilidade da membrana destas células (Santos 2002).

Já os valores referentes à atividade enzimática da enzima CK (Fig. 1), dependem da duração e do tipo de esforço (Overgaard et al. 2004). Quanto à atividade sérica de CK, antes do exercício (T0), foi encontrado o valor de 179,98±57,01 UI/L (Quadro 1), estando de acordo com Hodgson & Rose (1994) que relataram valores de 100-300 UI/L. Da mesma forma, valores menores foram relatados por Toledo et al. (2001) quando observaram valores de 66,5-81,3 UI/L. Estes valores inferiores podem ser devido aos aspectos individuais estabelecidos pela raça dos animais estudados por Toledo et al. (2001), pois se tratavam de cavalos Puro Sangue Inglês (PSI).

De outra forma, foi possível observar que o valor da

atividade enzimática da enzima LDH (Quadro 1) em T0 foi de 403,01±109,41 UI/L, apresentando assim discrepância com valores encontrados por Toledo et al. (2001) de 167-190,9 UI/L, para cavalos PSI em repouso. Porém, de acordo com Thomassian et al. (2007), valores mais elevados de LDH, como verificado, poderiam estar relacionados ao grupo de animais utilizados e suas respectivas características, interferindo na atividade das enzimas musculares (Fig.1). Portanto, além das diferenças entre os tipos raciais e o tipo de exercício que desempenham, considerou-se que a enzima em questão não apresenta especificidade em relação ao tecido muscular estriado esquelético.

Quanto a atividade sérica das enzimas CK, AST e LDH e os valores obtidos (Quadro 1), estes foram diferentes dos apresentados por Teixeira Neto et al. (2008) em provas de enduro de 100Km, pois reportaram valores no momento final inferiores aos dos animais que percorreram 90km. A possível justificativa para os valores distintos, diz respeito à velocidade, pois na prova de 100Km a velocidade foi de aproximadamente 11,6Km/h, já na prova de 90Km vários animais alcançaram a velocidade de aproximadamente 20Km/h durante grande parte do percurso. Isto revelou um esforço mais acentuado ao longo da prova de enduro de 90km (Fig.1).

Nos animais finalistas de provas de enduro de 90km houve aumento da atividade enzimática de CK (Fig.1) ($p\leq 0,0001$). Esse acréscimo foi de aproximadamente 83% em relação ao T0 (Fig.1). Tal fato justifica-se devido à enzima CK expressar-se de maneira mais específica em relação ao tecido muscular estriado esquelético, estando de acordo com Harris & Mayhew (1998), quando mencionaram que o aumento da atividade plasmática da enzima CK mostra-se intimamente relacionada com a ocorrência de injúria muscular. Portanto, os animais em questão, sinalizaram que o esforço exigido durante uma prova de enduro de 90km foi capaz de gerar uma instabilidade nas células musculares estriadas esqueléticas, caracterizando uma resposta fisiológica ao exercício.

De outra forma, foi possível entender que foram observados aumentos das atividades enzimáticas em relação às enzimas LDH ($p=0,0001$) de aproximadamente 41% e AST ($p=0,0007$) de 31% em relação aos momentos antes e após o exercício (Quadro 1). Proporcionalmente verificou-se maior aumento da atividade enzimática do LDH, em relação à AST (Quadro 1), justificada por sua localização a nível celular. Para Thomassian et al. (2007), como a CK e a LDH apresentaram-se localizadas no citoplasma das células, quando há alteração de permeabilidade ou grau de lesão muscular as mesmas extravasam diretamente. De outra forma a AST, estando disposta dentro das mitocôndrias, para que haja um aumento na concentração desta enzima, deverá haver lesão a nível mitocondrial. Por este motivo, Harris & Mayhew (1998) e Overgaard et al. (2004) citaram que as enzimas CK ou LDH, liberadas no sangue, são indicadores de perda de integridade do sarcolema, cuja extensão de resposta pode estar relacionada a vários fatores, como por exemplo, a distância percorrida pelo animal. Desta forma, estas enzimas revelaram-se parâmetros de grande importância a ser considerada na clínica médica dos equinos

atletas. Caracterizando assim a necessidade do seu monitoramento antes e após o exercício.

Portanto, o exercício contínuo dos animais em provas de enduro, em especial, aqueles que percorreram 90 km e foram finalistas sugeriu o estabelecimento de um processo inflamatório agudo de caráter fisiológico. Expresso inicialmente por alteração da permeabilidade celular em nível dos miócitos. Ademais, foi possível entender que o esforço promoveu uma alteração de permeabilidade do íon magnésio, assim como, das enzimas musculares CK, AST e LDH, ao instante que foram transferidos do espaço intracelular para o extracelular, ou seja, promoveram um aumento a nível sérico. Foi possível assim, comprovar que se faz necessário o acompanhamento dos equinos de enduro, atuando no mecanismo de controle e prevenção de injúrias musculares. Os resultados podem ser utilizados ainda de forma comparativa ao longo do período de treinamento, pois são dados quantitativos e de fácil interpretação.

