

승용마의 운동에 따른 혈액학 및 혈청 생화학치의 변화

고정자¹ · 이영우² · 서종필¹ · 이경갑^{1,*}

¹제주대학교 수의과대학 및 수의과학연구소, ²한국마사회

Effects of exercise on hematological and serum biochemical parameters in riding ponies

Jeong-Ja Ko¹, Young-Woo Lee², Jong-Pil Seo¹, Kyoung-Kap Lee^{1,*}

¹College of Veterinary Medicine and Veterinary Medical Research Institute, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²Korea Racing Authority, Gwacheon 13822, Korea

Abstract: The purpose of the present study was to investigate changes in hematological and serum biochemical parameters in ponies exercising 3 times a day. The study included 10 healthy 4- to 5-year-old Jeju crossbred ponies used in riding lessons at an equestrian riding school. Hematology and serum chemistry samples were obtained before the initial lesson and after the last lesson of the day. The post-exercise results showed that packed cell volume, white blood cell, red blood cell, hemoglobin, and total protein levels increased significantly ($p < 0.05$). Serum Na^+ also increased significantly ($p < 0.01$), but serum Ca^{++} decreased significantly ($p < 0.01$). Creatinine kinase, aspartate amino transferase, gamma glutamyl transferase, blood urea nitrogen, creatinine, and bilirubin levels increased significantly ($p < 0.05$), but the glucose level decreased significantly ($p < 0.05$). Furthermore, the serum cortisol hormone level increased significantly ($p < 0.01$). The results suggest that participating in riding lessons three times a day may result in various physiological changes, indicating the presence of exercise-related stress in riding ponies.

Keywords: riding horses, exercising stress, hematological, serum biochemical, cortisol

서론

말에서 운동 강도와 운동 지속시간은 에너지 소비와 생리변화에 큰 영향을 미친다. 스트레스가 많은 환경조건, 새로운 상황에 대한 적응 및 훈련상태 등은 이 같은 변화에 따라 조절될 수 있다. 특히 운동 중 기능적 생체항상성을 유지하기 위한 자율신경활성 및 호르몬분비의 변화는 물질동원과 활용을 제어하는 피드백 작용으로 연결된다[1]. 이는 스트레스에 대처해 생리적으로 안정된 상태를 유지하려는 반응, 즉 싸우거나 도피하는 생체조절의 과정이다. 스트레스는 다양한 질병을 일으키고 건강 유지에 악영향을 미치므로 말의 건강관리, 운동력 향상 및 질병예방과 관련하여 중요한 요인으로 다루어진다[2]. 말에서 운동에 의한 스트레스로 발생하는 변화에는 다양한 신체의 생리현상과 생화학적 변화가 나타날 수 있다.

말의 혈액생화학치 중에 운동에 의한 탈수의 정도를 조사하기 위해서는 총적세포용적(packed cell volume; PCV), 총단백질(total protein; TP)을 검사하며, 그밖에 백혈구(white blood cell; WBC), 적혈구(red blood cell; RBC), 헤모글로빈(hemoglobin; Hb), 섬유소원(fibrinogen; Fib)이 있다. 그리고 말의 운동으로 인한 생리학적 평가로 혈청 생화학치 중 전해질은 나트륨(sodium; Na^+), 칼륨(potassium; K^+), 칼슘(calcium; Ca^{++})과 혈청효소는 creatinine kinase (CK), aspartate amino transferase (AST), gamma glutamyl transferase (GGT)의 활성도를 측정하고, 그리고 혈청 포도당(glucose; Glu), 혈액요소질소(blood urea nitrogen; BUN), creatinine 및 bilirubin을 측정하여 비교함으로써 운동에 의한 탈수, 근육의 변화, 간 손상의 평가, 신장 기능과 단백질

*Corresponding author

Kyoung-Kap Lee
College of Veterinary Medicine and
Veterinary Medical Research Institute, Jeju
National University, 102 Jejudaehak-ro,
Jeju 63243, Korea

Tel: +82-64-754-3368
Fax: +82-50-4204-1538
E-mail: leekk@jejunu.ac.kr

ORCID
Jeong-Ja Ko
<https://orcid.org/0000-0002-2750-276X>
Young-Woo Lee
<https://orcid.org/0000-0001-8560-8143>
Jong-Pil Seo
<https://orcid.org/0000-0002-6418-9813>
Kyoung-Kap Lee
<https://orcid.org/0000-0001-5599-0302>

Conflict of Interest
The authors declare no conflicts of interest.

