УДК 636.13.088:612.11

Вплив фізичного та емоційного навантаження на метаболічний профіль сироватки крові спортивних коней

Т.І. Басва, Г.Ф. Жегунов

Харківська державна зооветеринарна академія, Харків, Україна

Наведено результати дослідження показників метаболічного профілю сироватки крові 12 спортивних коней української верхової породи в умовах фізичного та емоційного навантаження. Тварини належали до навчальної групи, тобто не мали вузькоспеціалізованого спортивного застосування, лише періодично брали участь у показових виступах і, в основному, використовувалися для підготовки початківців-вершників та спортсменів різного рівня. У сироватці крові коней визначено загальний білок, сечовину, креатинін, сечову кислоту, загальний білірубін та його фракції, глюкозу, холестерол, триацилгліцероли, загальний кальцій, ферум, лактат, піруват, активність АлАТ, АсАТ, ГГТП, ЛДГ, лужної фосфатази (ЛФ), що дає можливість об'єктивізувати адаптаційний потенціал коня за різних механізмів дії стресових факторів. Під час тренувальних та психоемоційних навантажень у спортивних коней навчальної групи спостерігаються різноспрямовані зміни біохімічних показників сироватки крові. Концентрація біомаркера оксидативного стресу – сечової кислоти збільшилась за фізичного напруження на 8,6%, а за емоційного навантаження на 55,1%, що свідчить про негативний ефект останнього та про недостатню адаптованість коней до показових виступів. За фізичного навантаження посилювалась реакція переамінування у клітинах печінки коней, за емоційного стресу її інтенсивність знизилась, що відповідало змінам показників обміну білків. Активність АсАТ у сироватці крові тварин перевищила верхню межу норми, що збігається з підвищенням концентрації креатиніну та лактату, показник посилення катаболічних процесів у м'язах за фізичного навантаження. Тільки за емоційного напруження в коней спостерігали гіперглікемію та незначну гіпербілірубінемію за рахунок спазму жовчовідвідних шляхів, який мав тимчасовий характер на тлі відсутності значних змін активності лужної фосфатази та ГГТП. За фізичного навантаження зріс рівень лактату (на 185,7%), активність ЛДГ (на 76,2%), концентрація холестеролу (на 76,2%), триацилгліцеролів (на 140,9%) – індикатор посилення анаеробного гліколізу та ліполізу. Отже, емоційне напруження – сильніший стрес-фактор, ніж фізичне навантаження. Воно викликає негативні зміни показників метаболічного профілю коней навчальної групи. Це необхідно враховувати під час тренувань і показових виступів, щоб максимально сприяти адаптації коней до будь-яких навантажень і тим самим забезпечити можливість адекватно та своєчасно корегувати фізіологічний стан тварин.

Ключові слова: біохімічні показники; фізичне тренування; тренінг; емоційний стрес

Influence of physical and emotional activity on the metabolic profile of blood serum of race horses

T.I. Bayeva, G.F. Zhegunov

Kharkiv State Zooveterinary Academy, Kharkov, Ukraine

In the article data are presented on dynamics of the level of indicators of metabolic profile of blood serum of race horses of the Ukrainian riding breed in the conditions of physical and emotional loading. Clinically healthy race horses were the object of research. Blood was taken from the jugular vein to obtain serum and for further biochemical research. For the research 12 race horses from a training group were chosen. From time to time the animals took part in competitions; they were not specially used in races and were mostly used for the training of junior riders and sportsmen of different levels. Blood was taken in conditions of relative rest after ordinary training and after emotional stress during the entertainment performances when a large number of people were present and loud music was played. In the blood serum the following biochemical indicators were defined: whole protein, urea, creatinine, uric acid, total bilirubin and its fractions, glucose, cholesterol, triacylglycerol, calcium, ferrum, lactate, pyruvate, activity of the AlAT, SGOT, GGTP, LDH, an alkaline phosphatase – which makes it possible to determine reasonably accurately the adaptation potential of a horse under various types of loading. We established that

