

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE, BIOLOGY AND BIOECONOMY

wcześniej – formerly
Annales UMCS sectio EE Zootechnica

VOL. XXXV (4)

2017

CC BY–NC–ND

DOI: 10.24326/jasbbx.2017.4.8

Katedra Hodowli i Użytkowania Koni
Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
e-mail: iwona.janczarek@up.lublin.pl

IZABELA WILK, MARTA LISS, KARINA BRZOZOWSKA,
SYLWESTER TKACZYK, SŁAWOMIR PIETRZAK, IWONA JANCZAREK

Analiza zmienności rytmu serca wyścigowych koni arabskich czystej krwi w zależności od rodzaju wysiłku i zaawansowania treningowego

Analysis of heart rate variability in racing Purebred Arabian horses depending
on the type of effort and training advancement

Streszczenie. Celem pracy była analiza zmienności rytmu serca koni arabskich czystej krwi w zależności od ich zaawansowania treningowego oraz rodzaju wysiłku. Badaniami objęto 20 koni z hodowli SK Janów Podlaski, w tym 10 klaczy i 10 ogierów, w wieku 32–37 miesięcy. Doświadczenie trwało 8 miesięcy. Przez pierwsze 3 miesiące konie uczestniczyły jedynie w treningach prowadzonych przez 6 dni w tygodniu. Następnie 2 razy w miesiącu konie były przewożone do Warszawy na Tor Służewiec, gdzie dodatkowo brały udział w gonitwach. Badania pracy serca zostały przeprowadzone za pomocą urządzeń telemetrycznych Polar RS800CX. W 3 okresach 15-minutowych badano spoczynkowe, powysiłkowe oraz restytucyjne wartości zmienności rytmu serca koni. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na stwierdzenie, iż parametry zmienności rytmu serca dają wiele możliwości oceny stopnia zaawansowania treningowego oraz intensywności wysiłku koni. Wraz ze zwiększającą się intensywnością wysiłku wzrasta aktywność układu współczulnego, odpowiedzialnego za mobilizację organizmu. W miarę postępu cyklu treningowego aktywność ta spada, natomiast wzrasta aktywność układu przywspółczulnego odpowiedzialnego za odpoczynek. Ocenę intensywności wysiłku i zaawansowania treningowego za pomocą parametrów HRV najlepiej wykonać w spoczynku następnego dnia po treningu lub w okresie restytucji, ale tylko podczas badań spoczynkowych można ograniczyć się do pomiaru parametrów opisujących aktywność układu przywspółczulnego jako reprezentantów pozostałych parametrów HRV. Badania te pozwolą ocenić prawidłowość postępującego procesu treningowego.

Słowa kluczowe: konie arabskie czystej krwi, trening, wyścigi konne, zmienność rytmu serca

WSTĘP

Polska słynie z rozgrywania gonitw koni arabskich czystej krwi, które to traktowane są na równi z osobnikami pełnej krwi angielskiej jako pełnowartościowe konie wyścigowe [Pikuła i Grzesiak 2003]. Liczba gonitw corocznie rozgrywanych w sezonie wyścigowym, pula nagród dla właścicieli i ranga przedsięwzięcia jest na tyle duża, że budzi coraz większe zainteresowanie wyścigami wśród osób niezajmujących się hodowlą koni [Chmurzyński 2012]. Warto jednak pamiętać, że wydolność organizmu koni arabskich czystej krwi zasadniczo różni się od wydolności koni pełnej krwi angielskiej, co dotyczy zwłaszcza klaczy [Janczarek 2003]. Konieczne jest zatem praktykowanie indywidualnych sposobów treningu i systematyczne monitorowanie bieżącego stanu układu krążenia tych zwierząt [Fonseca i in. 2013]. Jednym ze sposobów monitorowania tego stanu jest analiza zmienności rytmu serca, znane narzędzie diagnostyczne w ocenie wydolności organizmu ludzi [Krauze i in. 2001]. W przypadku koni opiera się ona jedynie na kontroli częstości rytmu serca [Borell i in. 2007]. Wspomniana analiza jest także stosowana w opisie emocji związanych z trudami codziennego wysiłku, startu w zawodach i zmaganiem się z wpływem czynników środowiskowych znacznie odbiegających od uznanych za standardowe [Daanen i in. 2012].

W przypadku koni analiza zmienności rytmu serca jest sporadycznie wykorzystywana w próbach wysiłkowych [Borell i in. 2007], aczkolwiek można założyć, iż ten wskaźnik mógłby wymiernie wspomóc pracę trenera. Wydaje się również, że opracowanie wysiłkowych wyników dotyczących koni arabskich czystej krwi może w znacznym stopniu optymalizować ich trening wyścigowy. Biorąc powyższe pod uwagę, celem niniejszej pracy było ustalenie możliwości zastosowania parametrów HRV w analizie przebiegu treningu koni arabskich czystej krwi oraz opracowanie procedury przeprowadzania badania z zastosowaniem tych parametrów.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 20 koni arabskich czystej krwi wyhodowanych w Stadninie Koni w Janowie Podlaskim, w równej liczbie ogierów i klaczy. W momencie rozpoczęcia badań wiek koni wahał się od 32 do 37 miesięcy. Wszystkie konie były klinicznie zdrowe. Doświadczenie przeprowadzono w Stajni Wyścigowej „Janów Podlaski” na terenie Stadniny Koni w Janowie Podlaskim; rozpoczęto je 1 marca, a zakończono 30 listopada 2015. W tym czasie konie poddawano rutynowemu treningowi wyścigowemu mającemu na celu przygotowanie do startów w gonitwach na Torze Służewiec (dalej: Tor). Pierwsze 3 miesiące były sezonem treningowym, w którym konie uczestniczyły jedynie w porannych treningach przez sześć dni w tygodniu. Od czerwca rozpoczął się natomiast okres treningowo-startowy, w którym konie 2 razy w miesiącu były przewożone koniowozem sześciostanowiskowym na teren Toru, gdzie uczestniczyły w gonitwach. Starty w gonitwach odbywały się w soboty lub niedziele. Bez względu na zaplanowany dzień startu w gonitwie, konie transportowano w soboty w godzinach porannych. Powrót do stajni treningowej następował w niedzielę w godzinach nocnych. W przeddzień transpor-

