

Długotrwały wysiłek i jego wpływ na wybrane wskaźniki hematologiczne krwi koni

HANNA BIS-WENCEL, KRZYSZTOF LUTNICKI*,
AGNIESZKA ZOFIA ROWICKA, MONIKA BRYL

Pracownia Biologii Rozrodu Katedry Higieny Zwierząt i Środowiska Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt UP,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

*Zakład Chorób Wewnętrznych Zwierząt Gospodarskich i Koni Katedry i Kliniki Chorób Wewnętrznych Zwierząt
Wydziału Medycyny Weterynaryjnej, ul. Głębocka 30, 20-033 Lublin

Bis-Wencel H., Lutnicki K., Rowicka A. Z., Bryl M.

Long-term exercise and its effect on selected hematological parameters of blood in horses

Summary

The purpose of this study was to determine the effect of long-term exercise of varying intensity on selected hematological blood parameters of horses. The study was conducted on 24 clinically healthy half-blood horses. Blood for designations was collected twice: at the beginning of March, when the indoor season was approaching an end (a smaller number of starts), and at the end of May, when efforts were particularly intensified due to the continuous training and the beginning of the open season (more starts). The whole blood was examined for: the total number of erythrocytes (RBC), hematocrit (Ht), hemoglobin (Hb), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) and the red blood cell distribution width (RDW). The study was performed using an MS9 hematology analyzer. Mean values were compared between the retrievals (stallions and mares), and animals of both sexes were compared among themselves in collections I and II.

The study showed that the growing physical effort of sport horses caused increased rates of hematological parameters, such as RBC, Ht, MCV, RDW in both stallions and mares in collection II compared to collection I.

Studies of hematological parameters are an important element of planning and monitoring the workouts of horses.

Keywords: horse, effort, hematological parameters

Celem pracy fizjologów zajmujących się wysiłkiem koni jest wskazanie najbardziej sprawnych fizycznie osobników, co pozwala zaplanować indywidualne programy treningowe według cech zwierząt i ich wymagań metabolicznych związanych z rodzajem wykonywanej pracy (7).

Jednym z najważniejszych zadań badawczych jest pozyskanie nowych i użytecznych informacji dotyczących tych cech, które czynią z konia wysmienitego sportowca. Kontrola stanu zdrowia oraz możliwości wydolnościowych i sprawnościowych cech koni, ma ogromne znaczenie w monitoringu ich zdrowia. Towarzyszący koniom ruch, wynikający z ich usposobienia (behawioru), może wpływać zarówno negatywnie, jak i pozytywnie na organizm zwierzęcia oraz indukuje zmienność składników płynów ustrojowych. Wysiłek fizyczny i proces treningowy powodują liczne zmiany w organizmie, a w szczególności w układzie krążenia i oddechowym. Zjawiska te zachodzą w obu układach równocześnie i w sposób zintegrowany, jako część reakcji zachowania homeostazy organizmu.

Celem badań było określenie wpływu długotrwałego wysiłku o różnej intensywności na wartość wskaźników hematologicznych u koni szlachetnych półkrwi.

Materiał i metody

Badania zostały przeprowadzone w stadzie „S” znajdującym się na terenie województwa lubelskiego. Do doświadczenia wybrano 24 konie wierzchowe półkrwi, startujące w dyscyplinie skoki przez przeszkody. Grupy doświadczalne stanowiło 11 ogierów i 13 klaczy w wieku 3-11 lat.

Badaniami objęto sezon wiosenno-letni. Konie utrzymywane były w pojedynczych boksach w stajni, na ściółce ze słomy, ze stałym dostępem do wody bieżącej. Dawka żywnościowa średnio na dobę na jednego konia wynosiła: 3,5 kg siana dwa razy dziennie, 5 kg owsa (w dwóch odpasach) oraz 60 g witaminy B i witaminy E (preparat Hipp Vital). Podczas startów w zawodach konie dokarmiane były paszą w postaci musli – Dynamix firmy Besterly, dwa razy dziennie po 1 kg.

