

Zmiany parametrów hematologicznych koni startujących w dyscyplinie skoków przez przeszkody w rocznym cyklu treningowym

KATARZYNA NEUBERG-ZUCHOWICZ, HENRYK GERINGER DE OEDENBERG

Instytut Hodowli Zwierząt, Zakład Hodowli Koni i Jeździectwa UP, ul. Koźuchowska 5a, 51-630 Wrocław

Neuberg-Zuchowicz K., Geringer de Oedenberg H.

Changes in hematological parameters of show jumping horses during yearly training cycle

Summary

The goal of the study was to analyze changes in the hematological parameters of show jumping horses in aerobic training during the yearly training cycle. We also tried to evaluate the effect of these changes on sport results of the horses. Twenty-six noble horses were studied in the research. The investigation lasted from October 2008 until September 2009. That period was divided into trimesters. In each trimester of the training cycle, blood indices (RBC, HGB, HCT, MCV, MCH, MCHC, RDW) were determined, and the Success Sport Index was calculated for each horse. Analysis of variance with repeated measurements and Spearman correlation coefficients were used for data analysis. All hematological parameters were within the normal range for horses. Changes in some parameters during the yearly training cycle were statistically significant. The values of RBC and HCT were significantly higher in trimester II, and these values coincided with a higher value of the Success Sport Index. MCH and MCHC gradually decreased in consecutive trimesters of the yearly training cycle. The lowest levels of HGB, MCH and MCHC were observed in the last trimester, that is, in the summer competition period, which may suggest some disorders in hemoglobin synthesis. Changes in these parameters were more pronounced in mares and geldings than in stallions. The blood indices and their correlations can provide useful information not only about the health status of the animal, but also about erythropoiesis and hemoglobin synthesis. Analysis of hematological parameters should be performed regularly, and training cycles should be adjusted to erythropoiesis.

Keywords: sport horses, hematological indices, correlations

Trening koni do skoków przez przeszkody opiera się na wysiłkach tlenowych (6, 20, 32, 33). Istnieje szereg opracowań przedstawiających wpływ różnych rodzajów wysiłku oraz procesu treningowego na hemogram u koni. U koni 50% erytrocytów gromadzonych jest w śledzionie. Erytrocyty ze śledziony są uwalniane do krwi pod wpływem stresu lub wysiłku w ciągu około 2 minut od zadziałania bodźca (4, 6, 12, 29-31), dlatego ważne jest, aby podczas pobierania krwi nie spowodować nadmiernej ekscytacji zwierzęcia, ponieważ mogłoby to doprowadzić do błędnych wyników. Udowodniono bowiem istotnie wyższy spoczynkowy hematokryt u koni nadpobudliwych niż u koni spokojnych (25).

W licznych opracowaniach podkreślano istotny wzrost spoczynkowej liczby erytrocytów i stężenia hemoglobiny pod wpływem procesu treningowego. Przyczyną wzrostu spoczynkowej liczby erytrocytów pod wpływem intensywnego treningu jest regularnie powtarzany stan hipoksji stymulujący erytropoezę (1, 4, 6, 9, 15, 20, 25, 28). Zaskakującym odkryciem było zwiększenie objętości krwinek czerwonych w procesie

treningu kłusaków. Uważa się, że może to być przyczyną przetrenowania oraz obniżonej dzielności wysiłkowej koni (cyt. 6). Większość badań dotyczących fizjologii wysiłku koni przeprowadzano na koniach trenowanych do gonitw (3, 6, 8, 16, 17, 21, 22, 26, 32, 33), badano wpływ treningu opierającego się na wysiłkach zbliżonych do maksymalnych, w których przeważają procesy beztlenowe. Rosnąca popularność klasycznych dyscyplin jeździeckich, takich jak skoki przez przeszkody, stawia nowe wymagania dotyczące treningu koni w tym kierunku. Trening koni do skoków przez przeszkody powinien być monitorowany nie tylko pod względem poprawy techniki skoku, ale i pod względem fizjologicznych zmian adaptacyjnych.

Celem niniejszych badań było określenie wpływu treningu koni opartego na wysiłkach tlenowych na parametry hematologiczne. Podjęto również próbę sprawdzenia, czy wahania parametrów czerwono-krwinkowych w cyklu treningowym mogą mieć wpływ na wyniki sportowe koni startujących w dyscyplinie skoków przez przeszkody.