tu (piątek) oraz dzień po transporcie (poniedziałek) konie nie były trenowane, a jedynie uczestniczyły w godzinnym spacerze stępem w karuzeli. W pozostałe dni tygodnia odbywał się rutynowy trening.

Podstawowa jednostka treningowa składała się z następujących elementów: 10 min stępa po piaszczystej drodze w kierunku toru treningowego, 10 min kłusa i 3–5 min galopu po ziemno-piaszczystym torze treningowym, 15 min stępa po piaszczystej drodze w kierunku stajni. Po treningu konie były wprowadzane do karuzeli, gdzie po rozsiadaniu stępowały przez 30 min. Dystans oraz tempo galopu były dostosowane do indywidualnych potrzeb każdego z badanych koni.

Wyniki analizowano, uwzględniając rodzaju wysiłku, który był uzależniony od dystansu i tempa galopu treningowego, oraz stopień zaawansowania treningowego, uzależniony od kolejnego miesiąca cyklu treningowego; wyróżniono następujące rodzaje wysiłku: 1) galop na dystansie do 1400 m w tempie 300–400 m/min, 2) galop na dystansie 1500–1700 m w tempie 450–550 m/min, 3) galop na dystansie powyżej 1800 m w tempie 600–700 m/min. Uwzględniono również trzy stopnie zaawansowania treningowego: I) od pierwszego do trzeciego miesiąca cyklu treningowego, rodzaj wysiłku oznaczony numerem 1 i 2, brak startów w gonitwach; II) od czwartego do szóstego miesiąca cyklu treningowego, rodzaj wysiłku oznaczony numerem 1, 2 i 3 plus starty w gonitwach; III) od siódmego do dziewiątego miesiąca treningu, rodzaj wysiłku oznaczony numerem 2 i 3 plus starty w gonitwach.

Badania dotyczące danego rodzaju wysiłku przeprowadzono dwukrotnie w obrębie każdego z analizowanych stopni zaawansowania treningowego, czyli dwa razy w trakcie każdego trzymiesięcznego okresu. Wyniki z zakresu tego samego rodzaju wysiłku i tego samego stopnia zaawansowania treningowego uśredniono i uzyskano w ten sposób po trzy wyniki dotyczące każdego z tych czynników. Rejestracji parametrów zmienności rytmu serca dokonano przy użyciu urządzeń telemetrycznych Polar RS800CX. Parametry HRV analizowano w trzech trwających po 15 min. okresach: po wysiłku – licząc od momentu przejścia do stępa po galopie, podczas restytucji – w okresie ostatnich 15 min stępa w maszynie, w spoczynku – w stajni w godzinach porannych następnego dnia po wysiłku.

Analizie poddano następujące parametry HRV:

- RR – wyrażona w ms odległość czasowa między pojawianiem się kolejnych załamków R na krzywej QRS,
- rMSSD – określony w ms² pierwiastek kwadratowy ze średniej kwadratów różnic pomiędzy kolejnymi interwałami RR w zapisie EKG,
- LF – określony w ms jako moc widma w zakresie niskich częstotliwości wskazująca na aktywność ze strony gałęzi współczulnej,
- HF – określony w ms jako moc widma w zakresie wysokich częstotliwości wskazująca na aktywność ze strony gałęzi przywspółczulnej,
- LF/HF – określający stosunek mocy widma o niskich częstotliwościach do mocy widma o wysokich częstotliwościach.

Wysokie częstotliwości pochodzą z pobudzeń gałęzi przywspółczulnej, zaś niskie z gałęzi współczulnej układu autonomicznego [Borell i in. 2007]. Analizy parametrów HRV dokonano w programach PolarProTrainer 5.0 i Kubios HRV [Tarvainen i in. 2014].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 6.0. Przeprowadzono analizę wariancji dla powtarzanych pomiarów, uwzględniając czynniki płci koni, rodzaju wysiłku i stopnia zaawansowania treningowego. Istotność różnic między badanymi cechami zweryfikowano za pomocą testu T-Tukeya. Korelacje między analizowanymi cechami określono, obliczając współczynniki Pearsona.

WYNIKI

Spoczynkowe wartości RR i rMSSD różniły się istotnie w obrębie czynnika różnego rodzaju wysiłku (tab. 1). Różnice między ogierami i klaczami poddawanych temu samemu rodzajowi wysiłku dotyczyły tylko rMSSD. Ogiery w porównaniu z klaczami charakteryzowały się mniejszymi wartościami tego parametru.