Zwierzęta objęte były codziennym programem treningowym, na który składało się: 1 godz. – karuzela, 10 min. – stęp, 10 min. – kłus rozluźniony, 5 min. – kłus roboczy,

5-7 min. – galop. Podczas startów koni w zawodach plan treningowy obejmował dodatkowo 1 godz. lonżowania i 1 godz. jazdy na ujeżdżalni (pod siodłem), w godzinach przedpołudniowych.

Konie znajdowały się pod stałym nadzorem lekarza weterynarii i były poddawane właściwym temu gatunkowi zwierząt zabiegom profilaktycznym.

Krew do oznaczeń pobrano dwukrotnie: na początku marca, pod koniec sezonu halowego (mniejsza liczba startów) oraz pod koniec maja, kiedy wysiłek był szczególnie zintensyfikowany ze względu na ciągły trening i rozpoczęcie sezonu otwartego (większa liczba startów – pobranie II).

Krew pobierano z żyły szyjnej zewnętrznej do probówek z K₂EDTA w systemie zamkniętym, w godzinach porannych, przed karmieniem i pojeniem koni.

W krwi pełnej oznaczono: ogólną liczbę erytrocytów (RBC), hematokryt (Ht), stężenie hemoglobiny (Hb), średnią objętość krwinek czerwonych (MCV), średnią zawartość hemoglobiny (MCH), średnie stężenie hemoglobiny w krwince (MCHC) oraz wskaźnik zróżnicowania objętości czerwonych krwinek (RDW). Badania wykonano przy użyciu analizatora hematologicznego MS9.

Uzyskane wyniki przedstawiono w postaci średnich arytmetycznych (\bar{x}) i odchyłeń standardowych (SD). Analizę danych wykonano przy użyciu testu t-Studenta z wykorzystaniem pakietu statystycznego programu SPSS 12.0 PL.

Wyniki i omówienie

Średnie wartości i odchylenia standardowe oznaczonych wskaźników hematologicznych krwi koni podano w tab. 1. Średnie wartości parametrów porównano pomiędzy pobraniami (ogierzy i klaczy), a w obrębie pobrań porównano zwierzęta obu płci między sobą.

Średnie wartości liczby erytrocytów w obu pobraniach wahały się w granicach $8,63 \pm 9,02$ (T/l). Różnice powyższych wartości były statystycznie istotne przy poziomie istotności $p \leq 0,05$. Zarówno u ogierów, jak i u klaczy wystąpił wzrost liczby erytrocytów w pobraniu II w stosunku do I. Statystycznie istotnych różnic nie odnotowano. Podobnie kształtowała się tendencja zmienności średniej wartości hematokrytu. Odnotowano wzrost tego parametru w II pobraniu zarówno w grupie ogierów, jak i klaczy, a statystycznie istotne różnice wystąpiły tylko u ogierów ($p \leq 0,05$).

Średni poziom hemoglobiny wykazywał tendencję spadkową w II pobraniu u ogierów i klaczy, przy czym różnice te nie były statystycznie istotne. Podobnie, spadek wartości parametrów pośrednich zaobserwowano w II pobraniu w odniesieniu do MCH i MCHC. Średnie stężenie hemoglobiny w krwince (MCHC) róż-

niło się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $p \leq 0,01$ pomiędzy pobraniami oraz w pobraniach pomiędzy płciami.

Kolejny wzrost parametrów w II pobraniu odnotowano dla MCV i RDW z wyjątkiem klaczy, u których stwierdzono niewielki spadek tego parametru, nieistotny statystycznie w przypadku obu parametrów.