Materiał i metody

Badaniami objęto 26 koni sportowych ras gorącokrwistych (polski koń szlachetny półkrwi, wielkopolskiej, hano-werskiej, KWPN, belgijskiej gorącokrwistej, westfalskiej), utrzymywanych w czterech stajniach (X, Y, Z, Q) na Dolnym Śląsku. Konie były trenowane do dyscypliny skoków przez przeszkody. Warunki zoohigieniczne w każdej stajni były podobne i uwzględniały wymagania podyktowane dobrostanem zwierząt. Okres badawczy trwał od października 2008 r. do września 2009 r. i obejmował roczny cykl treningowy. Materiał badawczy stanowiła krew pobrana z żyły szyjnej zewnętrznej od każdego konia około godzinę po porannym karmieniu. Krew do badań pobierano do próbowki zawierającej EDTA, transportowano do laboratorium w specjalnym termosie. Parametry morfologiczne, takie jak: liczba erytrocytów (RBC), stężenie hemoglobiny (HGB), hematokryt (HCT), średnia objętość erytrocytu (MCV), średnia zawartość hemoglobiny w krwince (MCH), średnie stężenie hemoglobiny w krwince (MCHC), rozkład objętości erytrocytów (RDW) oznaczano przy pomocy aparatu ABC Vet 16P firmy Horiba. Okres badawczy (cykl treningowy) podzielono na trzy trymestry: trymestr I obejmował miesiące: październik, listopad, grudzień, styczeń – wprowadzenie w sezon halowy; trymestr II: luty, marzec, kwiecień, maj – sezon halowy, wprowadzenie w sezon startów otwartych; trymestr III: czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień – sezon startów w zawodach otwartych.

Krew do badań pobrano w każdym trymestrze okresu badawczego: badanie w trymestrze I przeprowadzono w listopadzie 2008 r. w stajniach X, Y, Z, Q; badanie w trymestrze II przeprowadzono pod koniec lutego 2009 r. w stajni X, oraz w marcu 2009 r. w stajniach Y, Z, Q; badanie w trymestrze III przeprowadzono pod koniec czerwca 2009 r. w stajniach X i Y oraz na początku lipca 2009 r. w stajniach Z i Q.

Wyniki sportowe koni w każdym trymestrze określono za pomocą Wskaźnika Sukcesu Sportowego (19, 20). WSS jest średnią punktów zdobytych za każdy start w danym trymestrze. Przy obliczaniu punktów za start (PS) uwzględniono: liczbę koni w konkursie, miejsce uzyskane przez konia, punkty za klasę konkursu, współczynnik rangi zawodów (19, 20). WSS z każdego trymestru zestawiono z wartościami parametrów hematologicznych.

Analizę statystyczną przeprowadzono przy pomocy pakietu Statistica 9.0. Zastosowano analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami (14, 27), uwzględniając: płeć koni (W – wałachy, O – ogiery, K – klacze); grupę wiekową („< 7” – konie, które na początku okresu badawczego miały nie więcej niż 6 lat, zaliczono je do młodych koni, dla których są ograniczenia dotyczące klasy konkursów oraz „≥ 7” – konie, które na początku okresu badawczego miały 7 i więcej lat); typ stajni (P – pensjonaty dla koni (stajnie X, Z), każdy koń miał innego jeźdźcę; OS – ośrodki szkolenia koni (stajnie Y i Q), gdzie zatrudnionych było po dwóch jeźdźców profesjonalistów). Istotność różnic określono testem Tukeya, $p \leq 0,05$.

Obliczono współczynniki korelacji Spearmana pomiędzy wybranymi parametrami morfologicznymi w każdym trymestrze (14, 27).

Wyniki i omówienie

Średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe parametrów hematologicznych u koni sportowych trenowanych do skoków przez przeszkody przedstawiono w tab. 1. Wartości parametrów w trzech trymestrach cyklu treningowego mieściły się w granicach wartości referencyjnych podawanych dla koni (12, 29, 34), z wyjątkiem wskaźnika RDW, który był poniżej wartości referencyjnych. Dla koni startujących w dyscyplinie skoków przez przeszkody charakterystyczne są niższe średnie wartości wskaźników hematologicznych niż u koni trenowanych do rajdów długodystansowych czy WKKW. Uważa się, że w treningu koni do skoków przez przeszkody większą rolę odgrywa technika skoku, a wytrzymałość nie jest tak istotna (33).