Tabela 1. Spoczynkowe wartości HRV uzyskane na podstawie analizy czasowej – czynnik rodzaju wysiłku

Table 1. Resting HRV values obtained by time analysis – kind of effort factor

Płeć Sex	Rodzaj wysiłku* Kind of effort*	RR		rMSSD	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	1	1755,56 ^{xa}	321,12	52,45 ^{xa}	9,12
	2	1612,87 ^{xac}	245,56	43,12 ^{xb}	7,11
	3	1523,54 ^{xbc}	423,23	38,32 ^{xb}	9,34
Klaczki Mares	1	1712,13 ^{xa}	325,45	44,34 ^{ya}	6,04
	2	1564,34 ^{xb}	299,34	32,11 ^{yb}	10,42
	3	1511,34 ^{xc}	302,02	27,65 ^{yb}	8,98

Średnie oznaczone różnymi literami (x, y: porównanie ogierów i klaczy, a, b, c: porównanie różnych rodzajów wysiłku) różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$. *Rodzaj wysiłku: 1 – dystans do 1400 m, tempo 300–400 m/min; 2 – dystans 1500–1700 m, tempo 450–550 m/min; 3 – dystans powyżej 1800 m, tempo 600–700 m/min
Mean marked by different letters (x, y: comparison of stallions and mares, a, b, c: comparison of different kind of effort) are significantly different at $p \leq 0,05$. *Kind of effort: 1 – distance to 1400m, pace 300–400 m/min; 2 – distance 1500–1700 m, speed 450–550 m/min; 3 – distance above 1800 m, pace 600–700 m/min

W obrębie czynnika różnego rodzaju wysiłku w obydwu grupach płciowych odnotowano istotne różnice między średnimi wartościami parametrów częstotliwościowych (tab. 2). Wyjątkiem był tylko parametr HF w grupie klaczy. Istotne różnice między ogierami i klaczami w obrębie tego samego rodzaju wysiłku występowały sporadycznie. Można je było zaobserwować najczęściej w przypadku parametru LF/HF.

W obrębie czynnika różnego stopnia zaawansowania treningowego RR i rMSSD najczęściej nie różniły się istotnie (tab. 3). Wyjątkiem był parametr rMSSD w grupie klaczy. Różnice związane z płcią, ale w obrębie tego samego stopnia zaawansowania treningowego występowały sporadycznie.

Tabela 2. Spoczynkowe wartości HRV uzyskane na podstawie analizy częstotliwościowej – czynnik rodzaju wysiłku

Table 2. Resting HRV values obtained by frequency analysis – kind of effort factor

Płeć Sex	Rodzaj wysiłku* Kind of effort*	LF		HF		LF/HF	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	1	1765,34 ^{xa}	333,23	1123,55 ^{xa}	278,48	157,16 ^{xa}	13,34
	2	2012,34 ^{xb}	317,32	983,45 ^{xb}	187,34	204,67 ^{xb}	18,67
	3	2221,87 ^{xc}	294,34	747,78 ^{xc}	118,78	297,32 ^{xc}	25,22
Klaczki Mares	1	1916,78 ^{ya}	312,13	1001,33 ^{xa}	267,78	191,41 ^{ya}	22,06
	2	2199,34 ^{xac}	502,34	893,45 ^{xa}	234,17	246,24 ^{yb}	23,45
	3	2321,56 ^{xbc}	322,43	888,24 ^{xa}	302,12	261,37 ^{xc}	23,21

Objaśnienia – zob. tab. 1/ Explanations – see tab. 1

Tabela 3. Spoczynkowe wartości HRV uzyskane na podstawie analizy czasowej – czynnik stopnia zaawansowania treningowego

Table 3. Resting HRV values obtained by time analysis – factor of training advancement degree

Płeć Sex	Stopień zaawansowania treningowego* Training advanced degree*	RR		rMSSD	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	I	1765,34 ^{xa}	276,45	55,43 ^{xa}	12,11
	II	1878,35 ^{xa}	288,11	52,34 ^{xa}	9,67
	III	1822,34 ^{xa}	314,56	41,06 ^{xb}	10,04
Klaczki Mares	I	1523,23 ^{xa}	402,22	55,34 ^{xa}	12,14
	II	1522,73 ^{ya}	299,56	43,23 ^{yb}	10,04
	III	1612,34 ^{xa}	324,45	37,45 ^{xc}	9,08

Średnie oznaczone różnymi literami (x, y; porównanie ogierów i klaczy, a, b, c: porównanie różnych rodzajów wysiłku) różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$. *Stopień zaawansowania treningowego: I – pierwsze trzy miesiące cyklu treningowego, rodzaj wysiłku 1 i 2, brak startu w gonitwach; II – od czwartego do szóstego miesiąca cyklu treningowego, rodzaj wysiłku 1, 2 i 3 oraz starty w gonitwach; III – od siódmego do dziewiątego miesiąca treningu, rodzaj wysiłku 2 i 3 oraz starty w gonitwach

Mean marked by different letters (x, y: comparison of stallions and mares, a, b, c: comparison of different kind of effort) are significantly different at $p \leq 0,05$. *Training advanced degree: I – the first three months of the training cycle, kind of effort 1 and 2, no start in races; II – from the fourth to the sixth month of the training cycle, kind of effort 1, 2 and 3 and starts in races; III – from the seventh to the ninth month of training, kind of effort 2 and 3 and starts in races

Istotne różnice w zakresie różnego czynnika stopnia zaawansowania treningowego dotyczyły wszystkich trzech parametrów częstotliwościowych (tab. 4). Różnice związane z płcią w obrębie tego samego stopnia zaawansowania treningowego dotyczyły natomiast parametru LF i LF/HF.