Wytrenowanie przystosowuje ośrodkowy układ nerwowy, pozostałe układy biorące udział w ruchu oraz ustrojową przemianę materii do zwiększonego obciążenia w zmienionych warunkach. Wysiłki fizyczne niezależnie od stopnia wytrenowania, prowadzą zawsze do zwiększenia liczby krwinek czerwonych i ilości hemoglobiny na skutek przemieszczania krwi z jej magazynów do tkanek obwodowych, jako reakcji adaptacyjnej (14). U koni ogólna koncentracja hemoglobiny (Hb) wzrasta prawie dwukrotnie w czasie, gdy krwinki czerwone są uwalniane ze śledziony, jako odpowiedź na pobudzenie układu współczulnego (11). Ilość przechowywanych w śledzionie krwinek zależy między innymi od wieku i stopnia wytrenowania koni. W warunkach optymalnych do 60% erytrocytów jest magazynowanych w śledzionie i są one uwalniane do krwi obwodowej nie tylko podczas wysiłku, ale także w sytuacjach stresowych (13).

Intensywny wysiłek fizyczny u ludzi powoduje zmiany w objętości osocza będące konsekwencją zaburzeń w utrzymaniu homeostazy wewnątrzustrojowej. Pole-

Tab. 1. Kształtowanie się wartości wskaźników hematologicznych krwi koni w początkowej oraz zaawansowanej fazie treningu ($\bar{x} \pm SD$)

Wskaźniki	Pobranie			
	I ♂	I ♀	II ♂	II ♀
RBC (T/l)	8,56 ± 1,22	8,68 ± 0,88	8,99 ± 1,66	9,04 ± 1,51
Razem	\bar{x} : 8,63 ^a ± 1,03		\bar{x} : 9,02 ^b ± 1,54	
Hb (mmol/l)	8,38 ± 0,93	8,59 ± 0,76	8,35 ± 1,10	8,56 ± 1,09
Razem	\bar{x} : 8,49 ± 0,83		\bar{x} : 8,47 ± 1,08	
Ht (l/l)	0,42 ^a ± 0,05	0,44 ± 0,05	0,46 ^b ± 0,06	0,48 ± 0,06
Razem	\bar{x} : 0,43 ± 0,05		\bar{x} : 0,47 ± 0,06	
MCH (fmol)	0,98 ± 0,06	0,99 ± 0,03	0,95 ± 0,19	0,96 ± 0,13
Razem	\bar{x} : 0,99 ± 0,05		\bar{x} : 0,95 ± 0,16	
MCHC (mmol/l)	19,74 ^A ± 0,71	19,55 ^A ± 0,62	17,99 ^B ± 1,02	17,99 ^B ± 0,73
Razem	\bar{x} : 19,64 ^A ± 0,66		\bar{x} : 17,98 ^B ± 0,86	
MCV (fl)	49,84 ± 2,69	50,7 ± 1,88	52,22 ± 8,00	53,48 ± 6,85
Razem	\bar{x} : 50,31 ± 2,28		\bar{x} : 52,90 ± 7,26	
RDW	11,32 ± 0,64	11,28 ± 0,58	12,40 ± 3,26	11,16 ± 0,64
Razem	\bar{x} : 11,30 ± 0,59		\bar{x} : 11,73 ± 2,29	

Objaśnienia: A, B, C – średnie oznaczone dużymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,01$; a, b, c – oznaczone małymi literami przy $p \leq 0,05$; RBC – liczba erytrocytów; Hb – hemoglobina; Ht – hematokryt; MCH – średnia masa hemoglobiny w krwince; MCHC – średnie stężenie hemoglobiny w krwince; MCV – średnia objętość krwinek czerwonych; RDW – wskaźnik zróżnicowania objętości czerwonych krwinek

gają one na znacznym jego zmniejszeniu w początkowej fazie wysiłku (o około 15-16% bezpośrednio po jego zakończeniu) oraz na wzroście w okresie powysiłkowym, jako reakcja kompensacyjna (1). U koni po wysiłku spodziewany jest wzrost wartości hematokrytu, będący głównie następstwem skurczu śledziony i w mniejszym stopniu odwodnienia. Przyjmując za 100% wartość hematokrytu przed treningiem, procentowy wzrost Ht u koni podczas zawodów wynosił ok. 40% (3). Stwierdzono, że objętość osocza u ludzi w drugim dniu po zakończeniu biegu maratońskiego może być o 16% większa w stosunku do wartości początkowej. Absolutny przyrost objętości osocza wynosi więc 560 ml. Można również zaobserwować przyrost objętości osocza o około 12-20% podczas kolejnych dni treningu. Przyrost ten jest zależny od intensywności i rodzaju ćwiczeń fizycznych oraz od stanu wydolności organizmu przed podjęciem treningu. Wysiłek powiązany także ze zmiennością parametrów czerwono-krwinkowych (Hb, Ht). Osoby wytrenowane mają większą ilość hemoglobiny i jej stężenie zwykle przekracza 16 g/100 ml krwi (1).

