

# Znaczenie pomiarów temperatury powierzchni ciała w użytkowaniu koni

EWA JODKOWSKA, KRZYSZTOF DUDEK\*

Zakład Hodowli Koni i Jeździectwa Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt AR, ul. Kożuchowska 7, 51-631 Wrocław

\*Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej, ul. Łukasiewicza 7/9, 50-371 Wrocław

Jodkowska E., Dudek K.

## Significance of body surface temperature measurements in exploitation of horses

### Summary

On the basis of numerous studies it has been determined that the body surface temperature of healthy horses ranges from 18.94-32.3°C. The highest temperatures were on the head, middle part of the neck, on the scapula, vicinity of the heart, loins, flank as well as shoulder, forearm, thigh and gaskin. Those temperature areas were in accordance with the main artery locations. The lowest temperatures were on the pastern, fetlock, fore cannon, knee and the equivalent places on the hind limb. When compared with the left and right side of the horse, in the most cases the thermograms were symmetrical. A statistically high dependence on ambient temperature, humidity and cooling power was determined for body surface temperature, whereas there was no dependence on rectal temperature in healthy horses. Training caused a significant increase of body surface temperature, higher in mares than in the stallions. The increase of fore limb temperature was higher than in hind limbs after training sessions. The investigations to date demonstrate the usefulness of body surface temperature measurements for the evaluation of training progress and preparation of horses for extreme effort.

**Keywords:** horse, skin temperature

W procesach termoregulacji u zwierząt skóra pełni funkcję czynnika buforującego wzajemne oddziaływanie organizmu i środowiska. Temperatura na jej powierzchni jest wartością wypadkową energii cieplnej organizmu i czynników pozaustrojowych. W odniesieniu do koni stanowią one połączenie warunków mikroklimatycznych i działalności człowieka, który poprzez użytkowanie zwierząt wpływa na psychofizyczne i fizjologiczne procesy organizmu.

Temperaturę powierzchni ciała koni można mierzyć metodami bezstykowymi lub stykowymi. Do badań bezstykowych wykorzystywana jest głównie aparatura termograficzna. Do badań stykowych używane są m.in. termoelementy, termistory, termorezystory. Istnieje też możliwość użycia układów mikroprocesorowych do akwizycji informacji o temperaturze w wybranych miejscach na skórze konia (11, 12).

### Zakres temperatur na powierzchni ciała konia

Na podstawie pomiarów z wykorzystaniem termistorów określono, że zakres temperatur na powierzchni ciała zdrowego konia mieścił się w granicach 19-32°C (6, 15). Flores (6) badał temperaturę powierzchni ciała 54 koni gorącokrwistych. Najwyższe temperatury (27,5-32,3°C) występowały w okolicy oczu, nozdrzy, szpary pyskowej, ramienia, przedramienia, łokcia, a także szyi, łopatki, słabizny. Najniższe (24,0-26,2°C) były na pęcinie, stawie pęciny, na brzusznej stronie śródreżca i na nadgarstku przedniej koń-

czyny oraz na odpowiadających wymienionym punktom miejscach na tylnej kończynie. Podobne wyniki uzyskano w badaniach własnych (15). Dodatkowo najwyższe temperatury na powierzchni ciała koni szlachetnych określono na łędźwiach, udzie i podudziu (27,2-29,9°C), najniższe temperatury były na śródreżcu, śródstopiu i pęcinach wszystkich kończyn (19,3-26,3°C). Wybór powyższych miejsc pomiarowych opierał się o znajomość stopnia umięśnienia poszczególnych partii ciała. W ten sposób charakteryzowano miejsca o różnej temperaturze, ale nieznana była wielkość powierzchni jaką obejmują. Rozwiązanie tego problemu nastąpiło dzięki zastosowaniu aparatury termowizyjnej. Otrzymywane termogramy pozwalały określić rozkład temperatury na wybranej powierzchni ciała konia. Wskutek możliwej komunikacji z komputerem klasy PC uzyskiwano wizualizację wyników pomiarów (ryc. 1).