Received: November 13, 2019
Revised: December 19, 2019
Accepted: January 31, 2020

대사 등 생화학적 변화를 확인할 수 있다.

특히 말의 운동 후 증가하는 CK는 근육에 존재하며 골격 근손상, 다발성 근염, 근육장애일 때에 증가한다. AST는 간, 심장과 근육, 뇌에 존재하며, 골격근손상, 간 손상과 괴사를 일으켰을 때에 증가한다. GGT는 간 손상, 간 경변을 알아볼 수 있으며 담관에서 분비되는 효소이다. 주로 골격근에서 발견되는 효소인 CK, AST의 활성은 말에서 골격근 손상의 지표로 이용된다[3-5]. 골격근이 손상되면 세포에서 이러한 효소가 배출되어 혈액 내 활성도가 상승한다[6,7].

혈액화학치 중에 BUN은 조직, 식이 단백질에서 생성된 암모니아가 간에서 대사되어 신장으로 배출되는 신장 기능과 단백질 대사의 중요한 지표이다. 급성 및 만성 신부전증과 방광과열이 있을 때에 증가되고 장시간 운동시에 BUN이 증가하게 된다. Creatinine은 근육에 존재하며 근육에서 발생한 creatinine을 신장이 얼마나 잘 배출하는지에 따른 신장 기능을 평가하는 지표이다. Bilirubin은 간 기능의 수준을 평가하며, 담도폐쇄, 만성 간경화와 간 담도 질병에서 증가된다[8].

그리고 cortisol은 당질코르티코이드계의 호르몬으로 부신 피질에서 분비되는 하이드로코티손인 스테로이드 호르몬이다. 부신피질은 스트레스나 낮은 농도의 혈중 글루코코르티코이드에 반응해 cortisol을 분비하는데, 혈당을 높이고, 면역계 시스템을 저하시키며, 단백질, 탄수화물, 지방의 대사를 돕는 작용을 하여, 항상성 기능의 다양성을 유지하고 조절한다. 운동으로 인한 cortisol 농도의 증가는 말에서 광범위하게 보고되었으며, cortisol은 운동으로 인한 스트레스 정도를 정량하기 위해 사용되고 있다[9,10].

본 연구는 하루 3회 승마교육에 사용된 말에서, 운동 전후의 혈액화학치(PCV, WBC, RBC, Hb, TP, Fib)와 생화학치(Na^+ , K^+ , Ca^{++} , CK, AST, GGT, glucose, BUN, creatinine, bilirubin), 그리고 cortisol 농도를 측정하여 운동의 영향으로 인한 생리적 변화와 스트레스 정도를 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

대상동물

실험 말은 승마아카데미에서 승마강습에 사용되고 있는 한라마(Jeju crossbred) 10두(거세)를 이용하였다. 나이는 4.5 ± 0.5 세, 체중은 330 ± 50 kg, 체고는 143 ± 5 cm이다. 이 말들은 마방(3 m × 3 m)에서 생활하였고, 평소 승마강습이 없을 때는 워킹머신과 조마사를 병행하여 조교하며, 아침급식은 농후사료(농협배합) 1.5-2 kg과 조사료(티모시, 알파파, 라이아그라스) 1.5-2 kg, 저녁급식으로 배합사료 1.5-2 kg과 조사료 1.5-2 kg을 공급하고, 물은 자유 급수하나 승마강습 중에는 제한되어 각각 개체 별로 관리되었다.

이 연구는 승마경기장 실내 모래 트랙(80 m × 40 m)에서 승마아카데미 교육생 각 강습반 별 10명이 기승하여 운동을 하였으며, 운동의 내용은 평보(walk) 5분, 경속보(rising trot) 50분(sitting trot 10분 포함), 구보(canter) 또는 평보, 속보와 구보(multiple gait)로 실내 트랙을 각각 걸음걸이별 한 바퀴

씩 20분, 평보 5분으로 총 1시간 20분씩 3회 각 강습반 별 유사한 패턴으로 진행되었다. 강습시간은 1회 9:00-10:20, 2회 13:00-14:20, 3회 15:40-17:00로 진행되었다. 동물실험 과정은 제주대학교 동물실험윤리위원회의 승인(승인번호: 2016 - 0050) 하에 시행되었다.