Badania Wardyn i wsp. (15) przeprowadzone na ludziach wykazały istotny statystycznie wzrost hemoglobiny oraz hematokrytu pomiędzy próbkami uczestników eksperymentu przed i po wysiłku. Zauważono również statystycznie istotne różnice w wartości Hb i Ht pomiędzy uczestnikami wytrenowanymi a niewytrenowanymi. Ponieważ powyższe zmiany nastąpiły w obu badanych grupach ludzi: wytrenowanych i niewytrenowanych, obu płci, może to sugerować, że wysiłek, a nie trening ma bezpośredni wpływ na wskaźniki krwiotwórcze. Ponadto niektórzy wykazali niezmienną lub mniejszą wartość Hb i Ht, co może odzwierciedlać indywidualną odpowiedź na zmiany fizjologiczne oraz na stresor, jakim jest wysiłek (15). Podobnie u koni, po wysiłku następuje niewielkie odwodnienie, powodujące zagęszczenie krwi. W grupie starszych koni odnotowano najmniejszą zmienność osobniczą stężenia hemoglobiny, natomiast największy rozrzut wartości indywidualnych stwierdzono u koni młodych (3).

Jednym z głównych czynników ograniczających zdolność wysiłkową organizmu konia jest brak tlenu, prowadzący do niedotlenienia. Istotną rolę odgrywa zarówno sprawność jego pobierania, szybkość rozprowadzania po organizmie i dostarczania do komórek, jak i wykorzystanie w mięśniach. Tlen jest dostarczany przez krew w postaci kompleksu z hemoglobina, dlatego dla ogólnej wydolności fizycznej istotna jest zarówno liczba erytrocytów, jak i poziom zawartej w nich hemoglobiny. Parametry te wykazują dużą zmienność w zależności od rasy konia i stopnia jego wytrenowania (12). Krótkotrwały wysiłek lekki i średnio ciężki, np. lekki kłus koni (nieprzekraczający 1 km), galop 250 m lub parogodzinny stęp wywołuje wyraźny, lecz niewielki wzrost liczby krwinek czerwonych i ilości hemoglobiny. Cięższe wysiłki, np. ga-

lop do 1 km czy pospieszny stęp trwający parę godzin, powodują już większe zmiany nasilające się wraz z końcem pracy. Zmiany w składnikach upostaciowanych krwi spowodowane są w tym przypadku przemieszczeniem do naczyń obwodowych znacznych objętości krwi z jej magazynów ustrojowych. Wysiłki długotrwałe i ciężkie, np. rajd 50-100 km prowadzą do znacznego zwiększenia liczby krwinek czerwonych i ilości hemoglobiny (14), a długotrwały intensywny trening w ekstremalnych warunkach (np. wysokość n.p.m.) powoduje zwiększenie erytropoezy.

Publikowane w piśmiennictwie wartości zmian wskaźników czerwono-krwinkowych połączonych z wysiłkiem u koni są sprzeczne (3, 4, 10, 12, 17). Jest to prawdopodobnie spowodowane osobniczo zmienną intensywnością wysiłku oraz różnicami w zdolności utrzymywania homeostazy, która w sposób istotny może wpływać na właściwości objętościowe erytrocytów.

