

WPLYW TEMPERATURY POWIETRZA NA ZMIANY TERMOGRAFICZNEGO OBRAZU Z KĄCIKA OKA I POZIOM PARAMETRÓW PRACY SERCA GORĄCOKRWISTYCH KLACZY I WAŁACHÓW

Katarzyna Śmielek, Izabela Gazda, Jan Kita, Iwona Janczarek

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Katedra Hodowli i Użytkowania Koni, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin



Katarzyna Śmielek: <https://orcid.org/0009-0000-3941-3679>

Izabela Gazda: <https://orcid.org/0009-0005-7820-8877>

Jan Kita: <https://orcid.org/0009-0005-6219-5653>

Iwona Janczarek: <https://orcid.org/0000-0001-9032-8840>

Abstrakt

Przyjęto założenie, że obraz termograficzny z kącika oka i poziom parametrów pracy serca koni zależy od przebiegu termoregulacji, na który wpływa temperatura powietrza, w jakiej egzystują. Założono, że temperatura powietrza 0°C i niższa generuje większy wzrost temperatury w kąciku oka i obniżenie aktywności części przywspółczulnej autonomicznego układu nerwowego w porównaniu do sytuacji, gdy temperatura powietrza jest dodatnia. Wyraźne zmiany mogą wskazywać na stres. Celem badania była zatem ocena temperatury z kącika oka i poziomu parametrów pracy serca (HRV) klaczy i wałachów podczas zróżnicowanej temperatury powietrza. Badaniami objęto 12 dorosłych klaczy i wałachów gorącokrwistych (średni wiek: 11,42±2,71 roku). Doświadczenie przeprowadzono w ciągu trzech wybranych dni, w czasie których temperatura powietrza wynosiła kolejno 5.0°C, 0.0°C i –5.0°C. Określono temperaturę z kącika oka (kamera termowizyjna FLIR E53 i program ThermoCAM Researcher Pro 2.8 SR-2m) i poziom parametrów pracy serca (mierniki Polar RS800CX oraz program Polar Pro Trainer 5 i Kubios HRV). Pomiary wykonano w spoczynku, po powrocie zwierząt z padoku oraz 30 minut później. Stwierdzono, że utrzymywanie koni przez kilka godzin w temperaturze powietrza 0°C lub niższej spowodowało istotny wzrost ich temperatury z kącika oka i zmianę poziomu parametrów pracy serca w stosunku do sytuacji, kiedy temperatura powietrza była dodatnia. Nie były to jednak zmiany, które mogłyby generować stres negatywnie wpływający na dobrostan koni, a co najwyżej uruchomione zostały mechanizmy termoregulacyjne organizmu. Warto również zaznaczyć, że mimo bardziej wyraźnych zmian występujących częściej u wałachów niż u klaczy, nie można jednoznacznie stwierdzić wpływu płci na badane zjawisko. Na podstawie uzyskanych badań można natomiast sugerować, że nie jest potrzebne ograniczenie czasu przebywania koni na padokach podczas temperatury powietrza poniżej 0°C, co powinno pozytywnie wpływać na występowanie pożądanego behawioru towarzyszącego zapewnieniu koniom swobodnego ruchu.

Słowa kluczowe: koń, padoki, temperatura powietrza, termografia, HRV

Wstęp

Stres to nieswoista reakcja organizmu na różnego rodzaju bodźce zwane stresorami (Van Reenen i in., 2005). Jest naturalną fizjologiczną i behawioralną odpowiedzią umożliwiającą dostosowanie się do warunków środowiska, a tym samym przetrwanie. Jego długotrwałe oddziaływanie wpływa jednak negatywnie na funkcjonowanie poszczególnych układów organizmu. W przypadku koni obniża dobrostan, powodując m.in. powstawanie wrzodów żołądka czy zaburzeń rozrodu (Niemczycka i Walczak, 2019). Bodźce wywołujące stres mogą być bardzo różnorodne. Do czynników stresogennych u koni należą m.in. trening, transport, zmiany otoczenia i inne (Budzyńska, 2014). Zdaniem Zeitler-Feicht (2014) do przyczyn należy zaliczyć także temperaturę otoczenia, która wpływa na odpoczynek, ruch i utrzymanie ciepła. Oddziałuje również na zegar biologiczny i behawior. Całkowite wyeliminowanie stresu z użytkowania jest jednak niemożliwe. Dlatego też ważne jest poznanie czynników stresogennych, których można unikać. Reakcja stresowa aktywuje oś współczulno-nadnerczową oraz oś podwzgórze-przysadka-nadnercza (Van Reenen i in., 2005). Pierwsza aktywowana jest natychmiastowo, powodując przyspieszenie akcji serca i oddechu, podwyższenie poziomu glukozy we krwi oraz spowolnienie pracy układu pokarmowego. Reakcja drugiej osi przebiega wolniej i pobudza wytwarzanie glukokortykoidów, głównie kortyzolu. Reakcja fizjologiczna wywołuje następnie niepożądane zmiany behawioru zwierzęcia (Budzyńska, 2014).