Istotnie wyższą liczbę erytrocytów (RBC) oraz hematokryt (HCT) odnotowano w drugim trymestrze okresu badawczego. Stężenie hemoglobiny (HGB) istotnie obniżyło się w ostatnim trymestrze, czyli w letnim okresie startowym. Średnia objętość krwinek czerwonych (MCV) była istotnie niższa w pierwszym trymestrze niż w kolejnych. Natomiast średnia zawartość hemoglobiny w krwince (MCH) oraz średnie stężenie hemoglobiny w krwince (MCHC) istotnie obniżyły się w kolejnych trymestrach cyklu treningowego. Rozkład objętości krwinek czerwonych (RDW) lub inaczej: wskaźnik anizocytozy (34) był istotnie niższy w trymestrze pierwszym niż w drugim i trzecim. Wskaźnik Sukcesu Sportowego (WSS), odzwierciedlający wyniki sportowe koni nie różnił się istotnie w poszczególnych trymestrach. Analizując średnie wartości parametrów hematologicznych oraz średnie WSS z każdego trymestru można zaobserwować pewne prawidłowości. Najwyższy średni WSS w trymestrze drugim towarzyszył istotnie wyższym wartościom RBC i HCT w trymestrze drugim. Najniższy średni WSS w trymestrze trzecim towarzyszył istotnie niższym wartościom HGB, MCH i MCHC w trymestrze trzecim. W badaniach nad końmi skokowymi przeprowadzonymi przez Gilla i wsp. (5) odnotowano brak istotnych spoczynkowych zmian RBC, HGB i HCT w cyklu treningowym, podobnie jak u koni w treningu rajdowym (25). U koni w procesie ujeżdżania zaobserwowano istotny wzrost poziomu HGB już w drugim tygodniu treningu, utrzymujący się w dalszym okresie treningu. Obserwowany przyrost stężenia hemoglobiny we krwi autorzy tłumaczyli reakcją organizmu usprawniającą transport tlenu (11). W innych badaniach ci sami autorzy nie odnotowali istotnego wzrostu HGB pod wpływem treningu koni arabskich (10). Wzrost stężenia hemoglobiny we krwi spoczynkowej może być istotny tylko u koni rozpoczynających trening, a szczególnie trening bazujący na wysiłkach beztlenowych.

Istotne obniżanie się poziomu MCH i MCHC w kolejnych trymestrach okresu badawczego i najniższe wartości tych parametrów w porze letniej (trymestr III) nie mogły być spowodowane zmiennością sezonową. Badania nad wpływem pór roku na kształtowanie się wskaźników hematologicznych u koni pokazały, że istotnie wyższe wartości MCH i MCHC wystąpiły w miesiącach

Tab. 1. Średnie wskaźniki czerwonych krwi koni startujących w skokach przez przeszkody oraz Wskaźniki Sukcesu Sportowego w trymestrach rocznego cyklu treningowego, z uwzględnieniem płci koni (W – wałachy, O – ogiery, K – klacze) ($\bar{x} \pm sd$)

Wskaźniki	Trymestr											
	I (n = 26)				II (n = 26)				III (n = 26)			
	W (n = 9)	O (n = 6)	K (n = 11)	Razem	W (n = 9)	O (n = 6)	K (n = 11)	Razem	W (n = 9)	O (n = 6)	K (n = 11)	Razem
RBC [T/l]	7,4 ± 0,8 ^a	8,1 ± 0,7	7,5 ± 0,6 ^a	7,6 ± 0,7 ^a	7,9 ± 0,9 ^b	8,4 ± 0,3	8,0 ± 0,7 ^b	8,1 ± 0,7 ^b	7,3 ± 0,7 ^a	8,4 ± 0,3	7,3 ± 0,5 ^a	7,5 ± 0,7 ^a
HGB [mmol/l]	7,5 ± 0,6 ^a	8,2 ± 0,5	7,6 ± 0,5 ^a	7,7 ± 0,6 ^a	7,5 ± 0,8 ^b	8,4 ± 0,4	7,6 ± 0,8 ^b	7,8 ± 0,8 ^a	6,7 ± 0,5 ^a	7,9 ± 0,7	6,7 ± 0,6 ^a	7,0 ± 0,8 ^b
HCT [%]	34,2 ± 3,2 ^a	39,0 ± 3,7	34,8 ± 3,3 ^a	35,6 ± 3,7 ^a	37,3 ± 3,9 ^b	41,9 ± 2,5	38,0 ± 4,0 ^b	38,6 ± 4,0 ^b	34,1 ± 2,4 ^a	41,4 ± 3,1	34,2 ± 3,2 ^a	35,8 ± 4,2 ^a
MCV [fl]	46,1 ± 2,3 ^a	48,5 ± 2,2 ^a	46,4 ± 1,3 ^a	46,8 ± 2,0 ^a	47,2 ± 2,3 ^b	49,7 ± 2,1 ^b	47,6 ± 1,4 ^b	48,0 ± 2,1 ^b	47,0 ± 2,0 ^b	49,2 ± 2,6 ^b	47,2 ± 1,2 ^b	47,6 ± 2,0 ^b
MCH [fmol]	1,01 ± 0,06 ^a	1,02 ± 0,04 ^b	1,01 ± 0,03 ^a	1,01 ± 0,04 ^a	0,95 ± 0,05 ^b	0,99 ± 0,04 ^b	0,96 ± 0,03 ^b	0,96 ± 0,04 ^b	0,92 ± 0,04 ^c	0,94 ± 0,07 ^c	0,93 ± 0,02 ^c	0,93 ± 0,04 ^c
MCHC [mmol/l]	21,9 ± 0,5 ^a	21,0 ± 0,6 ^a	21,8 ± 0,7 ^a	21,7 ± 0,7 ^a	20,1 ± 0,3 ^b	20,0 ± 0,2 ^b	20,1 ± 0,4 ^b	20,1 ± 0,3 ^b	19,7 ± 0,4 ^c	19,1 ± 0,5 ^c	19,7 ± 0,3 ^c	19,5 ± 0,4 ^c
RDW [%]	16,1 ± 0,5 ^a	16,5 ± 0,4 ^a	16,4 ± 0,3 ^a	16,3 ± 0,4 ^a	16,9 ± 0,4 ^b	16,8 ± 0,5	16,9 ± 0,3 ^b	16,9 ± 0,4 ^b	16,7 ± 0,4 ^b	16,9 ± 0,6 ^b	17,0 ± 0,4 ^b	16,9 ± 0,5 ^b
WSS [pkt]	118,0 ± 63,0	220,9 ± 110,2	76,3 ± 76,7	134,7 ± 106,8	152,9 ± 163,8	182,3 ± 135,0	116,1 ± 109,3	145,9 ± 131,6	112,6 ± 66,1	205,1 ± 78,4	93,7 ± 56,1	119,2 ± 71,7