Tabela 4. Spoczynkowe wartości HRV uzyskane na podstawie analizy częstotliwościowej – czynnik stopnia zaawansowania treningowego

Table 4. Resting HRV values obtained by frequency analysis – factor of training advancement degree

Płeć Sex	Stopień zaawansowania treningowego* Training advanced degree*	LF		HF		LF/HF	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	I	1698,45 ^{xa}	342,45	1045,56 ^{xa}	213,45	162,48 ^{xa}	25,22
	II	1849,45 ^{xac}	345,69	983,45 ^{xac}	233,41	188,09 ^{xb}	19,45
	III	2156,23 ^{xbc}	318,62	834,19 ^{xbc}	217,23	258,51 ^{xc}	19,42
Klaczki Mares	I	1987,29 ^{ya}	299,45	952,05 ^{xa}	178,45	208,71 ^{ya}	21,45
	II	2098,10 ^{yac}	311,34	883,45 ^{xac}	202,18	237,59 ^{yb}	18,19
	III	2207,34 ^{ybc}	402,71	751,34 ^{xbc}	159,37	293,87 ^{yc}	21,05

Objaśnienia – zob. tab. 3/ Explanations – see tab. 3

Zarówno w przypadku RR, jak i rMSSD odnotowano istotne różnice w przypadku czynnika różnego rodzaju wysiłku (tab. 5). Takie różnice wystąpiły również podczas porównania ogierów z klaczami w obrębie tego samego rodzaju wysiłku.

Tabela 5. Powysiłkowe wartości HRV uzyskane na podstawie analizy czasowej – czynnik rodzaju wysiłku

Table 5. Post exercise HRV values obtained by time analysis – kind of effort factor

Płeć Sex	Rodzaj wysiłku* Kind of effort*	RR		rMSSD	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	1	883,45 ^{xa}	178,39	32,45 ^{xa}	6,12
	2	712,45 ^{xb}	201,28	27,12 ^{xa}	6,02
	3	572,23 ^{xc}	176,06	19,56 ^{xb}	7,18
Klaczki Mares	1	733,26 ^{ya}	134,45	22,44 ^{ya}	5,33
	2	698,35 ^{xa}	167,65	18,33 ^{yb}	6,49
	3	467,34 ^{yb}	121,34	19,12 ^{xb}	7,05

Objaśnienia – zob. tab. 1/ Explanations – see tab. 1

Istotnych różnic w obrębie czynnika różnego rodzaju wysiłku nie stwierdzono jedynie w przypadku parametru LF u klaczy (tab. 6). Różnice między ogierami i klaczami w obrębie tego samego rodzaju wysiłku dotyczyły natomiast wszystkich analizowanych parametrów.

Tabela 6. Powysiłkowe wartości HRV uzyskane na podstawie analizy częstotliwościowej – czynnik rodzaju wysiłku
Table 6. Post exercise HRV values obtained by frequency analysis – the kind of effort factor

Płeć Sex	Rodzaj wysiłku* Kind of effort*	LF		HF		LF/HF	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	1	2145,34 ^{xa}	432,76	734,81 ^{xa}	166,39	292,23 ^{xa}	26,34
	2	2567,37 ^{xb}	368,27	623,12 ^{xac}	149,37	412,03 ^{xb}	28,32
	3	2683,26 ^{xb}	329,07	501,22 ^{xbc}	136,38	535,52 ^{xc}	30,07
Klaczki Mares	1	2348,56 ^{ya}	457,48	649,32 ^{xa}	128,47	361,78 ^{ya}	24,23
	2	2400,12 ^{xa}	453,57	511,62 ^{yb}	131,45	469,66 ^{yb}	23,99
	3	2378,03 ^{ya}	398,58	421,42 ^{xb}	132,03	564,84 ^{yc}	24,34

Objaśnienia – zob. tab. 1/ Explanations – see tab. 1

Istotne różnice w zakresie czynnika różnego stopnia zaawansowania treningowego dotyczyły tylko parametru RR w grupie ogierów (tab. 7). Nie stwierdzono różnic między ogierami i klaczami o tym samym stopniu zaawansowania treningowego.

Tabela 7. Powysiłkowe wartości HRV uzyskane na podstawie analizy czasowej – czynnik stopnia zaawansowania treningowego

Table 7. Post exercise HRV values obtained by time analysis – factor of training advancement degree

Płeć Sex	Stopień zaawansowania treningowego* Training advanced degree*	RR		rMSSD	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	I	912,41 ^{xa}	176,28	34,99 ^{xa}	7,22
	II	1067,34 ^{xac}	219,47	32,12 ^{xa}	6,67
	III	1122,12 ^{xbc}	199,93	35,15 ^{xa}	5,78
Klaczki Mares	I	899,47 ^{xa}	201,37	29,45 ^{ya}	4,54
	II	999,05 ^{xa}	198,58	31,43 ^{xa}	6,11
	III	1089,34 ^{xa}	231,47	32,45 ^{xa}	5,77

Objaśnienia – zob. tab. 3/ Explanations – see tab. 3

Powysiłkowe wartości w obrębie czynnika stopnia zaawansowania treningowego nie różniły się istotnie jedynie w obrębie LF (tab. 8). Różnice między ogierami i klaczami na tym samym stopniu zaawansowania treningowego dotyczyły wszystkich parametrów.