Większość badaczy wykazała istotny wzrost liczby RBC pod wpływem wyczerpanego wysiłku (3, 8, 17). Dane te pozostają w zgodzie z wynikami badań własnych, przy czym otrzymane od ogierów i klaczy wyniki znajdowały się w zakresie wartości referencyjnych (16) zarówno w pierwszym, jak i w drugim pobraniu. Uzyskane w trakcie badań wyniki sugerują potrzebę szczególnej obserwacji zapotrzebowania koni na żelazo i witaminę B₁₂ w czasie intensywnego treningu.

Konsekwencją intensywnego wysiłku jest również zmniejszenie objętości krwi krążącej w wyniku przemieszczenia wody z osocza poza układ naczyniowy (głównie do mięśni) oraz jej utraty, a co za tym idzie zagęszczenie krwi i wzrost wartości hematokrytu (6, 10, 17). Fakt ten został potwierdzony w badaniach Muñoz i wsp. (7). Uzyskane wyniki świadczą o mobilizacji śledziony i poprawie zdolności przenoszenia tlenu przez krew oraz o dążeniu organizmu do wzrostu pojemności układu sercowo-naczyniowego w warunkach wzmożonego wysiłku. U zdrowego konia sportowego spoczynkowa wartość hematokrytu nie powinna być niższa od 0,33 (13).

Konie posiadają erytrocyty mniejsze, ale o wiele liczniejsze niż we krwi ludzkiej (odpowiednio: MCV 45 fl vs. 90 fl, RBC konia 9,5 T/l vs. 5 T/l). Wartości hematokrytu, koncentracji hemoglobiny i MCHC są praktycznie takie same u koni, jak we krwi ludzkiej (17).

Fakt obniżenia u koni średniej objętości krwinki czerwonej (MCV) wraz z intensyfikacją wysiłku został zauważony przez kilku autorów (2, 8). Interesujące wydaje się zanotowanie wzrostu wartości MCV w obserwacjach własnych, co pozostaje w zgodzie z badaniami przeprowadzonymi w grupie koni rajdowych w treningu wytrzymałościowym (8) oraz wynikami otrzymanymi przez Kästnera i wsp. (4) u koni rasy Quarter Horse. Dane pozostające w zgodzie z powyższymi badaniami zostały również pozyskane od koni pełnej krwi przez Hanazawę i wsp. (2). Wzrost

tego parametru może być spowodowany przewodnieniem lub niedokrwistością (6).

Średnie stężenie hemoglobiny w krwi czerwonej (MCHC) informuje o wysyceniu hemoglobiną przeciętnej krwinki czerwonej i jest określone na podstawie zawartości hemoglobiny w określonej objętości erytrocytów (9). Według badań Muñoz i wsp. (8), średnie stężenie hemoglobiny uległo wzrostowi wraz z intensyfikacją wysiłku u 16 koni wyścigowych (angloaraby) i 8 koni WKKW. Powyższych obserwacji nie potwierdzają badania własne u koni szlachetnej półkrwi, w których zanotowano spadek tego parametru. Badania Hanazawy i wsp. (2) wykazały, że uwolnieniu erytrocytów ze śledziona podczas lekkiego wysiłku towarzyszą niższe wartości MCV i MCHC, podczas gdy uwolnienie erytrocytów podczas ciężkiego wysiłku charakteryzuje się wyższymi wartościami tych parametrów.

Wartości średniej masy hemoglobiny (MCH) wzrosły wraz z wysiłkiem i różniły się istotnie statystycznie u koni andaluzyjskich i WKKW (8) w przeciwieństwie do badań własnych i Kästnera i wsp. (4), gdzie średnia masa hemoglobiny w krwi uległa spadkowi. Spadek wartości tego parametru może świadczyć o „rozrzedzeniu” krwi i jest obecny w stanach przewodnienia organizmu.