Współczesne metody oceny poziomu stresu obejmują subiektywne testy behawioralne oraz bardziej dokładne testy wskaźników fizjologicznych, do których należy badanie poziomu kortyzolu z próbek śliny, krwi czy kału (Kołodziejczyk i Cywińska, 2019). Innymi wrażliwymi miernikami są zmienność rytmu serca i liczba oddechów (Visser i in., 2002). Nowym sposobem pomiaru natężenia stresu jest termograficzne badanie temperatury z kącika oka (Dai i in., 2015). Metoda ta pokazuje reakcję na czynniki stresotwórcze poprzez wzrost lub spadek temperatury, bez dodatkowego niepokojenia zwierzęcia (Valera i in., 2012). Obszar kącika oka jest bardzo unerwiony, dlatego jest idealnym miejscem na dostrzeżenie zmian w przepływie krwi, w których uczestniczą procesy autonomiczne (Soroko i in., 2016). Pomiar ten nie wymaga pobrania materiału biologicznego od zwierzęcia, dzięki czemu nie generuje dodatkowego stresu związanego z ich pobraniem. Dużą zaletą jest w tym przypadku również uzyskanie wyników „na miejscu”, bez konieczności czekania. Wadą tej metody jest natomiast bardzo wysoka czułość na najdrobniejsze zmiany, skąd może wynikać niedokładność pomiaru (Piccini i in., 2021).

Przyjęto założenie, że obraz termograficzny z kącika oka i poziom parametrów pracy serca koni zależą od przebiegu termoregulacji, na którą wpływa temperatura powietrza, w jakiej egzystują. Założono, że temperatura powietrza 0°C i niższa generuje większy wzrost temperatury w kąciku oka i obniżenie aktywności części przywspółczulnej autonomicznego układu nerwowego (AUN) w porównaniu do sytuacji, gdy temperatura powietrza jest dodatnia. Wyraźne zmiany mogą wskazywać na stres. Celem badania była zatem ocena temperatury z kącika oka i poziomu parametrów pracy serca (HRV) klaczy i wałachów podczas zróżnicowanej temperatury powietrza.

Material i metody

Badaniami objęto 12 dorosłych koni gorącokrwistych (średni wiek: 11,42±2,71 roku) rasy małopolskiej i polski koń sportowy, w tym pięć klaczy i siedem wałachów. Zwierzęta utrzymywano w tej samej stajni boksowej i karmiono 3 razy dziennie paszami tradycyjnymi. Były również użytkowane rekreacyjnie 1–2 godziny dziennie przez 6 dni w tygodniu. Codziennie przebywały też na padokach przez 4–6 godzin. W momencie badania wszystkie zwierzęta były klinicznie zdrowe. Badanie trwało trzy dni wybrane ze względu na warunki atmosferyczne, a głównie temperaturę powietrza, w czasie których zwierzęta wyprowadzano na piaskowo-

ziemny padok w godzinach 9:00–15:00. W centralnej części prostokątnego niezadrzewionego padoku o wymiarach 30x70 m znajdował się paśnik z sianem. Różnice między warunkami atmosferycznymi w poszczególnych dniach badania zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1. Warunki atmosferyczne w kolejnych dniach badania
Table 1. Weather conditions on consecutive days of the study

Dzień doświadczenia Day of the experiment	I dzień Day I	II dzień Day II	III dzień Day III
Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)	5,0	0,0	–5,0
Wilgotność względna powietrza (%) Relative air humidity (%)	76	73	72
Ciśnienie atmosferyczne (hPa) Atmospheric pressure (hPa)	1002	999	1009
Prędkość wiatru (m/s) Wind speed (m/s)	0,3	0,4	0,5
Zachmurzenie Cloud cover	całkowite continuous	całkowite continuous	całkowite continuous

Poziom ewentualnego stresu określono na podstawie termograficznego obrazu z kącika oka uzyskanego ze zdjęć wykonanych za pomocą kamery termowizyjnej FLIR E53 (Bartolomé i in., 2013). Lewe oko wszystkich koni zeskanowano pod kątem 90° i z odległości 1 m (Soroko i in., 2016). Za pomocą oprogramowania analitycznego ThermoCAM Researcher Pro 2.8 SR-2m (FLIR Systems AB, FLIR Systems, Inc., Szwecja) określono maksymalną temperaturę w owalnym obszarze wokół oka, wraz z gałką ocznej, a także powierzchnię około 1 cm otaczającą zewnętrzną stronę powieki.