Istotne różnice w obrębie czynnika rodzaju wysiłku podczas restytucji nie wystąpiły jedynie w przypadku RR klaczy (tab. 9). Różnice między ogierami i klaczami poddanymi wysiłkowi tego samego rodzaju wystąpiły jedynie w przypadku rMSSD.

Istotne różnice w obrębie czynnika różnego rodzaju wysiłku nie dotyczyły jedynie parametru LF w obydwu grupach płciowych (tab. 10). Różnice między ogierami i klaczami poddanymi wysiłkowi tego samego rodzaju nie wystąpiły natomiast w przypadku HF.

Tabela 8. Powysiłkowe wartości HRV uzyskane na podstawie analizy częstotliwościowej – czynnik stopnia zaawansowania treningowego

Table 8. Post exercise HRV values obtained by frequency analysis – factor of training advancement degree

Płeć Sex	Stopień zaawansowania treningowego* Training advanced degree*	LF		HF		LF/HF	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	I	2012,56 ^{xa}	333,45	987,72 ^{xa}	176,34	203,85 ^{xa}	37,34
	II	2134,34 ^{xa}	317,34	834,12 ^{xa}	188,22	255,87 ^{xbc}	32,45
	III	2045,07 ^{xa}	367,49	901,34 ^{xa}	156,06	226,97 ^{xac}	35,56
Klaczce Mares	I	2223,45 ^{ya}	246,56	812,14 ^{ya}	167,48	273,76 ^{ya}	32,54
	II	2311,34 ^{ya}	276,23	734,23 ^{xac}	182,16	314,85 ^{yb}	39,56
	III	2299,43 ^{xa}	218,07	682,12 ^{yc}	143,99	337,09 ^{yb}	33,66

Objaśnienia – zob. tab. 3/ Explanations – see tab. 3

Tabela 9. Restytucyjne wartości HRV uzyskane na podstawie analizy czasowej – czynnik rodzaju wysiłku

Table 9. Restitution HRV values obtained by time analysis – kind of effort factor

Płeć Sex	Rodzaj wysiłku* Kind of effort*	RR		rMSSD	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	1	1256,45 ^{xa}	378,38	28,43 ^{xa}	3,44
	2	1318,32 ^{xac}	342,39	32,43 ^{xb}	5,12
	3	1436,11 ^{xbc}	344,87	36,34 ^{xb}	4,77
Klaczce Mares	1	1312,45 ^{xa}	299,48	19,45 ^{ya}	5,06
	2	1411,56 ^{xa}	316,34	21,13 ^{ya}	4,77
	3	1399,67 ^{xa}	345,34	25,43 ^{yb}	5,13

Objaśnienia – zob. tab. 1/ Explanations – see tab. 1

Tabela 10. Restytucyjne wartości HRV uzyskane na podstawie analizy częstotliwościowej – czynnik rodzaju wysiłku

Table 10. Restitution HRV values obtained by frequency analysis – the kind of effort factor

Płeć Sex	Rodzaj wysiłku* Kind of effort*	LF		HF		LF/HF	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	1	1567,43 ^{xa}	278,45	834,34 ^{xa}	111,43	187,88 ^{xa}	36,56
	2	1612,73 ^{xa}	312,34	913,45 ^{xac}	132,43	176,56 ^{xac}	40,22
	3	1589,76 ^{xa}	378,43	1034,67 ^{xbc}	167,34	153,67 ^{xbc}	35,56
Klaczce Mares	1	1534,23 ^{xa}	345,05	812,56 ^{xa}	99,23	188,91 ^{xa}	33,99
	2	1499,34 ^{ya}	311,34	945,34 ^{xb}	111,62	158,62 ^{yb}	34,51
	3	1512,07 ^{xa}	376,04	945,45 ^{xb}	120,05	160,03 ^{xb}	34,76

Objaśnienia – zob. tab. 1/ Explanations – see tab. 1

W obrębie czynnika różnego zaawansowania treningowego istotne różnice między średnimi wartościami parametrów restytucyjnych dotyczyły jedynie rMSSD (tab. 11). Różnic między ogierami i klaczami znajdujących się na tym samym stopniu zaawansowania treningowego nie stwierdzono.

Tabela 11. Restytucyjne wartości HRV uzyskane na podstawie analizy czasowej – czynnik stopnia zaawansowania treningowego

Table 11. Restitution HRV values obtained by time analysis – factor of training advancement degree

Płeć Sex	Stopień zaawansowania treningowego* Training advanced degree*	RR		rMSSD	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	I	1302,04 ^{xa}	219,23	30,44 ^{xa}	4,77
	II	1267,43 ^{xa}	187,49	32,14 ^{xa}	4,54
	III	1347,45 ^{xa}	188,91	36,45 ^{xb}	3,98
Klacz Mares	I	1318,49 ^{xa}	204,08	29,45 ^{xa}	2,78
	II	1322,56 ^{xa}	199,47	32,13 ^{xa}	4,19
	III	1341,43 ^{xa}	145,45	36,54 ^{xb}	5,03

Objaśnienia – zob. tab. 3/ Explanations – see tab. 3

Istotne różnice w obrębie czynnika różnego stopnia zaawansowania treningowego dotyczyły wszystkich analizowanych parametrów (tab. 12). Różnice między ogierami i klaczami na tym samym stopniu zaawansowania treningowego nie wystąpiły jedynie w przypadku parametru LF.