Objaśnienia: a, b, c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie w wierszach w obrębie podgrup „płeć” i „razem” przy $p \leq 0,05$

letnich i wiosennych, natomiast niższe zimą. W tych samych badaniach nie stwierdzono istotnego wpływu pory roku na parametry, takie jak: RBC, HCT, HGB i MCV (2).

Wartości wskaźników czerwonych krwi mówią o sprawności syntezy hemoglobiny i jej możliwościach transportu tlenu (4). W trymestrze III można było zaobserwować pewną destabilizację parametrów czerwonych krwi i możliwe zaburzenia erytropoezy. Przy takiej samej liczbie erytrocytów i hematokrytu w badaniach przeprowadzonych w trymestrach I i III, w trymestrze III wystąpiły istotnie niższe stężenia hemoglobiny (HGB) we krwi oraz istotnie niższa średnia zawartość hemoglobiny w erytrocytach (MCH) i średnie stężenie hemoglobiny w erytrocytach (MCHC).

Istotne różnice parametrów czerwonych krwi pomiędzy trymestrem I i III mogą polegać na większym udziale retikulocytów w liczbie erytrocytów (RBC), co potwierdzają również istotnie wyższe wartości RDW i MCV w badaniu przeprowadzonym w trymestrze III retikulocyty („młode” krwinki czerwone) są komórkami zdolnymi do przenoszenia tlenu. Są większe od krwinek czerwonych, przez co stężenie hemoglobiny w retikulocytach jest mniejsze niż w erytrocytach (13, 24, 28). Liczba retikulocytów we krwi obwodowej może wynosić 3-15% (28). Jak wynika z równania opisującego związek pomiędzy długością życia zwierzęcia a długością życia jego erytrocytów, krwinki czerwone koni żyją średnio 143 dni (1). W fizjologicznych warunkach powinna istnieć równowaga między wytwarzaniem a niszczeniem krwinek czerwonych (28). Trening pośrednio może powodować zaburzenia erytropoezy oraz syntezy hemoglobiny (15).

Pogorszenie się wyników sportowych w trymestrze trzecim (spadek WSS) z równoległym istotnym obniżen-

iem się MCH i MCHC może sugerować pewne zaburzenia w syntezie hemoglobiny. Objawami niedokrwistości wskutek niedoboru żelaza są: zmęczenie nawet po wysiłkach o niskiej intensywności oraz niższa produktywność (28). Wartości MCH i MCHC koni skokowych w badaniu przeprowadzonym w trymestrze III mieściły się w granicach wartości referencyjnych, a niedokrwistości niedobarwliwe mogą być potwierdzone dopiero po oznaczeniu zawartości żelaza w surowicy krwi (34).