*Харківська державна зооветеринарна академія, смт Мала Данилівка, 62341, Дергачівський р-н, Харківська обл., Україна
Kharkiv state zooveterinary academy, village Mala Danilovka, 62341, Dergachi district, Kharkiv region, Ukraine
Tel. +38-063-67-23-579. E-mail: tendalsi@mail.ru*

during training and psychoemotional loading of racing horses of the training group of the Ukrainian riding breed, multidirectional changes in the level of biochemical indicators of blood serum occurred, which is evidence of stress in the metabolic processes in the animals' organisms. Concentration of a biomarker of an oxidative stress, uric acid, increased after physical loading by 8.6%, and after emotional loading by 55.1%, which demonstrates that emotional stress had the more negative effect, indicating insufficient adaptation by the horses before demonstration performances. After physical loading, reaction of transamination in the horses' liver cells intensified, and after emotional loading its intensity decreased, which conforms to changes of indicators in exchange of proteins. SGOT activity in the animals' blood serum exceeded the upper rate of norm, it coincides also with rising of concentration of creatinine and sodium lactatum, and is an indicator of intensification of catabolic processes in the muscles after physical loading. Only after emotional loading, did hyperglycemia and hyperbilirubinemia occur because of a temporal spasm in the cholic paths without changes in the activity of the alkaline phosphatase and GGTP. After physical loading the level of lactatum increased (by 185.7%), activity of LDH (by 76.2%), concentration of cholesterol (by 76.2%), triacylglycerol (by 140.9%), which is an indicator of intensification of anaerobic glycolysis and lipolysis. Emotional loading is the stronger stress factor which causes negative changes in indicators of the metabolic profile. Trainers should take this into account during the training and testing of horses in order to facilitate their adaptation to the influence of various stress factors, to correct the animals' physiological state and thus enable them to cope with intensive loading without threat to their health.

Keywords: biochemical indicators; physical loading; emotional loading; training; stress

Вступ

У спортивному конярстві особлива увага приділяється стану здоров'я тварин, їх здатності відновлювати сили після фізичного та емоційного навантаження (Aoi et al., 2004; Butler et al., 1993; Evans, 2007; Fazio et al., 2007). Тому під час підготовки коней до змагань необхідно проводити комплексне клінічне обстеження тварин для попередження та виявлення ранніх ознак їх перетренованості та перевтоми (Escrignano et al., 2011; Cywińska et al., 2012). Важливе завдання – оцінка фізіолого-біохімічного статусу спортивних коней за показниками крові залежно від їх функціонального стану під час тренінгу та виступів (Lindner et al., 2009; Lawan et al., 2010; Aoki et al., 2012). Біохімічні методи, які дозволяють оперативно оцінити фізіологічний стан спортивного коня, вигідно відрізняються від інших діагностичних методів високою чутливістю (Anderson, 1975).

Мета цього дослідження – встановити показники метаболічного профілю сироватки крові спортивних коней навчальної групи української верхової породи за фізичного та емоційного навантаження під час тренування та розважально-показового виступу, оцінити загальний стан здоров'я та ступінь їх тренованості на основі методів біохімічного аналізу.

Матеріал і методи досліджень

Із загальної кількості обстежених 57 спортивних коней української верхової породи відібрано 12 тварин, які не мають вузькоспеціалізованого спортивного застосування, періодично беруть участь у показових виступах, а в основному, використовуються для підготовки початківців-вершників і спортсменів різного рівня. Всі коні клінічно здорові. У тварин відбирали кров з яремної вени для отримання сироватки та подальшого біохімічного дослідження. Кров брали у стані відносного спокою відразу після фізичного навантаження (тренування) та відразу після емоційного навантаження (стресу) під час розважально-показового виступу за участю великої кількості людей і впливу гучної музики.

У сироватці крові визначали такі біохімічні показники: загальний білок, сечовину, креатинін, сечову кислоту, загальний білірубін та його фракції, глюкозу, холестерол, триацилгліцероли, загальний кальцій, ферум, лактат, піруват, активність АлАТ, АсАТ, ГГТП, ЛДГ, лужної

фосфатази (ЛФ). Визначення біохімічних показників проводились згідно із загальноприйнятими методами.