채혈시기 및 방법

혈액 채혈은 1회 승마강습 시작 전(08:00)과 3회 마지막 승마강습이 끝난 직후(17:00)에 경정맥으로부터 일회용 주사기를 사용하여 10 mL 혈액을 채혈하였다. 혈액은 항응고제인 EDTA-3K로 처리된 vacutainer tube에 2 mL를 분주하여 혈액 검사에 사용하였다. 혈청검사는 무처리된 BD vacutainer tube에 8 mL를 분주하여 실온에서 응고시킨 후 10분간 3,000 rpm으로 원심분리 하여 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 1 mL 단위로 분주하여 혈청학 검사에 사용하였고, 나머지 1 mL 단위로 분주한 혈청은 냉동(-72°C) 보관하였다가 검사하였다.

혈액검사

PCV는 microcapillary tube를 이용하여 microhematocrit method로 측정하였으며, WBC, RBC와 Hb은 혈구자동분석기 Celltac α , MEK-6450K(Nihon Kohden, Japan)를 이용하여 측정하였다. TP 농도는 refractometer (AO Spencer, USA)를 이용하여 측정하였고, 섬유소원은 Schalm's method를 이용하여 측정하였다.

혈청 생화학검사

전해질 검사로 Na^+ , K^+ , Ca^{++} 농도를, 혈청 효소로는 CK, AST, GGT 농도를, glucose, BUN, creatinine, bilirubin 농도는 화학치 종합테스터 분석기 Vet scan Equine Profile Plus (# 500-0043)를 이용하여 Vet scan Vs2 (Abaxis, USA)로 측정하였다.

Cortisol 농도 측정

형광면역 분석법(fluorescent immunoassay; FIA)을 적용한 체외진단분석기 Vet Chroma (Boditech Med Inc., Korea)를 이용하여 iChroma Vet Cortisol (Anivet Diagnostics Inc., Korea)로 cortisol의 농도를 측정하였다.

통계처리

통계처리는 *t*-test를 이용하여 하루동안 승마강습에 사용된 말의 운동 전, 운동 후의 검사 결과로 각 항목 혈액검사 값으로 비교하였고, 데이터는 mean \pm SD로 표시하였다. 통계처리는 SPSS Package (ver. 20.0; IBM, USA)을 이용하였다.

결 과

혈액학적 검사

하루동안 승마강습에 사용된 말의 운동 전후 혈액학적

Table 1. Changes in hematological value before and after exercise in ponies

Parameter	Pre-exercise (n = 10)	Post-exercise (n = 10)	p value
PCV (%)	30.3 ± 2.7	34.0 ± 1.7	0.00 [†]
WBC (10 ³ /μL)	7.4 ± 0.7	9.7 ± 1.5	0.00 [†]
RBC (10 ⁶ /μL)	7.0 ± 0.6	8.1 ± 0.6	0.01 [*]
Hb (g/100 mL)	10.6 ± 0.8	12.3 ± 1.0	0.00 [†]
TP (g/100 mL)	6.3 ± 0.3	6.9 ± 0.3	0.00 [†]
Fib (mg/100 mL)	340.0 ± 134.9	440.0 ± 126.5	0.08

Data are expressed as mean ± SD. PCV, packed cell volume; WBC, white blood cell; RBC, red blood cell; Hb, hemoglobin; TP, total protein; Fib, fibrinogen. ^{*}Indicates significance ($p < 0.05$), [†]Indicates significance ($p < 0.01$).

Table 2. Changes in serum electrolyte before and after exercise in ponies

Parameter	Pre-exercise (n = 10)	Post-exercise (n = 10)	p value
Na ⁺ (mmol/L)	133.0 ± 1.9	136.0 ± 2.1	0.00 [*]
K ⁺ (mmol/L)	4.0 ± 0.6	4.0 ± 0.3	0.53
Ca ⁺⁺ (mg/dL)	12.6 ± 0.2	11.9 ± 0.3	0.00 [*]

Data are expressed as mean ± SD. Na⁺, sodium; K⁺, potassium; Ca⁺⁺, calcium. ^{*}Indicates significance ($p < 0.01$).