Tabela 12. Restytucyjne parametry HRV uzyskane na podstawie analizy częstotliwościowej – czynnik stopnia zaawansowania treningowego

Table 12. Restitution HRV values obtained by frequency analysis – factor of training advancement degree

Płeć Sex	Stopień zaawansowania treningowego* Training advanced degree*	LF		HF		LF/HF	
		średnia mean	SD	średnia mean	SD	średnia mean	SD
Ogierzy Stallions	I	1611,43 ^{xa}	234,45	888,13 ^{xa}	178,45	181,41 ^{xa}	32,43
	II	1523,67 ^{xa}	302,18	912,34 ^{xac}	154,92	166,99 ^{xa}	43,27
	III	1212,34 ^{xb}	278,04	1002,48 ^{xbc}	175,39	120,95 ^{xb}	44,12
Klacz Mares	I	1578,45 ^{xa}	345,65	734,23 ^{ya}	122,54	214,98 ^{ya}	36,43
	II	1423,43 ^{xa}	322,34	899,48 ^{xb}	132,43	158,28 ^{yb}	29,24
	III	1212,34 ^{xb}	234,91	965,45 ^{xb}	145,23	125,59 ^{xc}	21,23

Objaśnienia – zob. tab. 3/ Explanations – see tab. 3

Istotne korelacje między spoczynkowymi parametrami HRV odnotowano generalnie jedynie w obrębie HF (tab. 13). Poza tym stwierdzono tylko dwa przypadki istotnych powiązań. Wystąpiły one w zestawieniu LF/HF z rMSSD podczas wysiłku o najmniejszym natężeniu oraz w zestawieniu LF/HF z RR w obrębie stopnia zaawansowania treningowego III. Korelacje były ujemne. Wzajemne zależności w obrębie HF wystąpiły zarówno w przypadku różnego rodzaju wysiłku, jak i stopnia zaawansowania treningowego. Za każdym razem znak współczynnika był dodatni.

Tabela 13. Korelacje między spoczynkowymi parametrami HRV
 Table 13. Correlations between resting HRV parameters

Rodzaj parametru Kind of parameter	Rodzaj wysiłku Kind of effort	LF	HF	LF/HF	Stopień zaawansowania treningowego Training advanced degree	LF	HF	LF/HF
RR	1	-0,345	0,588*	-0,372	I	0,045	0,345	-0,234
rMSSD		-0,321	0,777*	-0,588*		-0,411	0,588*	-0,266
RR	2	-0,122	0,591*	-0,324	II	-0,187	0,499*	-0,272
rMSSD		-0,202	0,234	-0,301		-0,183	0,501*	-0,334
RR	3	-0,402	0,701*	-0,227	III	0,104	0,478*	-0,518*
rMSSD		-0,411	0,638*	-0,045		-0,077	0,511*	0,187

* korelacja istotna przy $p \leq 0,05$ / significant correlation at $p \leq 0.05$

Tabela 14. Korelacje między powysiłkowymi parametrami HRV
Table 14. Correlations between post exercise HRV parameters

Rodzaj parametru	Rodzaj wysiłku Kind of effort	LF	HF	LF/HF	Stopień zaawansowania treningowego I Training advanced degree I	LF	HF	LF/HF
RR	1	-0,178	0,302	-0,273	I	-0,254	-0,111	-0,271
rMSSD		-0,203	0,511*	-0,447*		0,059	0,601*	-0,324
RR	2	0,078	0,125	-0,306	II	-0,103	0,122	-0,089
rMSSD		-0,392	0,488*	-0,601*		-0,178	-0,444*	-0,501*
RR	3	-0,023	0,304	-0,128	III	-0,076	-0,123	0,145
rMSSD		0,123	0,235	0,487*		-0,263	0,467*	-0,435

* korelacja istotna przy $p \leq 0,05$ / significant correlation at $p \leq 0.05$

Tabela 15. Korelacje między restytucyjnymi parametrami HRV
Table 15. Correlations between restitution HRV parameters

Rodzaj parametru	Rodzaj wysiłku Kind of effort	LF	HF	LF/HF	Stopień zaawansowania treningowego Training advanced degree	LF	HF	LF/HF
RR	1	-0,283	0,087	-0,099	I	-0,035	0,126	-0,256
rMSSD		-0,312	0,288	-0,267		-0,222	0,225	-0,311
RR	2	-0,172	0,201	0,123	II	0,034	0,106	-0,138
rMSSD		-0,333	0,401	-0,273		-0,143	0,267	-0,501*
RR	3	-0,322	0,178	-0,304	III	-0,206	0,333	-0,234
rMSSD		-0,503*	0,662*	-0,507*		-0,176	0,243	-0,435*

* korelacja istotna przy $p \leq 0,05$ / significant correlation at $p \leq 0.05$