Розрахунки отриманих результатів проводили на персональному комп'ютері за допомогою статистичної програми Statistica 7.0 (StatSoft Inc., USA) з визначенням середньоарифметичного (M), помилки середньої (m), лімітів (Lim) і довірчих інтервалів (ДІ) для $P = 0,05$. Метод статистичного порівняння вибірок – дисперсійний аналіз для залежних вибірок (Friedman ANOVA), достовірними вважали відмінності за $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Динаміка рівня біохімічних показників у сироватці крові спортивних коней навчальної групи за різних варіантів навантаження наведена в таблицях 1–4. Після фізичного навантаження (табл. 1) спостерігали вірогідне збільшення вмісту загального білка в сироватці крові коней (на 23,5%, $P < 0,01$), у той час як за емоційного навантаження вміст білка знижувався (на 15,6%, $P < 0,01$). Така різноспрямована динаміка вмісту загального білка свідчить, що обидва варіанти навантаження по-різному впливають на стан білкового обміну, обидва – стресові фактори для тварин, які раніше не зазнавали впливу таких варіантів навантаження. Це підтверджується змінами вмісту сечовини – кінцевого метаболіту білкового обміну. За фізичного навантаження її концентрація збільшилась (на 28,6%, $P < 0,001$), а за емоційного стресу – навпаки, знизилась (на 27,3%, $P < 0,001$). Отже, обидва стресові фактори значно вплинули на білковий обмін коней навчальної групи.

Рівень креатиніну також зріс за фізичного напруження з великим ступенем достовірності (на 29,9%, $P < 0,001$), що, скоріше за все, зумовлено значним навантаженням на м'язову систему тварин. За емоційного стресу вміст креатиніну знизився тільки на 7,1%, проте це зниження було достовірним ($P < 0,01$). На відміну від цих двох показників, вміст сечової кислоти, яка теж є компонентом системи залишкового азоту, за обох варіантів навантаження зріс за фізичного напруження на 8,6%, а за емоційного навантаження – на 55,1% ($P < 0,01$). Оскільки сечова кислота – кінцевий метаболіт обміну пуринів – сильніший прооксидант, ніж антиоксидант за фізичного навантаження коней, її вважають біомаркером оксидативного стресу, який має серйозні наслідки для здоров'я коней (Adamu et al., 2012a). Такі

зміни її рівня – показник катаболічної спрямованості метаболічних процесів за дії обох стресових факторів. Більш патогенний вплив на тварин учинив саме емоційний стрес, бо коні навчальної групи не адаптовані до таких випробувань, якими виявилися для них значна кількість людей, гучна музика та нервова атмосфера.

Активність АЛАТ і АсАТ за фізичного навантаження (табл. 2) достовірно збільшується майже однаковою мірою (на 19,3% та 18,6% відповідно, $P < 0,01$). За емоційного стресу, навпаки, активність АЛАТ знижується (на 19,9%, $P < 0,001$), а АсАТ – не змінюється. Таким чином,

за фізичного навантаження спостерігається збільшення інтенсивності реакції переамінування у клітинах печінки, оскільки вищезгадані показники не перевищують референтні норми, у той час як за емоційного стресу інтенсивність реакції переамінування знижується, що відповідає змінам показників обміну білків (табл. 1). Активність АсАТ за фізичного навантаження перевищує верхню межу норми у деяких тварин, що збігається з підвищенням концентрації креатиніну та є показником посилення катаболічних процесів у м'язах. За емоційного стресу цього не відбувалось.

Таблиця 1

Показники обміну білків у сироватці крові спортивних коней навчальної групи у стані відносного спокою, за фізичного та емоційного навантаження (n = 12)

Біохімічні показники	Відносний спокій		За фізичного навантаження		За емоційного навантаження	
	M ± m	Lim (min–max)	M ± m	Lim (min–max)	M ± m	Lim (min–max)
Загальний білок, г/л	62,0 ± 1,18	53,8–67,2	76,6 ± 0,76**	72,2–80,3	52,3 ± 0,85**	48,4–55,8
Сечовина, ммоль/л	7,7 ± 0,10	7,2–8,2	9,9 ± 0,10***	9,4–10,5	5,6 ± 0,12***	5,0–6,3
Креатинін, мкмоль/л	119,4 ± 0,77	115,4–123,9	144,3 ± 2,78***	130,2–156,9	110,9 ± 1,72**	101,3–119,1
Сечова кислота, мкмоль/л	36,1 ± 0,87	32,5–40,2	39,2 ± 1,78**	32,6–56,2	56,0 ± 4,00**	30,8–72,3

Примітки: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$ щодо стану відносного спокою; метод дисперсійного аналізу для залежних вибірок (Friedman ANOVA).