Istotne zmiany liczby krwinek czerwonych (RBC), stężenia hemoglobiny (HGB) i hematokrytu (HCT) odnotowano tylko u klaczy i wałachów. U ogierów parametry te nie różniły się istotnie pomiędzy badaniami przeprowadzonymi w różnych trymestrach cyklu treningowego. W badaniach przeprowadzonych na ogierach notowano wyższe wartości RBC, HGB i HCT niż u klaczy i wałachów, co wynika z wpływu testosteronu na wydzielanie erytropoetyny (12, 20). Ponadto testosteron, działając katabolicznie, pobudza szpik. Stwierdzono, że niedoczynność jąder lub kastracja może prowadzić do niedokrwistości niedobarwliwej, ustępującej po podaniu testosteronu. Estrogeny, np. folikulina, pobudzają procesy anaboliczne, hamują czynność szpiku, a progesteron pobudzając granulopoezę, wywołuje zmniejszenie trombocytów i erytrocytów (28). Zmiany RBC, HGB i HCT w cyklu treningowym koni skokowych mogły mieć podłoże hormonalne. Natomiast zmiany spoczynkowych parametrów, takich jak: MCV, MCH, MCHC, RDW tak samo przebiegały u ogierów, wałachów i klaczy. Średnie wskaźniki WSS nie różniły się istotnie u koni różnych płci. Zmiany WSS w trymestrach cyklu treningowego przebiegały inaczej u klaczy i wałachów, a inaczej u ogierów. Klacze i wałachy wyższy WSS uzyskały w trymestrze II niż w I i III, a ogiery w trymestrze

Tab. 2. Średnie wskaźniki czerwonych krwi koni startujących w skokach przez przeszkody oraz Wskaźniki Sukcesu Sportowego w trymestrach rocznego cyklu treningowego, z uwzględnieniem grupy wiekowej koni (do i od 7 lat) i typu stajni (P – pensjonat, OS – ośrodek sportowy) ($\bar{x} \pm sd$)

Wskaźniki	Trymestr											
	I (n = 26)				II (n = 26)				III (n = 26)			
	Grupa wiekowa		Typ stajni		Grupa wiekowa		Typ stajni		Grupa wiekowa		Typ stajni	
	< 7 (n = 10)	≥ 7 (n = 16)	P (n = 13)	OS (n = 13)	< 7 (n = 10)	≥ 7 (n = 16)	P (n = 13)	OS (n = 13)	< 7 (n = 10)	≥ 7 (n = 16)	P (n = 13)	OS (n = 13)
RBC [T/l]	7,7 ± 0,7	7,6 ± 0,7 ^a	7,2 ± 0,5 ^A	8,0 ± 0,6 ^a	8,1 ± 0,7	8,0 ± 0,8 ^B	7,7 ± 0,9 ^b	8,4 ± 0,4 ^b	7,7 ± 0,6	7,4 ± 0,8 ^a	7,2 ± 0,6 ^a	7,8 ± 0,7 ^a
HGB [mmol/l]	7,6 ± 0,6 ^a	7,8 ± 0,6 ^a	7,4 ± 0,4 ^A	8,0 ± 0,6 ^a	7,6 ± 0,6 ^a	7,9 ± 0,9 ^A	7,4 ± 0,7 ^a	8,1 ± 0,7 ^a	7,1 ± 0,5 ^b	7,0 ± 0,9 ^b	6,7 ± 0,6 ^b	7,3 ± 0,9 ^b
HCT [%]	34,9 ± 3,4 ^a	36,0 ± 4,0 ^a	33,1 ± 2,0 ^A	38,0 ± 3,5 ^a	37,9 ± 3,3 ^b	39,1 ± 4,4 ^B	36,8 ± 3,9 ^b	40,5 ± 3,2 ^b	35,9 ± 3,1 ^a	35,8 ± 4,8 ^a	34,0 ± 3,0 ^a	37,7 ± 4,5 ^a
MCV [fl]	45,3 ± 1,3 ^a	47,7 ± 1,8 ^a	46,2 ± 1,4 ^A	47,4 ± 2,4 ^a	46,8 ± 1,7 ^b	48,7 ± 2,0 ^B	47,5 ± 1,3 ^b	48,4 ± 2,6 ^b	46,7 ± 1,4 ^b	48,1 ± 2,1 ^a	47,1 ± 1,4 ^b	48,0 ± 2,4
MCH [fmol]	0,99 ± 0,04 ^a	1,03 ± 0,03 ^a	1,03 ± 0,03 ^A	1,00 ± 0,04 ^a	0,94 ± 0,03 ^b	0,98 ± 0,04 ^B	0,95 ± 0,03 ^b	0,97 ± 0,05 ^b	0,92 ± 0,03 ^c	0,94 ± 0,04 ^c	0,93 ± 0,02 ^c	0,92 ± 0,05 ^c
MCHC [mmol/l]	21,8 ± 0,6 ^a	21,6 ± 0,8 ^a	22,2 ± 0,2 ^A	21,2 ± 0,7 ^a	20,0 ± 0,4 ^b	20,1 ± 0,3 ^B	20,1 ± 0,4 ^b	20,1 ± 0,3 ^b	19,6 ± 0,5 ^c	19,5 ± 0,3 ^c	19,8 ± 0,3 ^c	19,3 ± 0,4 ^c
RDW [%]	16,5 ± 0,4 ^a	16,2 ± 0,4 ^a	16,4 ± 0,4 ^A	16,3 ± 0,4 ^a	17,0 ± 0,3 ^b	16,8 ± 0,4 ^B	17,0 ± 0,3 ^b	16,7 ± 0,4 ^b	16,9 ± 0,2 ^b	16,9 ± 0,6 ^b	16,9 ± 0,5 ^b	16,9 ± 0,4 ^b
WSS [pkt]	157,7 ± 175,4	127,6 ± 85,4	78,7 ± 65,9	165,3 ± 114,8	154,8 ± 179,5	140,8 ± 102,8	146,6 ± 155,0	151,1 ± 110,9	75,6 ± 12,9	139,4 ± 79,1	97,5 ± 43,9	138,8 ± 87,8