Odnotowano istotne korelacje między powysiłkowymi parametrami HRV w obrębie parametrów HF i LF/HF w zestawieniu z parametrem rMSSD (tab. 14). W większości analizowanych rodzajów wysiłku oraz stopni zaawansowania treningowego zauważono istotne korelacje między tymi parametrami. Wśród odnotowanych korelacji wystąpiły zarówno korelacje ujemne, jak i dodatnie. W przypadku korelacji między parametrem rMSSD a HF znaki współczynnika były w większości dodatnie. Odnotowano tylko jeden przypadek ujemnej korelacji. W przypadku korelacji rMSSD i LF/HF zauważono większość korelacji ujemnych i tylko jeden przypadek korelacji dodatniej. W przypadku restytucyjnych parametrów HRV odnotowano jedynie pięć istotnych korelacji (tab. 15). Wszystkie dotyczyły powiązania parametru rMSSD z innymi czynnikami. W trzech przypadkach była to ujemna korelacja z parametrem LF/HF. W dwóch pozostałych przypadkach była to korelacja rMSSD z parametrem HF i korelacja rMSSD z parametrem LF. Większość istotnych powiązań wystąpiła w obrębie rodzaju wysiłku o największym natężeniu. Dwa pozostałe przypadki odnotowano w obrębie stopnia zaawansowania treningowego II i III. Generalnie korelacje były ujemne, a zauważono tylko jeden przypadek korelacji dodatniej. Była to korelacja rMSSD z parametrem HF w trzecim rodzaju wysiłku.

DYSKUSJA

Dotychczas parametry HRV wykorzystywane były głównie w ocenie stanu emocjonalnego organizmu [Visser i in. 2002]. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują, że wspomniane parametry mogą być również dobrym wyznacznikiem zarówno rodzaju wysiłku, jak i stopnia zaawansowania treningowego. Już w przypadku spoczynkowych, ale i powysiłkowych oraz restytucyjnych wartości HRV określonych na drodze analizy czasowej wystąpiły istotne różnice zarówno w obrębie rodzaju wysiłku, jak i zaawansowania treningowego. Szczególnie wyraźne zróżnicowanie parametrów wystąpiło między wysiłkiem na dystansie do 1400 m w tempie 300–400 m/min a wysiłkiem o wyższym natężeniu, kiedy parametry HRV zaczęły przyjmować zdecydowanie niepożądane wartości, czyli obrazowane spadkiem RR, rMSSD, HF oraz wzrostem LF i LF/HF. Sytuacja ta wskazuje, że wysiłek fizyczny o średnim i dużym natężeniu wywiera negatywny wpływ na procesy fizjologiczne organizmu. Podobną opinię wyrazili wcześniej Wittke i in. [1994], którzy, badając zawartość kwasu mlekowego we krwi koni wyścigowych, stwierdzili, że galop w tempie nieprzekraczającym 350 m/min nie powoduje przemian beztlenowych w organizmie. Wysiłek o takim natężeniu może być zatem stosowany bezpiecznie w treningu młodych koni lub też na początku cyklu szkoleniowego.

Wyraźnie widać również, że parametry HRV badane w różnych fazach treningu zmieniają się w miarę postępującego cyklu treningowego. Wyniki niniejszej pracy wskazują jednoznacznie, iż trening prowadzony był prawidłowo. Nie powodował on ani pogorszenia się parametrów świadczących o wydolności koni, czyli np. RR, ani też nie zmniejszał negatywnie parametrów wskazujących na pobudliwość emocjonalną koni. Szczególnie wyraźne zróżnicowanie widoczne było w obrębie parametrów określonych na drodze analizy częstotliwościowej, czyli LF, HF i LH/HF. Okazuje się, że wzrost intensywności wysiłku zarówno podczas konkretnej jednostki treningowej, jak i w kolej-

nych miesiącach treningu powoduje przede wszystkim wzrost aktywności części współczulnej układu autonomicznego, co może wskazywać na narastający stres o różnorodnym podłożu [Borell i in. 2007]. Według Cottina i in. [2005] nieprawidłowo prowadzony cykl treningowy powoduje wzrost aktywności układu współczulnego z równoczesnym spadkiem aktywności układu przywspółczulnego. W konsekwencji dochodzi zatem do braku zrównoważenia układu autonomicznego, co generuje reakcje stresowe i niekorzystne zmiany behawioralne organizmu [Rietmann i in. 2004]. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki można więc uznać za zgodne z cytowanymi, ale jedynie w określonym zakresie, gdyż wyniki dotyczące układu przywspółczulnego nie były już tak jednoznaczne, gdyż wartości parametrów opisujących jego aktywność nie miały za każdym razem tendencji spadkowych.

Interesujące jest również, w którym momencie najlepiej wykonywać pomiary HRV. Uzyskane rezultaty badań wskazują, iż najbardziej spektakularnych wyników można spodziewać się na drodze analizy parametrów zmierzonych w spoczynku następnego dnia po danym wysiłku. Wyników, które także mogą być wskazówką w ocenie przebiegu treningu, należy się spodziewać również podczas pomiarów przeprowadzanych w okresie restytucji. Na wspomniane kwestie wskazują przede wszystkim istotne różnice między parametrami ocenianymi w różnych momentach treningu. Na korzystny wpływ okresu restytucji w ocenie efektów treningu wskazują Kjaer i in. [2008].

Ostatnim zagadnieniem poruszonym w ramach niniejszej dyskusji jest możliwość wyboru jak najmniejszej liczby parametrów, co powinno przyczynić się do uproszczenia sposobu oceny aspektów wysiłkowych za pomocą parametrów HRV. Uzyskane wyniki wskazują, że za najważniejszy parametr możliwy do zastosowania jako reprezentatywny w proponowanej ocenie można uznać aktywność układu przywspółczulnego mierzoną metodą częstotliwościową w spoczynku w kolejnym dniu po analizowanym wysiłku. W drugiej kolejności warto mierzyć wspomniany parametr tuż po wysiłku. O wyborze i rankingu cech świadczy liczba istotnych korelacji z pozostałymi parametrami HRV. W trakcie oceny przeprowadzanej podczas restytucji powinno się natomiast stosować większą liczbę parametrów HRV.