Таблиця 2

Активність ферментів у сироватці крові спортивних коней навчальної групи у стані відносного спокою, за фізичного та емоційного навантаження (n = 12)

Біохімічні показники	Відносний спокій		За фізичного навантаження		За емоційного навантаження	
	M ± m	Lim (min–max)	M ± m	Lim (min–max)	M ± m	Lim (min–max)
Білірубін загальний, мкмоль/л	18,9 ± 1,64	10,2–25,0	12,8 ± 0,39**	10,4–15,1	22,5 ± 1,44	15,3–30,4
Білірубін прямий, мкмоль/л	6,8 ± 0,67	4,1–10,3	5,0 ± 0,28	3,0–6,2	11,3 ± 1,13*	6,1–20,8
Білірубін непрямий, мкмоль/л	12,1 ± 1,22	6,0–18,5	7,8 ± 0,49	4,9–10,3	11,2 ± 0,97	7,2–19,7
АЛАТ, од./л	17,1 ± 0,43	14,8–19,6	20,4 ± 0,60**	17,4–23,8	13,7 ± 0,19***	12,9–14,9
АсАТ, од./л	309,3 ± 7,55	274,2–344,8	366,9 ± 10,27**	308,4–400,2	322,1 ± 8,04	279,6–361,8
ЛФ, од./л	189,2 ± 9,80	145,6–236,3	197,7 ± 5,07	158,6–215,1	200,4 ± 5,31	175,6–229,6
ГГТП, од./л	51,4 ± 0,64	48,6–56,6	54,9 ± 0,95*	49,8–59,9	43,7 ± 0,71***	39,9–47,8

Примітки: див. табл. 1.

Концентрація загального білірубину за фізичного навантаження знизилась на 32,3% ($P < 0,01$), головним чином, за рахунок непрямого білірубину. А за емоційного стресу була тенденція до зростання концентрації загального білірубину за рахунок прямої його фракції (на 66,2%, $P < 0,05$), скоріше за все, за рахунок спазму жовчовідвідних ходів, чого не відбувалось за фізичного навантаження. Слід зазначити, що активність ЛФ, яка зазвичай зростає за значного холестазу, достовірно не відрізнялась за дії обох стрес-факторів від стану спокою коней. Тобто незначне збільшення прямого білірубину за емоційного стресу мало тимчасовий характер. Щоб упевнитись у цьому, ми дослідили активність ГГТП – ферменту, який відображає стан внутрішньопечінкових жовчних проток, на відміну від ЛФ, яка, як вважають, віддзеркалює стан зовнішніх жовчних проток. Виявилось, що за фізичного напруження активність цього ферменту зросла на 6,8% ($P < 0,05$), що збігається зі зростанням активності обох трансаміназ. ГГТП вважається одним із найчутливіших показників стану печінки. Отже, внаслідок фізичного навантаження печінка коней реагувала незначним зростанням активності цього індикаторного ферменту. За емоційного стресу спостерігаються протилежні зміни його рівня – показник змен-

шився на 15,0% ($P < 0,001$). Таким чином, за дії емоційного стресу відбуваються незначні зміни функціонального стану печінки коней.

Концентрація глюкози у сироватці крові коней навчальної групи за фізичного навантаження (табл. 3) не виходить за межі референтної норми, у той час як за емоційного стресу рівень глюкози збільшується на 13,0% ($P < 0,001$). Така гіперглікемія типова для емоційного навантаження.