Objaśnienia: a, b, c – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie w wierszach w obrębie poszczególnych podgrup „grupa wiekowa” i „typ stajni”, przy $p \leq 0,05$

II uzyskały niższy WSS niż w I i III. Różnice średnich WSS pomiędzy trymestrami nie zostały potwierdzone statystycznie.

Średnie parametry czerwonych krwi oraz WSS koni przyporządkowanych do dwóch grup wiekowych przedstawiono w tab. 2. U obu grup wiekowych koni liczba erytrocytów była wyższa w badaniu przeprowadzonym w trymestrze drugim, ale tylko u koni powyżej 7. roku życia potwierdzono to statystycznie. Zmiany pozostałych parametrów hematologicznych w cyklu treningowym przebiegały tak samo u koni obu grup wiekowych. Zaobserwowano spadek średniego WSS w trymestrze III u koni do 7 roku życia, co oznacza, że młode konie nie były przygotowane do obciążeń związanych z letnim okresem startowym. Gorsza dyspozycja młodych koni w trymestrze III nie była spowodowana czynnikami fizjologicznymi mającymi związek z parametrami hematologicznymi, które u tych koni były w normie. Przebieg zmian parametrów hematologicznych w rocznym cyklu treningowym nie różnił się istotnie u koni bytujących w różnych stajniach (tab. 2). U koni trenowanych w ośrodkach szkolenia (OS), gdzie trening przebiegał według ściśle ustalonego planu i na koniach jeździli jeźdźcy profesjonaliści, WSS był wyższy i nie zmienił się gwałtownie w trymestrach cyklu treningowego. Konie z pensjonatów miały natomiast gorsze wyniki sportowe w trymestrach I i III niż w trymestrze II, czego nie potwierdzono statystycznie.

Tabela 3 przedstawia współczynniki korelacji Spearmana ($R_{x,y}$) pomiędzy wskaźnikami czerwonych krwi w trymestrach I, II i III.

Tab. 3. Współczynniki korelacji Spearmana wskaźników czerwonych krwi koni zbadanych w trzech (I, II, III) trymestrach cyklu treningowego

	Trymestr I				
	HCT	MCV	MCH	MCHC	RDW
HCT		0,37	-0,23	-0,75*	-0,13
MCV	0,37		0,65*	-0,36	-0,12
MCH	-0,23	0,65*		0,38	-0,02
MCHC	-0,75*	-0,36	0,38		-0,01
RDW	-0,13	-0,12	-0,02	-0,01	
	Trymestr II				
	HCT	MCV	MCH	MCHC	RDW
HCT		0,49*	0,40*	-0,16	-0,02
MCV	0,49*		0,87*	-0,08	0,05
MCH	0,40*	0,87*		0,35	0,03
MCHC	-0,16	-0,08	0,35		-0,04
	Trymestr III				
	HCT	MCV	MCH	MCHC	RDW
HCT		0,34	-0,01	-0,57*	-0,19
MCV	0,34		0,75*	-0,27	0,10
MCH	-0,01	0,75*		0,35	0,01
MCHC	-0,57*	-0,27	0,35		0,18
RDW	-0,19	0,10	0,01	0,18	