Parametry zmienności rytmu serca (HRV), wskazujące na pobudliwość emocjonalną organizmu, zmierzono używając mierników Polar ELECTRO OY-RS800CX w zestawie z nadajnikami H2, do których konie zostały uprzednio przyzwyczajone. Nadajniki mocowano za pomocą elastycznego paska po lewej stronie klatki piersiowej konia, na wysokości serca. Monitor pracy serca mocowano następnie w bliskiej odległości od elektrody. Dane z monitorów transmitowano do komputera za pomocą urządzenia peryferyjnego IrDA USB 2.0. Adapter, a dalej analizowano w programie Polar Pro Trainer 5 i Kubios HRV. W celu eliminowania występujących sporadycznie artefaktów stosowano filtry o małej mocy. Analizie poddano:

- interwał RR [ms] – interwały pomiędzy kolejnymi załamkami R zespołu QRS: im większa wartość interwału, tym niższa pobudliwość emocjonalna;
- rMSSD [ms] – średnia kwadratowa z kolejnych różnic (root mean square of successive differences): parametr analizy czasowej części przywspółczulnej AUN;
- HF [ms²] – składowa mocy widma wysokiej częstotliwości (0,15–0,4 Hz) wskazująca na aktywność części przywspółczulnej AUN;
- LF [ms²] – składowa mocy widma niskich częstotliwości (0,04–0,15 Hz) wskazująca na aktywność części współczulnej i przywspółczulnej AUN;
- LF/HF [%] – stosunek mocy widma niskich częstotliwości do mocy widma wysokich częstotliwości, wskazujący na równowagę współczulno-przywspółczulną AUN (Laborde i in., 2017).

Zdjęcia i pomiary wykonano trzykrotnie: 15 minut przed wyprowadzeniem koni na padok oraz 5 i 30 minut po sprowadzeniu ich do stajni. Wyliczenia przeprowadzono wykorzystując pakiet analityczny SAS 9.4 [version 9.4 by SAS Institute Inc. Cary, NC]. Testowanie w kierunku rozkładu normalnego wykonano w oparciu o test Kołgomorowa-Smirnowa przy $\alpha=0,05$. Przedstawiono statystyki podstawowe opisu analizowanych cech w postaci średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego. Istotność wpływu stałych czynników na badane cechy analizowano przy użyciu wieloczynnikowej analizy wariancji (według modelu GLM). Istotności różnic między średnimi określono za pomocą testu Tukeya. Zależności między cechami dla koni w ujęciu łącznym określono za pomocą korelacji rang Pearsona ($P \leq 0,05$).

Wyniki

Obraz termograficzny kącika oka

Temperatura z kącika oka klaczy i wałachów różniła się istotnie w kolejnych dniach badania (tab. 2). Przed wypuszczeniem na padok najwyższe jej wartości zaobserwowano w czasie temperatury -5°C . W pomiarze wykonanym 5 minut po sprowadzeniu do stajni temperatura była istotnie wyższa od odnotowanej przed wypuszczeniem na padok zarówno drugiego jak i trzeciego dnia badania. Po upływie 30 minut podwyższona temperatura tego parametru utrzymała się jedynie u wałachów. W tym przypadku u klaczy nie zaobserwowano istotnych różnic względem temperatury przed wypuszczeniem na padok.

Tabela 2. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) z kącika oka koni w kolejnych dniach badania
Table 2. Inner canthus temperature ($^{\circ}\text{C}$) of horses on consecutive days of the study

Czas pomiaru Measurement time	Płeć Sex	I dzień Day I		II dzień Day II		III dzień Day III	
		Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD
15 min przed wypuszczeniem na padok 15 min before release into the paddock	Klacz Mares	35,56ax	1,55	35,87ax	2,02	44,56bx	11,34
	Wałach Geldings	37,45ay	1,98	36,66ax	2,05	43,11bx	9,67
5 min po powrocie z padoku 5 min after returning from the paddock	Klacz Mares	32,45ax	1,56	43,21bx	4,45	45,23bx	7,87
	Wałach Geldings	33,56ax	3,34	45,56bx	4,03	44,77bx	10,09
30 min po powrocie z padoku 30 min after returning from the paddock	Klacz Mares	34,34ax	2,13	36,42ax	2,89	36,87ax	3,33
	Wałach Geldings	35,71ax	2,66	40,12by	2,71	41,54by	2,78

Średnie oznaczone różnymi literami a, b, c (w wierszach), x, y (w kolumnach) różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.
Means marked with different letters a, b, c (in rows), x, y (in columns) are significantly different at $P \leq 0.05$.