Table 3. Changes in enzyme and serum biochemical values before and after exercise in ponies

Parameter	Pre-exercise (n = 10)	Post-exercise (n = 10)	p value
CK (U/L)	231.0 ± 37.9	304.0 ± 121.4	0.02 [*]
AST (U/L)	289.0 ± 67.6	316.0 ± 79.7	0.00 [†]
GGT (U/L)	11.1 ± 1.3	12.7 ± 1.6	0.00 [†]
Glucose (mg/100 mL)	96.0 ± 6.6	88.0 ± 10.0	0.01 [*]
BUN (mg/100 mL)	17.0 ± 2.4	18.4 ± 2.6	0.00 [†]
Creatinine (mg/100 mL)	1.2 ± 0.2	1.5 ± 0.3	0.00 [†]
Bilirubin (mg/100 mL)	2.9 ± 1.3	4.4 ± 2.3	0.00 [†]

Data are expressed as mean ± SD. CK, creatinine kinase; AST, aspartate amino transferase; GGT, gamma glutamyl transferase; BUN, blood urea nitrogen. ^{*}Indicates significance ($p < 0.05$), [†]Indicates significance ($p < 0.01$).

비교하였을 때, 각 항목검사 결과는 다음과 같았다. PCV는 30.3 ± 2.7%에서 34.0 ± 1.7%로, WBC 수는 7.4 ± 0.7 10³/μL에서 9.7 ± 1.5 10³/μL로 매우 유의성 있게($p < 0.01$) 증가하였고, RBC 수는 7.0 ± 0.6 10⁶/μL에서 8.1 ± 0.6 10⁶/μL로 유의성 있게($p < 0.05$) 증가하였으며, Hb은 10.6 ± 0.8 g/100 mL에서 12.3 ± 1.0 g/100 mL로 TP은 6.3 ± 0.3 g/100 mL에서 6.9 ± 0.3 g/100 mL로 매우 유의성 있게($p < 0.01$) 증가하였다. 그리고 섬유소원은 340.0 ± 134.9 mg/100 mL에서 440.0 ± 126.5 mg/100 mL로 다소 증가하였다(Table 1).

혈청 생화학적 검사

전해질 농도는 하루동안 승마강습에 사용된 말의 운동 전후를 비교하였을 때, Na⁺ 농도는 133.0 ± 1.9 mmol/L에서 136.0 ± 2.1 mmol/L로 매우 유의성 있게($p < 0.01$) 증가하였고, K⁺ 농도는 4.0 ± 0.6 mmol/L에서 4.0 ± 0.3 mmol/L로 약간 감소하였으며, Ca⁺⁺ 농도는 12.6 ± 0.3 mg/dL에서 11.9 ± 0.3 mg/dL로 매우 유의성 있게($p < 0.01$) 감소하였다(Table 2).

혈청 효소치와 화학치는 하루동안 승마강습에 사용된 말의 운동 전후를 비교하였을 때, CK 활성도는 231.0 ± 37.9 U/L에서 304.0 ± 121.4 U/L로 유의성 있게($p < 0.05$) 증가하였고, AST는 289.0 ± 67.6 U/L에서 316.0 ± 79.7 U/L로, GGT는 11.1 ± 1.3 U/L에서 12.7 ± 1.6 U/L로 매우 유의성 있게($p < 0.01$) 증가하였다. Glucose는 96.0 ± 6.6 mg/100 mL에서 88.0 ± 10.0 mg/100 mL로 유의성 있게($p < 0.05$) 감소하였으며, BUN은 17.0 ± 2.4 mg/100 mL에서 18.4 ± 2.6 mg/100 mL로, creatinine은 1.2 ± 0.2 mg/100 mL에서 1.5 ± 0.3 mg/100 mL로, 그리고 bilirubin은 2.9 ± 1.3 mg/100 mL에서 4.4 ± 2.3 mg/100 mL로 매우 유의성 있게($p < 0.01$) 증가하였다(Table 3).

Cortisol 농도

하루동안 승마강습에 사용된 말의 운동 전후 혈청내 cortisol의 농도를 비교하였을 때, cortisol 농도는 3.4 ± 0.8 μg/100 mL에서 9.2 ± 2.3 μg/100 mL로 매우 유의성 있게($p < 0.01$) 증가하였다(Table 4).