Podsumowanie

Idealny sposób przygotowania konia do zawodów zasadniczo nie istnieje, ale odpowiednio zaplanowany i zharmonizowany trening może zapobiec przetrenowaniu lub niedotrenowaniu i zapewnić dobrą formę na czas zawodów oraz adaptację do zmieniającego się wysiłku. Program treningowy powinien zatem być planowany indywidualnie dla każdego konia, z uwzględnieniem rodzaju zawodów sportowych, w których dany koń ma uczestniczyć (3). Celowy, a nawet niezbędny wydaje się zatem monitoring osobniczy koni sportowych w trakcie całorocznych programów treningowych, uwzględniający aktualny stan parametrów homeostazy wewnątrzustrojowej. Badanie wskaźni-

ków hematologicznych stanowi istotny element planowania i monitorowania wysiłku treningowego koni.

Piśmiennictwo

1. *Górski J.*: Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006, 363-366.
2. *Hanazawa K., Kubo K., Kai M.*: Effects of exercise on erythrocytes in normal and splenectomised Thoroughbreds horses. *Equine Vet. J.* 1995, 18, 439-442.
3. *Jawor P., Stefaniak P., Borkowski J., Przewoźny M., Wierzbicki H., Swagemakers J. H.*: Przydatność wybranych parametrów krwi w monitorowaniu prawidłowości treningu koni dyscypliny skoków przez przeszkody. *Medycyna Wet.* 2007, 63, 213-218.
4. *Kästner S. B. R., Feige K., Weishaupt M. A., Auer J. A.*: Heart rate and hematological responses of Quarter horses to a reining competition. *J. Equine Vet. Sci.* 1999, 19, 2, 127-131.
5. *Krumrych W.*: Wpływ standardowego wysiłku fizycznego koni na wartości wybranych wskaźników klinicznych i hematologicznych. *Medycyna Wet.* 2009, 65, 399-403.
6. *Krumrych W.*: Wskaźniki laboratoryjne krwi koni – wartości referencyjne i interpretacja. Państwowy Instytut Weterynarii, Puławy 2007.
7. *Muñoz A., Riber C., Santisteban R., Rubio M. D., Aguera E. I., Castejon F. M.*: Cardiovascular and metabolic adaptations in horses competing in cross-country events. *J. Vet. Med. Sci.* 1999, 61, 13-20.
8. *Muñoz A., Riber C., Trigo P.*: Erythrocyte indices in relation to hydration and electrolytes in horses performing exercises of different intensity. *Comp. Clin. Pathol.* 2008, 17, 213-220.
9. *Pawelski S.*: Diagnostyka laboratoryjna w hematologii. PZWL, Warszawa 1983, 74-76.
10. *Piccione G., Giannetto C., Fazio F., Di Mauro S., Caola G.*: Haematological response to different workload in jumper horses. *Bulg. J. Vet. Med.* 2007, 10, 4, 21-28.
11. *Poole D. C., Erickson H. H.*: Heart and vessels: function during exercise and response to training. *J. Equine Vet. Sci.* 2004, 24, 288-294.
12. *Szarska E.*: Ocena wydolności koni na podstawie zmian wybranych wskaźników krwi badanych w spoczynku, po wysiłku i po okresie restytucji. *Medycyna Wet.* 1990, 46, 452-453.
13. *Szarska E.*: Znaczenie badań diagnostycznych krwi w ocenie stanu zdrowia oraz efektywności treningu koni wyścigowych i sportowych. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 471. Rozprawy CCIII. Wyd. AR, Wrocław 2003.
14. *Stankiewicz W.*: Hematologia weterynaryjna. PWRiL, Warszawa 1973, 130-131.
15. *Wardyn G. G., Rennard S. I., Brusnahan S. K., McGuire T. R., Carlson M. L., Smith L. M., McGranaghan S., Sharp J. G.*: Effects of exercise on hematological parameters, circulating side population cells, and cytokines. *Exp. Hematol.* 2008, 36, 216-223.
16. *Winnicka A.*: Wartości referencyjne podstawowych badań laboratoryjnych w weterynarii. SGGW, Warszawa 2008.
17. *Wood S. C., Fedde M. R.*: Effects of racing and gender on viscoelastic properties of horse blood. *Physiol.* 1997, 107, 165-172.

Adres autora: prof. dr hab. Hanna Bis-Wencel, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: hanna.biswencel@up.lublin.pl