Objaśnienia: * – $p \leq 0,05$

Współczynników korelacji RBC i HGB nie przedstawiono w tabeli, ponieważ oczywisty jest fakt, że ich wartość jest bliska jedności, co oznacza zależność liniową. W aparacie ABC Vet hematokryt jest mierzony jako funkcja numerycznej integracji MCV (7), dlatego zastanawiający jest brak istotnej korelacji między MCV i HCT w badaniach przeprowadzonych w trymestrze I i III. W niniejszych badaniach $R_{MCV, HCT}$ były niższe niż podane przez Muñoz i wsp. (18), w których współczynnik korelacji Pearsona pomiędzy MCV i HCT, wyliczony przez program Statistica, wynosił 0,71 i był statystycznie istotny. $R_{MCV, HCT}$ wg badań własnych był istotny tylko w trymestrze II i wynosił -0,4 (tab. 3). Dużo niższe wartości $R_{MCH, HCT}$ osiągnął w trymestrach I i III, a korelacja okazała się nieistotna statystycznie. $R_{MCHC, HCT}$ liniową istotną zależność wykazał w trymestrze I i III, natomiast w trymestrze II była to korelacja niska (-0,16) i nieistotna statystycznie. Należy jednak pamiętać, że korelacja bliska zeru nie oznacza braku zależności, a jedynie świadczy o braku zależności liniowej (27). $R_{MCV, MCH}$ był statystycznie istotny we wszystkich trymestrach i zbliżony do wartości, jaką uzyskała Muñoz i wsp. (18). $R_{MCV, MCHC}$ był ujemny i statystycznie nieistotny we wszystkich trymestrach, inaczej niż w badaniach Muñoz (18). Współczynnik korelacji Spearmana jest mniej wrażliwy na punkty odstające niż współczynnik korelacji Pearsona, który błędnie może pokazywać istotność korelacji (27). Najniższą wartość $R_{MCV, MCHC}$ odnotowano w trymestrze II, co oznacza, że średnie stężenie hemoglobiny w krwinkach nie miało liniowego związku z ich średnią objętością. Najwyższy $R_{MCV, MCH}$ w trymestrze II oraz najniższy $R_{MCV, MCHC}$ świadczą o tym, że u koni zbadanych w trymestrze II erythrocyty miały optymalną zawartość hemoglobiny w stosunku do swojej objętości. Erythrocyty we krwi koni w badaniu przeprowadzonym w trymestrze I miały istotnie niższą średnią objętość oraz istotnie wyższe MCH i MCHC (tab. 1). Erythrocyty pod koniec swojego życia zmniejszają objętość na skutek transportu kationów. Warunek równowagi osmotycznej wymusza odpływ wody z erythrocytów, zmniejszenie ich objętości, a wzrost gęstości i lepkości wewnętrznej (1).

Tak jak wcześniej stwierdzono w badaniu przeprowadzonym w trymestrze III, istotnie niższe MCH i MCHC w połączeniu z istotnie wyższym MCV świadczą o znacznym udziale retikulocytów w ogólnej puli erythrocytów. Potwierdzają to również współczynniki korelacji pomiędzy tymi wskaźnikami.

Podsumowując można stwierdzić, że wartości parametrów hematologicznych oraz wartości współczynników korelacji pomiędzy nimi mogą świadczyć nie tylko o stanie zdrowotnym zwierząt, ale i pośrednio informować o przebiegu erythropoezy i syntezy hemoglobiny. Trening może wywoływać zaburzenia w układzie czerwokrwińkowym, objawiające się istotnym obniżeniem RBC, HGB, MCH i MCHC, co może powodować osiągnięcie gorszych wyników sportowych. Wahania wyżej wymienionych parametrów w cyklu treningowym zaznaczały się wyraźniej u klaczy i wałachów niż u ogierów. Regularne badania i analiza wskaźników hematologicz-

nych oraz dostosowanie mezcycyli treningowych do przebiegu erythropoezy u koni mogą przyczynić się do bardziej efektywnego treningu. Wskazane jest także uzupełnienie badań dotyczących przebiegu erythropoezy u trenowanych koni określeniem aktywności enzymów metabolizmu glukozy w erythrocytach.