Table 4. Changes in serum cortisol concentration before and after exercise in 10 ponies

Parameter	Pre-exercise (n = 10)	Post-exercise (n = 10)	p value
Cortisol ($\mu\text{g}/100 \text{ mL}$)	3.4 ± 0.8	9.2 ± 2.3	0.00*

Data are expressed as mean \pm SD. *Indicates significance ($p < 0.01$).

고 찰

운동으로 인한 혈액학 및 혈청 생화학적 변화는 사람과 말의 경우 운동의 유형, 운동 조절의 단계, 연령, 성별 및 몸 상태에 따라 변할 수 있다[7,11-13]. 운동을 하는 동안 탈수로 인하여 전해질 농도가 크게 변할 수 있으며, 운동으로 인한 스트레스가 혈중 전해질 농도에도 영향을 미칠 수 있다[14]. 또한 운동 스트레스에 의한 cortisol 호르몬 변화는 특히 운동의 강도와 지속시간과 밀접한 관계가 있으며, 운동으로 탈수가 일어나면 스트레스 수준이 높아질 수 있다[14-17].

말에 대한 Larsson 등[18]의 연구에서 지구력경기 전후의 혈액화치를 비교한 결과에 따르면, WBC, RBC, Hb은 증가하고, TP의 수치가 감소한다고 하였다. 이 연구결과에서는 경주 중 지속적으로 수분과 전해질을 공급하여서 TP가 감소하여, 본 연구 결과와는 TP가 상반되게 나타난 것으로 보인다. TP의 변화는 수분 공급과 밀접한 관계가 있으며, 경기 중 말의 자발적 수분섭취에 의해 TP는 신속하게 정상 수준으로 돌아올 수 있다[19,20]. 본 실험에서 PCV, WBC, RBC, Hb, TP의 증가는 운동에 따른 땀 손실로 혈액량 감소와 운동 중 급수의 제한으로 나타나는 탈수의 결과라고 생각된다.

전해질 농도를 비교한 Larsson 등[18]의 연구에 따르면, Na^+ 은 증가하고, K^+ , Ca^{++} 이 감소하였다. 또 다른 연구인 Rama 등[21]의 보고에서는 말의 운동에 의한 혈중 전해질 Na^+ , K^+ 이 유의성 있게 ($p < 0.05$) 증가하여 고나트륨 혈증 및 고칼륨혈증을 나타낸다고 하였다. K^+ 이온은 세포내에 존재하며 세포 내액 및 외액 사이의 균형을 조절하고, 혈장의 산염기 상태에 따라 세포막 간에 K^+ 의 이동이 이루어진다. 강한 운동 후 K^+ 은 산증으로 세포내에서 즉시 세포 외로 이동하며 고칼륨혈증을 일으킬 수 있다[14,21]. 그러나 K^+ 의 감소는 알칼리증에서 세포 외액의 K^+ 이 세포 내액으로 이동하므로 혈장내 칼륨이 감소하게 된다. 본 연구에서 Na^+ 은 유의성 있게 증가하고, K^+ 은 약간 감소하며, Ca^{++} 이 유의성 있게 감소하여서 Larsson 등[18]의 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구에서 전해질 Na^+ 의 증가는 운동으로 인해 세포 내액 및 세포 외액 간 삼투압 농도의 불균형이 발생되면서 항상성을 유지하기 위해 증가한 것이며, K^+ 은 약간 감소하지만 통계적인 유의차가 없고, Ca^{++} 의 감소는 운동으로 인한 근육 수축 및 신경 세포 사이의 조절작용으로 감소되었을 것으로 보인다. 전해질 농도는 수분 공급과 급수 제한에 따라 변화될 수 있으며, 이 또한 운동에 의한 영향이라고 볼 수 있다.