Tabela 3. Parametr RR (ms) koni w kolejnych dniach badania
Table 3. Parameter RR (ms) of horses on consecutive days of the study

Czas pomiaru Measurement time	Płeć Sex	I dzień Day I		II dzień Day II		III dzień Day III	
		Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD
15 min przed wypuszczeniem na padok 15 min before release into the paddock	Klacz Mares	456,23ax	125,63	418,34ax	111,34	321,11bx	100,34
	Wałach Geldings	523,12ax	121,45	432,19bx	111,54	289,43cx	121,45
5 min po powrocie z padoku 5 min after returning from the paddock	Klacz Mares	543,23ax	119,45	600,34ax	201,23	323,45bx	115,56
	Wałach Geldings	576,45ax	155,11	634,45bx	118,63	453,34ax	172,84
30 min po powrocie z padoku 30 min after returning from the paddock	Klacz Mares	654,34ax	211,46	565,32acx	128,48	456,34bcx	112,43
	Wałach Geldings	546,56ay	200,34	453,56acy	226,67	358,73bcy	118,45

Średnie oznaczone różnymi literami a, b, c (w wierszach), x, y (w kolumnach) różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.
Means marked with different letters a, b, c (in rows), x, y (in columns) are significantly different at $P \leq 0.05$.

Pobudliwość emocjonalna

Średnie wartości parametru RR były na ogół najniższe w trzecim dniu badania (tab. 3). Wartości najwyższe charakteryzowały natomiast pierwszy dzień, z wyjątkiem pomiaru u wałachów wykonanego 5 minut po powrocie z padoku, w obrębie którego najwyższe wartości wystąpiły w przypadku temperatury powietrza 0°C . Istotne różnice związane z płcią odnotowano jedynie 30 min po powrocie z padoku, kiedy uzyskane wyniki okazały się istotnie wyższe w grupie klaczy.

Parametr rMSSD był najniższy w trzecim dniu badania, a najwyższy w pierwszym dniu (tab. 4). Istotne różnice związane z płcią pojawiły się w czasie temperatury powietrza 0 i -5°C podczas pomiaru wykonanego przed wyprowadzeniem koni na padok, przy temperaturze 5 i -5°C po sprowadzeniu oraz przy temperaturze 5°C po upływie pół godziny od powrotu z padoku. Z wyjątkiem ostatniego pomiaru, wartości uzyskane przez wałachy były istotnie wyższe niż u klaczy.

Tabela 4. Parametr rMSSD (ms) koni w kolejnych dniach badania
Table 4. Parameter rMSSD (ms) of horses on consecutive days of the study

Czas pomiaru Measurement time	Płeć Sex	I dzień Day I		II dzień Day II		III dzień Day III	
		Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD
15 min przed wypuszczeniem na padok	Klacz Mares	67,34ax	15,56	56,45bx	13,15	43,23cx	12,45
15 min before release into the pad-dock	Wałachy Geldings	62,34ax	11,44	66,45ay	13,61	55,55by	14,34
5 min po powrocie z padoku	Klacz Mares	72,34ax	12,82	65,34bx	11,64	45,37cx	10,05
5 min after returning from the pad-dock	Wałachy Geldings	67,45ay	13,73	65,43ax	12,07	51,53by	9,12
30 min po powrocie z padoku	Klacz Mares	77,37ax	12,35	65,45bx	13,56	55,34cx	10,34
30 min after returning from the pad-dock	Wałachy Geldings	69,94ay	13,11	67,34ax	12,66	56,43bx	11,13

Średnie oznaczone różnymi literami a, b, c (w wierszach), x, y (w kolumnach) różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.
Means marked with different letters a, b, c (in rows), x, y (in columns) are significantly different at $P \leq 0,05$.

Tabela 5. Parametr HF (ms^2) koni w kolejnych dniach badania
Table 5. Parameter HF (ms^2) of horses on consecutive days of the study

Czas pomiaru Measurement time	Płeć Sex	I dzień Day I		II dzień Day II		III dzień Day III	
		Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD
15 min przed wypuszczeniem na padok	Klacz Mares	123,56ax	45,74	113,45ax	44,02	89,34bx	22,22
15 min before release into the pad-dock	Wałachy Geldings	127,45ax	52,11	122,58ax	37,41	119,38ay	19,83
5 min po powrocie z padoku	Klacz Mares	145,67ax	58,71	104,23bx	39,34	78,12cx	28,45
5 min after returning from the pad-dock	Wałachy Geldings	155,23ax	39,43	146,34ay	33,09	123,45by	23,31
30 min po powrocie z padoku	Klacz Mares	127,38ax	30,17	100,03bx	26,34	66,11cx	18,81
30 min after returning from the pad-dock	Wałachy Geldings	142,54ay	51,28	133,18ay	31,43	100,66by	23,95

Średnie oznaczone różnymi literami a, b, c (w wierszach), x, y (w kolumnach) różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.
Means marked with different letters a, b, c (in rows), x, y (in columns) are significantly different at $P \leq 0,05$.