WNIOSKI

Na podstawie zgromadzonych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Parametry zmienności rytmu serca mogą być zastosowane zarówno w ocenie intensywności wysiłku, jak i stopnia zaawansowania treningowego.
2. Wzrost intensywności wysiłku powoduje wzmoczenie aktywności układu współczulnego. Spadek tej aktywności i równoczesny wzrost aktywności układu przywspółczulnego następuje natomiast w miarę postępującego cyklu treningowego.
3. Ocenę intensywności wysiłku i zaawansowania treningowego za pomocą parametrów HRV najlepiej wykonać w spoczynku następnego dnia po treningu lub w okresie restytucji, ale tylko podczas badań spoczynkowych można ograniczyć się do pomiaru parametrów opisujących aktywność układu przywspółczulnego jako reprezentantów pozostałych parametrów HRV.

PIŚMIENNICTWO

- Borell E. von, Langbein J., Després G., Hansen S., Leterrier Ch., Marchant-Forde J., Marchant-Forde R., Minero M., Mohr E., Prunier A., Valance D., Veissier I., 2007. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals. *Psychol. Behav.* 92(3), 293–316.
- Chmurzyński T., 2012. Arabski festiwal na Służewcu. *Koń Pol.* 10, 47.
- Cottin F., Médigue C., Lopes P., Petit E., Papelier Y., Billat V.L., 2005. Effect of exercise intensity and repetition on heart rate variability during training in elite trotting horse. *Int. J. Sports Med.* 26(10), 859.
- Daanen H.A., Lamberts R.P., Kallen V.L., Jin A., Van Meeteren N.L., 2012. A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 7, 251–260.
- Fonseca R.G., Kenny D.A., Hill E.W., Katz L.M., 2013. The relationship between body composition, training and race performance in a group of Thoroughbred flat racehorses. *Equine Vet. J.* 45(5), 552–557.
- Janczarek I., 2003. Parametry oceny zaawansowania treningowego koni wyścigowych. *Rocz. Nauk. Zoot. Supl.* 18, 205–210.
- Kjaer M., Krosgaard M., Magnusson P., Engebretsen L., Roos H., Takala T., Woo S.L., 2008. Textbook of sports medicine: Basic science and clinical aspects of sports injury and physical activity. Wiley–Blackwell, Malden.
- Krauze T., Guzik P., Wysocki, H. 2001. Zmienność rytmu serca: aspekty techniczne. *Now. Lek.* 70(9), 973–984.
- Pikuła R., Grzesiak W., 2003. Analiza zmienności mierników wartości wyścigowej koni czystej krwi arabskiej. *Zesz. Nauk. Przegł. Hod.* 5, 68.
- Rietmann T.R., Stuart A.E.A., Bernasconi P., Stauffacher M., Auer J.A., Weishaupt M.A., 2004. Assessment of mental stress in warmblood horses: heart rate variability in comparison to heart rate and selected behavioural parameters. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88(1), 121–136.
- Tarvainen M.P., Niskanen J.P., Lipponen J.A., Ranta-Aho P.O., Karjalainen P.A., 2014. Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. *Comput. Methods Programs Biomed.* 113(1), 210–220.
- Visser E.K., Van Reenen C.G., Van der Werf J.T.N., Schilder M.B.H., Knaap J.H., Barneveld A., Blokhuis H.J., 2002. Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a handling test in young horses. *Physiol. Behav.* 76(2), 289–296.
- Wittke P. von, Lindner A., Deegen E., Sommer H., 1994. Effects of training on blood lactate-running speed relationship in thoroughbred racehorses. *J. Appl. Physiol.* 77(1), 298–302.

Źródło finansowania: Praca wykonana w ramach projektu PBS/1 NCBR: Metody łagodzenia stresu w aspekcie dzielności wyścigowej koni arabskich czystej krwi.

Summary. The aim of the study was to analyze the heart rhythm variability of pure-blood Arabian horses, depending on their advanced training and type of exercise. The study comprised 20 horses from SK Janów Podlaski stud, of which 10 mares and 10 stallions aged 32–37 months. The experiment was carried out during a period of 8 months. During the first three months, the horses participated only in trainings conducted 6 days a week. Then, horses were transported twice a month to Warsaw to the Służewiec Track, where they additionally took part in races. The heart tests were carried out with the Polar RS800CX telemetry devices. In three 15-minute periods, resting, post-workout and restitution values of heart rhythm variability were studied. The results of the study,

after elaboration and detailed analysis, allowed us to conclude that the parameters of heart rhythm variability give many possibilities to assess the level of training advancement and intensity of horse effort. The increased intensity of effort increases the activity of the sympathetic system, responsible for mobilization of the organism. As the training cycle progresses, this activity decreases and the activity of the parasympathetic system responsible for rest increases. It is best to evaluate the intensity of workout and training progress using HRV parameters at rest on the day following the training or during rest periods, but only during resting tests can you limit yourself to the measurement of parameters describing the activity of the parasympathetic system as representatives of other HRV parameters. This research will make it possible to assess the correctness of the progressing training process.

Key words: Purebred Arabian horse, training, horse racing, heart rate variability

Otrzymano:/ Received: 15.11.2017

Zaakceptowano:/ Accepted: 15.12.2017