Аналіз системи лактат-піруват-ЛДГ показав, що за обох видів навантаження зростала концентрація лактату ($P < 0,001$): за фізичного – на 185,7%, за емоційного – на 50,0%. Таке значне зростання лактату за фізичного навантаження – показник посилення анаеробного гліколізу; це збігається з динамікою креатиніну та АсАТ. Скоріше за все, фізичне навантаження перевищує можливості коней цієї групи, не адаптованих до такого напруження. Вміст пірувату знизився на 67,5% за фізичного навантаження та на 35,0% за емоційного стресу. Активність ферменту, який каталізує реакцію гліколізу, – ЛДГ за фізичного навантаження збільшився на 76,2% ($P < 0,001$), що свідчить про зростання анаеробної спрямованості реакцій у бік збільшення рівня лактату. За емоційного стресу активність ферменту зросла меншою мірою (на 44,3%, $P < 0,001$).

Таблиця 3

Показники вуглеводного та ліпідного обміну у сироватці крові спортивних коней навчальної групи у стані відносного спокою, за фізичного та емоційного навантаження (n = 12)

Біохімічні показники	Відносний спокій		За фізичного навантаження		За емоційного навантаження	
	M ± m	Lim (min–max)	M ± m	Lim (min–max)	M ± m	Lim (min–max)
Глюкоза, ммоль/л	4,6 ± 0,07	4,1–4,9	4,7 ± 0,10	4,2–5,5	5,2 ± 0,04***	4,9–5,3
ЛДГ, од/л	211,5 ± 6,6	180,0–246,0	314,4 ± 7,7***	263,9–353,9	305,2 ± 4,5***	281,9–335,9
Холестерол, ммоль/л	2,1 ± 0,08	1,8–2,5	3,7 ± 0,08***	3,2–4,1	2,3 ± 0,05	2,0–2,6
Триацилгліцеролі, ммоль/л	1,10 ± 0,06	0,78–1,41	2,65 ± 0,03***	2,33–2,74	1,80 ± 0,05***	1,59–2,01
Лактат, ммоль/л	1,4 ± 0,05	1,1–1,6	4,0 ± 0,10***	3,5–4,5	2,1 ± 0,03***	1,9–2,3
Піруват, ммоль/л	0,40 ± 0,01	0,33–0,48	0,13 ± 0,01***	0,09–0,17	0,26 ± 0,01***	0,23–0,29

Примітки: див. табл. 1.

Динаміка показників стану ліпідного обміну (холестеролу та триацилгліцеролів) також була значнішою за фізичного напруження: концентрація холестеролу зросла на 76,2%, а триацилгліцеролів – на 140,9% (P < 0,001), що свідчить про посилення ліполізу за фізичного напруження, у той час як за емоційного стресу вміст холестеролу не змінюється, а концентрація триацилгліцеролів зростає меншою мірою (на 66,4%, P < 0,001).

Вміст кальцію за фізичного навантаження та емоційного стресу (табл. 4) достовірно зростає (на 30,0%, P < 0,001 та 20,0%, P < 0,01, відповідно) через вплив паратиреоїдного гормону, дія якого посилюється внаслідок стресу. Концентрація феруму за фізичного навантаження не змінюється, а за емоційного – зростає (на 10,8%, P < 0,05).

Таблиця 4

Вміст кальцію та заліза у сироватці крові спортивних коней навчальної групи у стані відносного спокою, за фізичного та емоційного навантаження (n = 12)

Біохімічні показники	Відносний спокій		За фізичного навантаження		За емоційного навантаження	
	M ± m	Lim (min–max)	M ± m	Lim (min–max)	M ± m	Lim (min–max)
Загальний кальцій, ммоль/л	2,0 ± 0,05	1,8–2,4	2,6 ± 0,08***	2,1–3,0	2,4 ± 0,06**	2,1–2,8
Ферум, ммоль/л	3,7 ± 0,05	3,4–3,9	3,6 ± 0,06	3,3–3,9	4,1 ± 0,08*	3,6–4,5

Примітки: див. табл. 1.