Zgodnie z wynikami przedstawionymi w tabeli 5 parametr HF różnił się istotnie u klaczy w kolejnych dniach badania, przy czym najniższe wartości przyjmował w trzecim dniu. W grupie wałachów różnica dotyczyła jedynie pomiarów wykonanych po sprowadzeniu z padoku i wykonanych trzeciego dnia, w którym odnotowane wyniki były najniższe. Istotne różnice związane z płcią wystąpiły 15 min przed wyprowadzeniem na padok w trzecim dniu, 5 min po powrocie w drugim i trzecim dniu, a także 30 min po sprowadzeniu z padoku w pierwszym, drugim i trzecim dniu. W każdym przypadku wyższe wartości wystąpiły u wałachów niż u klaczy.

Tabela 6. Parametr LF (ms²) koni w kolejnych dniach badaniaTable 6. Parameter LF (ms²) of horses on consecutive days of the study

Czas pomiaru Measurement time	Płeć Sex	I dzień Day I		II dzień Day II		III dzień Day III	
		Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD
15 min przed wypuszczeniem na padok	Klaczce Mares	987,34ax	177,56	1073,23ax	200,14	1265,23cx	199,34
15 min before release into the pad-dock	Wałachy Geldings	1234,45ay	162,34	1000,22bx	166,28	1199,24ax	177,38
5 min po powrocie z padoku	Klaczce Mares	789,27ax	78,89	902,55bx	100,02	1029,28cx	109,27
5 min after returning from the pad-dock	Wałachy Geldings	652,18ay	99,28	721,29ay	96,36	899,29by	111,04
30 min po powrocie z padoku	Klaczce Mares	678,39ax	102,22	739,49bx	102,28	999,27cx	117,15
30 min after returning from the pad-dock	Wałachy Geldings	627,28ax	98,23	712,18ax	98,49	1003,23bx	89,67

Średnie oznaczone różnymi literami a, b, c (w wierszach), x, y (w kolumnach) różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.

Means marked with different letters a, b, c (in rows), x, y (in columns) are significantly different at $P \leq 0.05$.

Parametr LF koni przed wypuszczeniem na padok różnił się w kolejnych dniach badania (tab. 6). U klaczy był niższy pod pozostałych w pierwszym i drugim dniu badania. W grupie wałachów natomiast miało to miejsce tylko w drugim dniu. Sytuacja wyglądała nieco inaczej przy pomiarach wykonanych po powrocie koni z padoku. W obu przypadkach najniższe wartości wystąpiły w pierwszym dniu badania, a najwyższe w trzecim dniu. Wyniki uzyskane drugiego dnia u klaczy miały wartości pośrednie. Istotne różnice związane z płcią odnotowano jedynie 5 min po powrocie z padoku, gdzie u klaczy odnotowano wyniki wyższe niż u wałachów oraz przed wyprowadzeniem na padok w pierwszym dniu badania, w którym sytuacja wyglądała odwrotnie.

W grupie klaczy wartości istotnie wyższe dla parametru LF/HF pojawiły się w trzecim dniu badania (tab. 7). Wartości najniższe odnotowano z kolei pierwszego dnia i pośrednie (z wyjątkiem pomiaru 15 min przed wyprowadzeniem na padok) w drugim dniu. U wałachów najwyższe wyniki również odnotowano trzeciego dnia. Najniższe wystąpiły natomiast w drugim dniu przy pomiarze przed wyprowadzeniem na padok oraz w pierwszym dniu, przy pomiarach wykonywanych po powrocie z padoku. W każdym przypadku odnotowano istotne różnice związane z płcią, które z wyjątkiem pomiaru 15 min przed wypuszczeniem na padok, były niższe u wałachów niż u klaczy.

Tabela 7. Parametr LF/HF (%) koni w kolejnych dniach badania

Table 7. LF/HF ratio (%) of horses on consecutive days of the study

Czas pomiaru Measurement time	Płeć Sex	I dzień Day I		II dzień Day II		III dzień Day III	
		Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD	Średnia Mean	SD
15 min przed wypuszczeniem na padok	Klaczce Mares	799,08ax	115,42	745,99ax	125,89	1416,20bx	112,74
15 min before release into the pad-dock	Wałachy Geldings	968,58ay	105,68	815,97bx	101,12	1004,56ay	104,52
5 min po powrocie z padoku	Klaczce Mares	541,82ax	79,47	865,92bx	84,69	1317,56cx	94,57
5 min after returning from the pad-dock	Wałachy Geldings	420,14ay	76,96	492,89ay	81,45	728,46by	89,99
30 min po powrocie z padoku	Klaczce Mares	532,57ax	95,67	739,27bx	68,47	1511,53cx	76,53

30 min after returning from the paddock	Wałachy Geldings	440,07ay	86,85	534,75by	79,33	996,65cy	58,72
---	------------------	----------	-------	----------	-------	----------	-------

Średnie oznaczone różnymi literami a, b, c (w wierszach), x, y (w kolumnach) różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.