REFERÊNCIAS

- Bohl C.H. & Volpe S.L. 2002. Magnesium and exercise. *Grit. Rev. Food Sci. Nutr.* 42:533-563.
- Corrêa K.S., Mattoso C.R.S., Silva C.F.G.K.T., Lagos M.S., Takahira R.K. & Lopes R.S. 2010. Enzimas musculares e eletrólitos em equinos submetidos a esforço físico prolongado, suplementados com acetato de tocoferol e selênio. *Vet. Zootec.* 17:85-93.
- Dumont C.B.S., Leite C.R., Moraes J.M., Moreira M., Moscardini A.R.C., Godoy R.F. & Lima E.M.M. 2012. Osmolaridade, ânion gap, potencial hidrogênico e íons plasmáticos mensuráveis de equinos Puro Sangue Árabe finalistas em provas de enduro de 90 Km. *Pesq. Vet. Bras.* 32(6): 542-546.
- Evans D.L. 2000. Training and fitness in athletic horses. Report for Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC), Sydney, p.7.
- Ferraz G.C., Escodro P.B. & Queiroz Neto A. 2007. Fisiologia do exercício equino: Ferramenta para o desempenho atlético de cavalos atletas. *Revta Bras. Med. Equina* 12:6-8.
- Harris P.A. & Mayhew I.G. 1998. Musculoskeletal disease, p.371-426. In: Reed S.M. & Bayly W.M. (Eds), *Equine Internal Medicine*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Hinchcliff K.W., Geor R.J. & Kaneps A.J. 2008. The science of exercise in athletic horses, p.328-349. In: *Ibid.* (Eds), *Equine Exercise Physiology*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Hodgson D.R. & Rose R.J. 1994. The athletic horse: principles and practice of equine sports Medicine, p.63-78. In: Hodgson D.R. & Rose R.J. (Eds), *Hematology and Biochemistry*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Kingston J.K. 2004. Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training, p.939-948. In: Hinchcliff K.W., Kaneps A.J. & Geor R.J. (Eds), *Equine Sports Medicine and Surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete*. W.B. Saunders, London.
- Lukaski H.C. 2004. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition* 20:632-644.
- 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 equinos antes e após a participação em prova de enduro. *Revta Bras. Ciênc. Vet.* 12:62-65.
- Nielsen F.H. & Lukaski H.C. 2006. Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnes. Res.* 19:180-189.
- Overgaard K., Fredsted A., Hyldal A., Ingemann-Hansen T., Gissel H. & Clausen T. 2004. Effects of running distance and training on Ca²⁺ content and damage in human muscle. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36:821-829.
- Santos S.A., Crispim S.M.A., Soares A.C., Mauro R.A., Pereira M. & Sereno J.R.B. 2002. Grazing patterns of pantaneiro horses: An element of adaptability to the Pantanal Region, Brazil. *Arch. Zootec.* 51:129-138.
- Silva M.A.G., Martins C.B., Gomide L.M.W., Albernaz R.M., Queiroz-Neto A. & Lacerda-Neto J.C. 2009. Determinação de eletrólitos, gases sanguíneos, osmolalidade, hematócrito, hemoglobina, base titulável e anion gap no sangue venoso de equinos destreinados submetidos a exercício máximo e submáximo em esteira rolante. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 61(5):1021-1027.
- Stendig-Lindberg G., Shapiro Y., Tepperberg M. & Moran D. 1999. Not only strenuous but also sustained moderate physical effort causes magnesium deficiency. *Trace. Elem. Electrol.* 16:156-161.
- Teixeira Neto A.R., Ferraz G.C., Mataqueiro M.I., Lacerda-Neto J.C. & Queiroz-Neto A. 2004. Electrolyte reposition on physiologic variables of horses submitted to 30 and 60 km endurance rides. *Ciência Rural* 34:1505-1511.
- Teixeira Neto A.R., Ferraz G.C., Moscardini A.R.C., Balsamão G.R., Souza J.C.F. & Queiroz-Neto A. 2008. Alterations in muscular enzymes of horse competing long-distance endurance rides under tropical climate. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 60:543-549.
- Teixeira Neto A.R., Ferraz G.C., Moscardini A.R.C., Albernaz R.M., Gondin M.R. & Queiroz-Neto A. 2012. Do hematologic constituents really increase due to endurance exercise in horses? *Pesq. Vet. Bras.* 32(9):951-956.
- 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 equinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 44:183-190.
- Toledo P.S., Domingues Júnior M., Fernandes W.R. & Mangone M. 2001. Atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatina quinase, gamaglutamiltransferase, lactato desidrogenase e glicemia de cavalos da raça P.S.I. submetidos à exercícios de diferentes intensidades. *Rev. Bras. Ciênc. Vet.* 8:73-77.