Ефективність використання спортивних коней зумовлена комплексом чинників: породою та типом будови, віком, темпераментом, умовами та режимом тренінгу (Carlson, 1985). Оскільки коні навчальної групи не мають вузькоспеціалізованого спортивного застосування і, в основному, використовуються для підготовки початківців вершників, встановлено, що під час показових виступів вплив фізичного та емоційного навантаження викликає різноспрямовані зміни біохімічних показників сироватки крові. Отже, коні спортивного спрямування, віднесені до навчальної групи, вимагають особливого ставлення. Під час тренувань і показових виступів необхідно враховувати, що для покриття дефіциту енергії та поживних речовин за дії інтенсивних фізичних і емоційних навантажень тварини змушені витрачати внутрішні резерви організму, у результаті чого виникають зміни метаболізму, що спричинюють зниження результативності, працездатності коней і становлять загрозу їх здоров'ю (Hinchcliff et al., 2002; Castejon et al., 2006; Fielding et al., 2009; El-Ashker, 2011; Adamu et al., 2012b).

Для коней навчальної групи емоційне напруження – сильніший стресовий фактор, ніж фізичне навантаження. Тому, щоб забезпечити можливість адекватно та своєчасно корегувати фізіологічний стан тварин, необхідне обстеження коней під час тренінгу та показових виступів із застосуванням комплексу біохімічних методів дослідження сироватки крові на тлі впливу різних за механізмом дії стресових факторів (Fielding et al., 2009; Lindner 2009; Lawan, 2010; Cywińska, 2012).

Висновки

За фізичного та емоційного навантаження спостерігаються різноспрямовані синхронні зміни показників білкового обміну (загального білка та сечовини) у сироватці крові коней навчальної групи. Концентрація біомаркера оксидативного стресу – сечової кислоти збільшилась за фізичного навантаження на 8,6%, а за емоційного – на 55,1% (P < 0,01), що свідчить про негативний ефект останнього на організм коней навчальної групи та про недостатню їх адаптованість до показових виступів.

За фізичного навантаження спостерігалось збільшення інтенсивності реакції переамінування у клітинах печінки коней навчальної групи, а за емоційного стресу її інтенсивність знизилась, що відповідає змінам показників обміну білків.

Активність АсАТ у сироватці крові цих коней за фізичного навантаження перевищила верхню межу норми, що збігається з підвищенням концентрації креатинину та лактату і є показником посилення катаболічних процесів у м'язах.

За емоційного навантаження в коней спостерігали незначну гіпербілірубінемію за рахунок, скоріше за все, спазму жовчовідвідних шляхів, який мав тимчасовий характер і не відбувався за фізичного навантаження на тлі відсутності значних змін активності лужної фосфатази та ГГТП.

За емоційного стресу в коней спостерігали гіперглікемію, відсутню за фізичного навантаження. За фізичного навантаження спостерігали значне зростання рівня лактату (на 185,7%) та активності ЛДГ (на 76,2%) – індикатори посилення анаеробного гліколізу.

Зміни рівня холестеролу та триацилгліцеролів у сироватці коней спортивної групи значніші за фізичного навантаження: концентрація холестеролу зросла на 76,2%, а триацилгліцеролів – на 140,9%, що свідчить про посилення ліполізу.

Біохімічні показники сироватки крові коней спортивного напрямку (загальний білок, сечовина, креатинін, сечова кислота, загальний білірубін та його фракції, глюкоза, холестерол, триацилгліцероли, загальний кальцій, ферум, лактат, піруват, активність АЛАТ, АсАТ, ГГТП, ЛДГ, лужна фосфатаза) дозволяють об'єктивно оцінити адаптаційний потенціал коня, визначити його спроможність витримувати стреси під час фізичного та емоційного навантаження.