Means marked with different letters a, b, c (in rows), x, y (in columns) are significantly different at $P \leq 0.05$.

W przypadku parametru RR odnotowano jeden przypadek istotnej korelacji z temperaturą z kącika oka (tab. 8). Ten ujemny współczynnik wystąpił podczas pomiaru 5 min po powrocie z padoku w trzecim dniu badania. Parametr rMSSD korelował ujemnie ze wskazaną temperaturą 5 min po powrocie z padoku w drugim dniu badania. Parametr HF korelował natomiast ujemnie 5 i 30 min po powrocie z padoku w trzecim dniu badania. W obrębie parametru LF i LF/HF istotne korelacje nie wystąpiły.

Tabela 8. Korelacje między temperaturą z kącika oka a poziomem parametrów pracy serca koni powietrza w kolejnych dniach badania
Table 8. Correlations between inner canthus temperature and heart rate variability parameters in horses on consecutive days of the study

Czas pomiaru Measurement time	I dzień Day I	II dzień Day II	III dzień Day III
Parametr RR Parameter RR			
15 min przed wypuszczeniem na padok 15 min before release into the paddock	-0,321	0,086	-0,205
5 min po powrocie z padoku 5 min after returning from the paddock	-0,046	-0,226	-0,533*
30 min po powrocie z padoku 30 min after returning from the paddock	-0,432	-0,357	-0,229
Parametr rMSSD Parameter rMSSD			
15 min przed wypuszczeniem na padok 15 min before release into the paddock	0,067	0,097	-0,334
5 min po powrocie z padoku 5 min after returning from the paddock	-0,227	-0,556*	-0,408
30 min po powrocie z padoku 30 min after returning from the paddock	-0,267	-0,333	-0,151
Parametr HF Parameter HF			
15 min przed wypuszczeniem na padok 15 min before release into the paddock	-0,285	-0,199	0,098
5 min po powrocie z padoku 5 min after returning from the paddock	-0,451	-0,499	-0,602*
30 min po powrocie z padoku 30 min after returning from the paddock	-0,221	-0,456	-0,559*
Parametr LF Parameter LF			
15 min przed wypuszczeniem na padok 15 min before release into the paddock	-0,168	0,267	0,353
5 min po powrocie z padoku 5 min after returning from the paddock	0,224	0,325	-0,078
30 min po powrocie z padoku 30 min after returning from the paddock	0,308	0,303	0,222
Parametr LF/HF LF/HF ratio			
15 min przed wypuszczeniem na padok 15 min before release into the paddock	-0,123	0,098	0,228
5 min po powrocie z padoku 5 min after returning from the paddock	-0,226	-0,112	-0,399
30 min po powrocie z padoku 30 min after returning from the paddock	0,056	-0,166	-0,289

*Korelacja istotna przy $P \leq 0,05$

*Significant correlation at $P \leq 0.05$

Omówienie wyników

Wyniki potwierdziły, że temperatura z kącika oka koni jest związana z temperaturą powietrza. Okazało się ponadto, że istotne zmiany w tym parametrze wystąpiły jeszcze przed wyprowadzeniem koni na padok. Temperatura powietrza mogła mieć zatem wpływ na zwierzęta nawet wówczas, gdy przebywały one w budynku stajennym. Osoby obsługujące powinny więc zwracać w tym czasie szczególną uwagę na konie, ponieważ jak wskazują badania przeprowadzone przez Camargo i in. (2018), mogą się wówczas u nich pojawiać zachowania niebezpieczne dla człowieka.

Sytuacja związana z temperaturą powietrza wydaje się jeszcze bardziej wyraźna, gdy zwierzęta przebywają przez kilka godzin na padokach. Wtedy najniższe wyniki pomiarów temperatury z kącika oka odnotowano przy dodatnich wartościach temperatury powietrza, a najwyższe przy ujemnych, co wskazuje, że zmiany pojawiają się już w okolicach 0°C. Zjawisko to mogło być spowodowane faktem, że konie gorąkocrwiste wywodzą się z klimatów ciepłych i suchych (Olczak i Klocek, 2003). Wskazana temperatura powietrza powoduje u nich najprawdopodobniej uruchamianie mechanizmów termoregulacyjnych powodujące zmiany somatyczne (Mejdell i in., 2020). Jednakże dopiero gdy takie zmiany są bardzo drastyczne, mogą pociągnąć za sobą pogorszenie nastroju i wzrost stresu (Cymbaluk i Christison, 1990). W niniejszej pracy tak drastycznych zmian nie zaobserwowano. Nie ma zatem potrzeby sugerowania konieczności przykrywania koni derkami podczas analizowanych zakresów temperatury w porze zimowej. Nieco innego zdania są Hammer i Gunkelman (2020), co może być spowodowane zastosowaniem innej metodyki badawczej.