Piśmiennictwo

1. Dąbrowski Z. (praca zbiorowa): Fizjologia krwi. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2000.
2. Dmoch M., Polonis A., Saba L.: Wpływ pory roku na kształtowanie się wskaźników hematologicznych i biochemicznych krwi koni. Medycyna Wet. 2008, 64, 930-933.
3. Evans D. L., Harris R. C., Snow D. H.: Correlation of racing performance with blood lactate and heart rate after exercise in Thoroughbred horses. Equine Vet. J. 1993, 25, 441-445.
4. Gill J.: Fizjologia konia. Tom I i II. Wyd. Sport, Warszawa 2003.
5. Gill J., Jabłońska E. M., Ziółkowska S. M., Szykula R.: Influence of differential training on some haematological and metabolic indices in sport horses before and after exercise trials. J. Vet. Med. A 1987, 34, 609-616.
6. Hinchcliff K. W., Geor R. J., Kaneps A. J.: Equine Exercise Physiology. Saunders W. B. Elsevier, USA, Filadelfia 2008.
7. Horiba: Specyfikacja Animal Blood Counter Vet 16p, Horiba ABX Sp. z o.o., Warszawa 2001.
8. Irvine C. H. G.: The blood picture in the racehorse: The normal erythrocyte and hemoglobin status: a dynamic concept. J. Am. Vet. Med. Assoc. 1958, 133, 97-102.
9. Jaskólski A.: Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego. Wyd. AWF, Wrocław 2002.
10. Kędziński W., Podolak M.: Wpływ treningu koni rasy arabskiej na poziom parametrów biochemicznych związanych z gospodarką węglowodanowo-lipidową. Medycyna Wet. 2002, 58, 788-791.
11. Kędziński W., Podolak M.: Zmiany metaboliczne koni w procesie ujeżdżania. Medycyna Wet. 2001, 57, 207-209.
12. Krumyń W.: Wskaźniki laboratoryjne krwi koni: wartości referencyjne i interpretacja. PIWet, Puławy 2007.
13. Kuratowska Z.: Krwinka-krew-życie. Wiedza Powszechna, Warszawa 1981.
14. Łomnicki A.: Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2007.
15. Malarecki I.: Zarys fizjologii wysiłku i treningu. Wyd. Sport i turystyka, Warszawa 1981.
16. Milne D. W., Skarada R. T., Gabel A. A., Smith L. G., Ault K.: Effect of training on biochemical values in Standardbred horses. Am. J. Vet. Res. 1976, 37, 285-290.
17. Mullen P. A., Hopes R., Sewell J.: The biochemistry, haematology, nutrition and racing performance of 2-year old thoroughbreds throughout their training and racing season. Vet. Rec. 1979, 104, 90-95.
18. Muñoz A., Riber C., Trigo P., Castejón F.: Erythrocyte indices in relation to hydration and electrolytes in horses performing exercises of different intensity. Comp. Clin. Pathol. 2008, 17, 213-220.
19. Neuberger K., Geringer de Oedenberg H.: Wpływ treningu na wybrane parametry hematologiczne u koni sportowych. Acta Sci. Pol. Zootech. 2007, 6, 59-68.
20. Neuberger-Zuchowicz K.: Analiza wskaźników fizjologicznych koni sportowych. Praca dokt. 2011, UP Wrocław.
21. Olbrycht T.: Trening koni wyścigowych. Roczn. Nauk Roln. 1955, 69, B3, 441-486.
22. Persson S. G. B.: On blood volume and working capacity in horses. Acta Physiol. Scand. Suppl. 1967, 19, 1-189.
23. Pilliner S., Davies Z.: Jak osiągnąć mistrzowską formę koni. SIMA WLW, Warszawa 2003.
24. Pińkowski R.: Retikulocyty: znaczenie diagnostyczno-kliniczne wskaźników używanych przy użyciu analizatorów hematologicznych. „Neo Studio”, Łódź 1998.
25. Rose R. J., Hodgson D. R.: Haematological and plasma biochemical parameters in endurance horses during training. Equine Vet. J. 1982, 14, 144-148.
26. Snow D. H., Ricketts S. W., Mason D. H.: Haematological response to racing and training exercise in thoroughbred horses, with particular reference to the leucocyte response. Equine Vet. J. 1983, 15, 149-154.
27. Stanisław A.: Statystyka w medycynie – metody analizy wariancji i analizy regresji. Materiały kursowe, StatSoft Polska S.A., Kraków 2009.
28. Stankiewicz W.: Hematologia weterynaryjna. PWRiL, Warszawa 1973.
29. Szarska E.: Badania laboratoryjne w treningu koni. Agencja Reklamowa „Crex”, Warszawa 1999.
30. Szarska E.: Ocena wydolności koni podczas zawodów konkurencji WKKW. Medycyna Wet. 1994, 50, 274-276.
31. Szarska E.: Vademecum rajdowca konnych rajdów długodystansowych. Agencja Reklamowa „Crex”, Warszawa 1998.
32. Szarska E.: Wykorzystanie badań diagnostycznych krwi do oceny stanu zdrowia i zaawansowania treningowego koni wyczynowych. Rozpr. Nauk. i Mon. Wyd. SGGW, Warszawa 2002, nr 250.
33. Szarska E.: Znaczenie badań diagnostycznych krwi w ocenie stanu zdrowia oraz efektywności treningu koni wyścigowych i sportowych. Zesz. Nauk. UP Wrocław, 2003, Rozprawy CCII, 471.
34. Winnicka A.: Wartości referencyjne podstawowych badań laboratoryjnych w weterynarii. Wyd. SGGW, Warszawa 2008.

Adres autora: prof. dr hab. Henryk Geringer de Oedenberg, ul. Koźuchowska 5a, 51-630 Wrocław; e-mail: henryk.geringer@up.wroc.pl