Бібліографічні посилання

- Adamu, L., Noraniza, M.A., Rasedee, A., Bashir, A., 2010. Effects of race distance on physical, hematological and biochemical parameters of endurance horses. *Am. J. Anim. Vet. Sci.* 5(4), 244–248.
- Adamu, L., Noraniza, M.A., Rasedee, A., Bashir, A., 2012a. Metabolic responses in endurance horses during racing in relation to uric acid profile, leucocytes, heart rate and plasma biochemical parameters. *Veterinarna Medicina* 57(11), 591–596.
- Adamu, L., Noraniza, M.A., Rasedee, A., Bashir, A., 2012b. Alterations in biochemical, hematological and physical parameters in endurance horses with metabolic crisis. *J. Anim. Vet. Adv.* 11, 4108–4114.
- Anderson, M.G., 1975. The influence of exercise on serum enzyme levels in the horse. *Equine Vet. J.* 7, 160–165.
- Aoi, W., Naito, Y., Takanami, Y., Kawai, Y., Sakuma, K., Ichikawa, H., Yoshida N., Yoshikawa, T., 2004. Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. *Free Radic. Biol. Med.* 37(4), 480–487.
- Aoki, T., Ishii, M., 2012. Hematological and biochemical profiles in peripartum mares and neonatal foals (heavy draft horse). *J. Equine Vet. Sci.* 32(3), 170–176.
- Butler, P.J., Woakes, A.J., Smale, K., Roberts, C.A., Hillidge, C.J., Snow, D.H., Marlin, D.J., 1993. Respiratory and cardiovascular adjustments during exercise of increasing intensity and during recovery in Thoroughbred racehorses. *J. Exp. Biol.* 179, 159–180.
- Carlson, G.P., 1985. Medical problems associated with protracted heat and work stress in horses. *Comp. Cont. Educ. Pract.* 7, 542–550.
- Castejon, F., Trigo, P., Muñoz, A., Riber, C., 2006. Uric acid responses to endurance racing and relationships with performance, plasma biochemistry and metabolic alterations. *Equine Vet. J. Suppl.* 36, 70–73.
- Chiaradia, E., Avellini, L., Rueca, F., Spaterna, A., Porciello, F., Antonioni, M.T., Gaiti, A., 1998. Physical exercise, oxidative stress and muscle damage in racehorses. *Comp. Biochem. Phys. B* 119(4), 833–836.
- Cywińska, A., Szarska, E., Górecka, R., Witkowski, L., Hecold, M., Bereznowski, A., Schollenberger, A., Winnicka, A., 2012. Acute phase protein concentrations after limited distance and long distance endurance rides in horses. *Res. Vet. Sci.* 93(3), 1402–1406.
- El-Ashker, M.R., 2011. Acute kidney injury mediated by oxidative stress in Egyptian horses with exertional rhabdomyolysis. *Vet. Res. Commun.* 35(5), 311–320.
- Escribano, B.M., Agüera, E.I., Rubio, M.D., Santisteban, R., Vivo, R., Agüera, S., Tovar, P., 2011. Utility of the discriminant analysis to categorize untrained Spanish Pure Bred horses on the basis of biochemical and muscle variables before and after a standardized exercise test. *Res. Vet. Sci.* 91(3), 144–148.
- Evans, D.L., 2007. Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine Vet. J.* 39(4), 373–383.
- Fazio, F., Casella, S., Giannetto, C., Caola, G., Piccione, G., 2009. Serum homocysteine and oxidative stress evaluation during exercise in horse. *Pol. J. Vet. Sci.* 12(2), 169–174.
- Fielding, C.L., Magdesian, K.G., Rhodes, D.M., Meier, C.A., Higgins, J.C., 2009. Clinical and biochemical abnormalities in endurance horses eliminated from competition for medical complications and requiring emergency medical treatment: 30 cases (2005–2006). *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 19(5), 473–478.
- Guhl, A., Lindner, A., von Wittke, P., 1996. Use of the relationship between blood lactate and running speed to determine the exercise intensity of horses. *Vet. Rec.* 139(5), 108–110.
- Hinchcliff, K.W., Lauderdale, M.A., Dutson, J., Geor, R.J., Lacombe, V.A., Taylor, L.E., 2002. High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. *Equine Vet. J.* 34(1), 9–16.
- Lindner, A., Mosen, H., Kissenbeck, S., Fuhrmann, H., Sallman, H.P., 2009. Effect of blood lactate-guided conditioning of horses with exercise of differing durations and intensities on heart rate and biochemical parameters. *J. Anim. Sci.* 87(10), 3211–3217.
- Moriwaki, Y., Yamamoto, T., Higashino, K., 1999. Enzymes involved in purine metabolism – A review of histochemical localization and functional implications. *Histol. Histopathol.* 14(4), 1321–1340.

Надійшла до редколегії 19.09.2016