혈청효소 및 화학치를 비교한 Larsson 등[18]의 연구에서,

CK, AST, GGT, BUN, creatinine, bilirubin은 상승하고, glucose는 감소하여 본 연구와 같은 경향을 나타내었다. 또 다른 연구인 Rama 등[21]의 보고서에는 CK, creatinine의 유의성 있는 ($p < 0.05$) 증가를 근거로 급성신장 기능장애, 근육 손상이 나타났다고 하였다. 본 연구에서 운동 후 말의 혈청근육효소들의 유의적인 상승은 근육세포괴사가 아니라 세포막의 투과성 변화의 결과로 여겨지며, 대부분 정상범위 내로 운동으로 인해 활성이 상승된 것으로 보인다. 그렇지만 bilirubin의 정상범위(0.8-2.6 mg/100 mL)를 벗어난 $2.95 \pm 1.26 \text{ mg}/100 \text{ mL}$ 에서 $4.40 \pm 2.25 \text{ mg}/100 \text{ mL}$ 로 증가는 운동 외에도 건조한 농축사료나 건조 등이 원인이 될 수 있으며[8], 간 기능의 이상 징후일 수도 있다. 그 밖의 혈청효소와 생화학치의 증가와 glucose의 감소는 근육 손상의 외적인 임상 징후와 관련이 없으며, 운동으로 인하여 에너지 소비 증대와 간기능 및 신장기능 대사활성에 근거한 것으로, 발한과 운동 중 음수섭취 제한으로 나타날 수 있는 탈수 현상으로 여겨진다.

운동으로 인한 스트레스 호르몬인 cortisol에 대한 Linden 등[9]의 연구에서 5가지 운동종류에 따른 혈장 내 cortisol 측정 결과에서 cross country에서는(Saddlebred; 3,526 km, 471.8 sec) 1.6배 증가하였고, trot race에서는(Standardbred; 2.2 km, 178.2 sec) 1.9배 증가하고, flat race에서는(Thoroughbred; 2 km, 129.5 sec) 2.1배로 증가하였고, show jump에서는(Saddlebred; 0.5 km, 96.6 sec) 2.2배의 증가를 보였으며, endurance ride에서는(Saddlebred; 44 km, 14,000 sec) 2.7배로 증가되었다고 하였다. 본 연구에서는 운동 후 혈청 내 cortisol 농도가 운동 전 $3.4 \pm 0.8 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$ 에서 $9.2 \pm 2.3 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$ 로 매우 유의성 있게 ($p < 0.01$) 증가하여 Linden 등[9]의 연구 44 km endurance ride에서 cortisol의 증가 수치와 비슷한 결과로 나타났다.

운동 중 적절한 물과 전해질 공급은 신진대사의 산성화를 억제할 뿐만 아니라 운동으로 인해 발생하는 열을 낮추고, cortisol 호르몬 배출을 감소시킨다[14,22]. 운동으로 인한 에너지 소비에 따른 추가적인 에너지 섭취의 불균형은 신경 뇌 분비 조절의 정상적인 패턴을 저해하는 다양한 요인으로 작용할 수 있다. 호르몬분비의 징후는 사료 섭취, 지방산 대사 또는 포도당 및 인슐린 조절에 대한 영향을 통해 에너지 균형을 중재하는 역할을 한다[23,24].

이 연구에서는 혈액의 다양한 매개 변수를 기반으로 하여 하루에 3회 승마교육에 사용된 말의 혈액 변화를 분석하여 승마운동으로 인한 생리학적 변화를 평가한 결과로 혈액, 전해질, 혈청생화학 그리고 cortisol 호르몬의 변화는 운동이 에너지 소비와 땀 손실과 음수 섭취 제한의 결과이며, 탈수와

스트레스를 받은 것으로 판단된다.

본 연구에서 하루동안 승마강습에 사용된 말의 운동 전후의 혈액치와 생화학치 검사 결과로 PCV, WBC, RBC, Hb, TP가 유의성 있게($p < 0.05$) 증가되었으며, Na^+ 농도는 유의성 있게($p < 0.01$) 증가되었고, Ca^{++} 농도는 유의성 있게($p < 0.01$) 감소되었다. CK, AST, GGT, BUN, creatinine, bilirubin은 유의성 있게($p < 0.05$) 증가되었고 glucose는 유의성 있게($p < 0.05$) 감소하였다. 그리고 스트레스 정도를 측정할 cortisol농도는 정상범위를 벗어나 매우 유의성 있게($p < 0.01$) 증가하였다.

위와 같은 결과로 하루 3회의 승마교육은 승용마의 혈액학 및 혈청생화학 수치의 변화를 일으키는 것을 확인할 수 있었으며, 특히 과도한 운동으로 승용마는 스트레스를 받는 것으로 확인되었다.