Wyniki z zakresu zmian w termograficznym obrazie z kącika oka zostały tylko częściowo potwierdzone na drodze analizy parametrów pracy serca wskazujących na pobudliwość emocjonalną organizmu (Soroko i in., 2016). Warto też podkreślić, że podobne reakcje w zakresie RR, wzrastającego wraz ze spadkiem temperatury powietrza, zaobserwowano u obu płci. To ciekawe zjawisko, gdyż dotychczas uznawano, że to właśnie klacze są ogólnie bardziej chimeryczne i równocześnie bardziej wrażliwe na bytowe warunki środowiskowe (Crowell-Davis, 2007). Istotne różnice w tym zakresie pojawiały się najczęściej w okresie 30 minut pobytu w stajni po padokowaniu. Wałachy reagowały zatem na obniżoną temperaturę powietrza dopiero po powrocie do stajni, co dalej może wskazywać, że ich emocjonalny powrót do poziomu spoczynkowego jest dłuższy niż u klaczy. Podobnego zdania są Lesimple i in. (2020).

Odwrotne wyniki uzyskano jednak w zakresie rMSSD i HF, wskazujących na aktywność części przywspółczulnej ASN, odpowiedzialnej za relaksację organizmu (Kreuzer, 2019). Mimo że podobnie jak poprzednio większy spadek poziomu badanych parametrów uzyskano, gdy temperatura powietrza wynosiła 0°C i mniej, były one jednak mniej widoczne u wałachów niż u klaczy. Odwrotna sytuacja wystąpiła natomiast w przypadku parametru LF i LF/FH, których poziom przy wskazanej temperaturze powietrza wzrastał. Wydaje się więc, że na tym etapie badań nie można stwierdzić jednoznacznego wpływu płci w reakcji organizmu na różne wartości temperatury powietrza. Biorąc szczególnie pod uwagę duże odchylenie standardowe towarzyszące wartościom średnim, można sugerować, że o tym zjawisku decydują względy osobnicze.

Nie można również stwierdzić jednoznacznych powiązań między temperaturą z kącika oka a parametrami pracy serca koni, gdyż korelacje w tym zakresie wystąpiły w niewielu przypadkach. Soroko i in. (2016) stwierdzili, że maksymalna temperatura z kącika oka nie jest skorelowana z akceptowanymi miarami stresu, czyli stężeniem kortyzolu w ślinie i częstością pracy serca. Wyniki własne można zatem uznać jedynie za częściowo zgodne z cytowanymi, co jest być może spowodowane badaniem innych parametrów.

Podsumowanie

Utrzymywanie koni przez kilka godzin w temperaturze powietrza 0°C lub niższej spowodowało istotny wzrost ich temperatury z kącika oka i zmianę poziomu parametrów pracy serca w stosunku do sytuacji, kiedy temperatura powietrza była dodatnia. Nie były to jednak zmiany, które mogłyby generować stres negatywnie wpływający na dobrostan koni, a co najwyżej uruchomione zostały mechanizmy termoregulacyjne organizmu. Warto również zaznaczyć, że mimo bardziej wyraźnych zmian występujących częściej u wałachów niż u klaczy, nie można jednoznacznie stwierdzić wpływu płci na badane zjawisko. Na podstawie uzyskanych badań można natomiast sugerować, że nie jest potrzebne ograniczenie czasu przebywania koni na padokach podczas temperatury powietrza poniżej 0°C, co powinno pozytywnie wpływać na występowanie pożądanego behawioru towarzyszącego zapewnieniu koniom swobodnego ruchu.