References

1. Hyypa S. Endocrinal responses in exercising horses. *Livest Prod Sci* 2005;92:113-121.
2. Art T, Lekeux P. Exercise-induced physiological adjustments to stressful conditions in sports horses. *Livest Prod Sci* 2005;92:101-111.
3. Lindholm A. Pathophysiology of exercise induced diseases of the musculoskeletal system of the equine athlete. *Equine Exerc Physiol* 1987;2:711-727.
4. McEwen SA, Hulland TJ. Histochemical and morphometric evaluation of skeletal muscle from horses with exertional rhabdomyolysis (tying-up). *Vet Pathol* 1986;23:400-410.
5. Valberg S, Jönsson L, Lindholm A, Holmgren N. Muscle histopathology and plasma aspartate aminotransferase, creatine kinase and myoglobin changes with exercise in horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. *Equine Vet J* 1993;25:11-16.
6. Anderson MG. The influence of exercise on serum enzyme levels in the horse. *Equine Vet J* 1975;7:160-165.
7. Noakes TD. Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports Med* 1987;4:245-267.
8. Ogilvie GK, Engelking LR, Anwer MS. Effects of plasma sample storage on blood ammonia, bilirubin, and urea nitrogen concentrations: cats and horses. *Am J Vet Res* 1985;46:2619-2622.
9. Linden A, Art T, Amory H, Desmecht D, Lekeux P. Effect of 5 different types of exercise, transportation and ACTH administration on plasma cortisol concentration in sport horses. *Equine Exerc Physiol* 1991;3:391-396.
10. McKeever KH. The endocrine system and the challenge of exercise. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2002;18:321-353.
11. Armstrong RB, Ogilvie RW, Schwane JA. Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1983; 54:80-93.
12. Hamlin MJ, Shearman JP, Hopkins WG. Changes in physiological parameters in overtrained Standardbred racehorses. *Equine Vet J* 2002;34:383-388.
13. Harris PA, Marlin DJ, Gray J. Plasma aspartate aminotransferase and creatine kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. *Vet J* 1998; 155:295-304.
14. Coenen M. Exercise and stress: impact on adaptive processes involving water and electrolytes. *Livest Prod Sci* 2005;92:131-145.
15. Friend TH. Dehydration, stress, and water consumption of horses during long-distance commercial transport. *J Anim Sci* 2000;78:2568-2580.
16. Marlin DJ, Fenn K, Smith N, Deaton CD, Roberts CA, Harris PA, Dunster C, Kelly FJ. Changes in circulatory antioxidant status in horses during prolonged exercise. *J Nutr* 2002;132: 1622S-1627S.
17. Medica P, Giacoppo E, Fazio E, Aveni F, Pellizzotto R, Ferlazzo A. Cortisol and haematochemical variables of horses during a two day trekking event: effects of preliminary transport. *Equine Vet J Suppl* 2010;42:167-170.
18. Larsson J, Pilborg PH, Johansen M, Christophersen MT, Holte A, Roepstorff L, Olsen LH, Harrison AP. Physiological parameters of endurance horses pre- compared to post-race, correlated with performance: a two race study from Scandinavia. *ISRN Vet Sci* 2013;2013:684353.
19. Carlson GP, Mansmann RA. Serum electrolyte and plasma protein alterations in horses used in endurance rides. *J Am Vet Med Assoc* 1974;165:262-264.
20. Robert C, Goachet AG, Fraipont A, Votion DM, Van Erck E, Leclerc JL. Hydration and electrolyte balance in horses during an endurance season. *Equine Vet J Suppl* 2010;42:98-104.
21. Rama R, Ibáñez J, Riera M, Prats MT, Pagés T, Palacios L. Hematological, electrolyte, and biochemical alterations after a 100-km run. *Can J Appl Physiol* 1994;19:411-420.
22. Guthrie AJ, Lund RJ. Thermoregulation. Base mechanisms and hyperthermia. *Vet Clin North Am Equine Pract* 1998;14:45-59.
23. Gale SM, Castracane VD, Mantzoros CS. Energy homeostasis, obesity and eating disorders: recent advances in endocrinology. *J Nutr* 2004;134:295-298.
24. Havel PJ. Peripheral signals conveying metabolic information to the brain: short-term and long-term regulation of food intake and energy homeostasis. *Exp Biol Med (Maywood)* 2001;226: 963-977.