Piśmiennictwo

- Bartolomé E., Sánchez M.J., Molina A., Schaefer A.L., Cervantes I., Valera M. (2013). Using eye temperature and heart rate for stress assessment in young horses competing in jumping competitions and its possible influence on sport performance. *Animal*, 7: 2044–2053.
- Budzyńska M. (2014). Stress reactivity and coping in horse adaptation to environment. *J. Equine Vet. Sci.*, 34: 935–941.
- Camargo F., Gombeski Jr W.R., Barger P., Jehlik C., Wiemers H., Mead J., Lawyer A. (2018). Horse-related injuries: Causes, preventability, and where educational efforts should be focused. *Cogent Food Agric.*, 4(1): 1432168.
- Crowell-Davis S.L. (2007). Sexual behavior of mares. *Horm. Behav.*, 52(1): 12–17.
- Cymbaluk N.F., Christison G.I. (1990). Environmental effects on thermoregulation and nutrition of horses. *Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.*, 6(2): 355–372.
- Dai F., Cogi N.H., Heinzl E.U.L., Dalla Costa E., Canali E., Minero M. (2015). Validation of a fear test in sport horses using infrared thermography. *J. Vet. Behav.*, 10: 128–136.
- Hammer C., Gunkelman M. (2020). Effect of different blanket weights on surface temperature of horses in cold climates. *J. Equine Vet. Sci.*, 85: 102848.
- Kołodziejczyk K., Cywińska A. (2019). Oznaczanie metabolitów kortyzolu w kale jako metoda oceny stresu u dzikich zwierząt. *Życie Wet.*, 94(5): 355–359.
- Kreuzer L. (2019). Examining the stress response of horses during equine assisted therapy and subsequent regeneration. Master Thesis, University of Veterinary Medicine Vienna, Messerli Research Institute.
- Laborde S., Mosley E., Thayer J.F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research – recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Front. Psychol.*, 8: 213.
- Lesimple C., Reverchon-Billot L., Galloux P., Stomp M., Boichot L., Coste C., Hausberger M. (2020). Free movement: A key for welfare improvement in sport horses? *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 225: 104972.
- Mejdell C.M., Bøe K.E., Jørgensen G.H. (2020). Caring for the horse in a cold climate – Reviewing principles for thermoregulation and horse preferences. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 231: 105071.
- Niemczycka E., Walczak M. (2019). Rozwój psychiatrii koni wyzwaniem dla współczesnej medycyny weterynaryjnej. *Życie Wet.*, 94(11): 749–752.
- Olczak K., Klocek C. (2013). Wpływ wybranych zjawisk atmosferycznych na zachowanie koni. *Med. Weter.*, 69(10): 602–605.

- Piccinini F., Martinelli G., Carbonaro A. (2021). Reliability of body temperature measurements obtained with contactless infrared point thermometers commonly used during the COVID-19 pandemic. *Sensors* 21: 3794.
- Soroko M., Howell K., Zwyrzykowska A., Dudek K., Zielińska P., Kupczyński R. (2016). Maximum eye temperature in the assessment of training in racehorses: correlations with salivary cortisol concentration, rectal temperature, and heart rate. *J. Equine Vet. Sci.*, 45: 39–45.
- Valera M., Bartolomé E., Sánchez M.J., Molina A., Schaefer A.L., Cervantes I. (2012). Changes in eye temperature and stress assessment in horses during show jumping competitions. *J. Equine Vet. Sci.*, 32(12): 827–830.
- Van Reenen C.G., O'Connell N.E., Van der Werf J.T.N., Korte S.M., Hopster H., Jones R.B., Blokhuis H.J. (2005). Responses of calves to acute stress: individual consistency and relations between behavioral and physiological measures. *Physiol. Behav.*, 85: 557–570.
- Visser E.K., van Reenen C., van der Werf J., Schilder M., Knaap J., Barneveld A., Blokhuis H. (2002). Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a handling test in young horses. *Physiol. Behav.*, 76: 289–296.
- Zeitler-Feicht M. (2014). *Zachowanie koni. Przyczyny, terapia i profilaktyka*. Warszawa, Świadome Jeździectwo, 368 ss.

Zatwierdzono do druku: 25 IX 2025

THE EFFECT OF AIR TEMPERATURE ON THERMOGRAPHIC IMAGE OF THE INNER CANTHUS AND HEART RATE VARIABILITY PARAMETERS IN WARM-BLOOD MARES AND GELDINGS

Katarzyna Śmielek, Izabela Gazda, Jan Kita, Iwona Janczarek

SUMMARY

This study was based on the premise that the thermographic image of the medial canthus and heart rate variability (HRV) parameters in horses are influenced by thermoregulation, which in turn is affected by ambient temperatures. It was hypothesized that an air temperature of 0°C or lower would result in a higher medial canthus temperature and reduced parasympathetic nervous system activity compared to above-freezing air temperature. Significant changes might indicate stress. The aim of this study was to evaluate the medial canthus temperature and HRV parameters in mares and geldings under varying air temperatures. The study included 12 adult warmblood mares and geldings (mean age: 11.42 ± 2.71 years). The experiment was conducted over three selected days with air temperatures of 5.0°C, 0.0°C, and –5.0°C, respectively. Medial canthus temperature was measured using a FLIR E53 thermal imaging camera and ThermoCAM Researcher Pro 2.8 SR-2M software. HRV parameters were determined using Polar RS800CX heart rate monitors together with Polar Pro Trainer 5 and Kubios HRV software. Measurements were taken at rest, immediately after the animals returned from the paddock, and 30 minutes later. The results showed that keeping horses for several hours at an air temperature of 0°C or lower caused a significant increase in medial canthus temperature and a change in HRV parameters compared to above-freezing temperatures. However, these changes were not indicative of distress that could compromise the horses' well-being; rather, they suggested the activation of thermoregulatory mechanisms. Although changes were more frequently observed in geldings than in mares, a definitive effect of sex could not be established. The results suggest

that it is unnecessary to limit paddock time for horses at temperatures below 0°C, which supports the beneficial behaviors associated with free movement.

Keywords: horse, paddocks, air temperature, thermography, HRV