Stwierdzono, że najcieplejsze miejsca na zewnętrznej powierzchni ciała koni wyścigowych znajdowały się na głowie, środkowej partii szyi, okolicy serca i słabizny (24,98-27,78°C). Ogółem, tułów odznaczał się najwyższymi temperaturami, z wyjątkiem krzyżowej okolicy zadu i górnych partii kończyn. Najzimniejsze natomiast były dolne odcinki kończyn (18,94-22,93°C). Dla liczbowego wyrażenia różnic termicznych na powierzchni ciała wyznaczono odcinki pomiarowe, co dało dokładniejsze informacje o rozkładzie temperatury na powierzchni ciała niż wspomniane

wcześniej określanie jej w punktach. Maksymalne temperatury występowały na obszarze od barku do zadu, na szyi, od barku do kłębu, od mostka do kłębu, od barku do łokcia i od zadu do słabizny. Najniższe wartości temperatur obserwowano na przednich kończynach od kopyta do stawu nadgarstkowego i tylnych – również od kopyta do stawu skokowego (ryc. 2). Należy podkreślić, że kończyny tylne były cieplejsze od przednich (13). Te różnice temperatur wynikają z fizjologii wysiłku konia. Podczas ruchu kończyny tylne są „motorem napędowym”, natomiast przednie pełnią rolę podporową. Podczas innych pomiarów temperatury skóry na nogach 13 koni wyścigowych, po opisanu normalnej temperatury, stwierdzono, że u przeszło 90% koni różnice pomiędzy kończynami prawymi i lewymi były mniejsze niż 1°C. Wzrost różnic nawet do 8°C był notowany tylko podczas doświadczalnego chłodzenia jednej z kończyn (24).

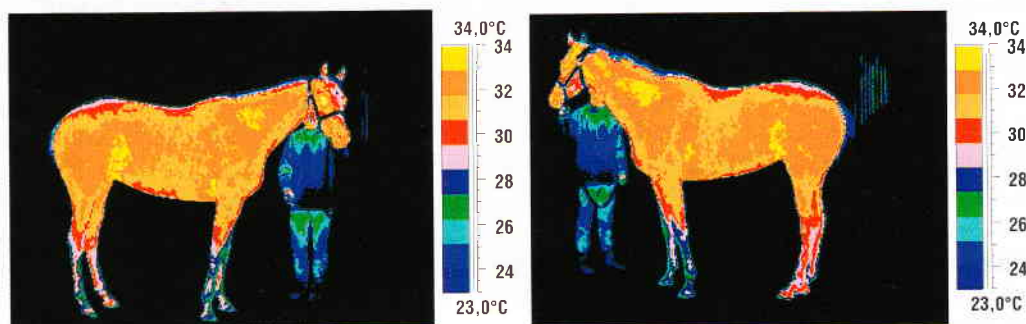
Porównanie termogramów boków konia wykazało, że w większości wyniki pomiarów temperatury na symetrycznych częściach ciała były podobne (13). Obszary wyższych temperatur były zgodne z położeniem głównych naczyń krwionośnych i rozprowadzaniem ciepła przez krew. Pomimo tego, że wzorce temperatur na powierzchni ciała różnych koni były podobne, nie znaleziono dwóch koni o identycznych temperaturach (23). Na ogół były wyższe u młodych koni niż u starszych, a także u klaczy w porównaniu z ogierami. W badaniach koni szlachetnych i prymitywnych w jednakowych warunkach otoczenia, nie znaleziono różnic pomiędzy temperaturą skóry w wyznaczonych miejscach w zależności od płci. Wykazano natomiast wysoko istotną zależność temperatury powierzchni ciała od warunków mikroklimatycznych i pracy koni (4, 14).

### Wpływ warunków mikroklimatycznych

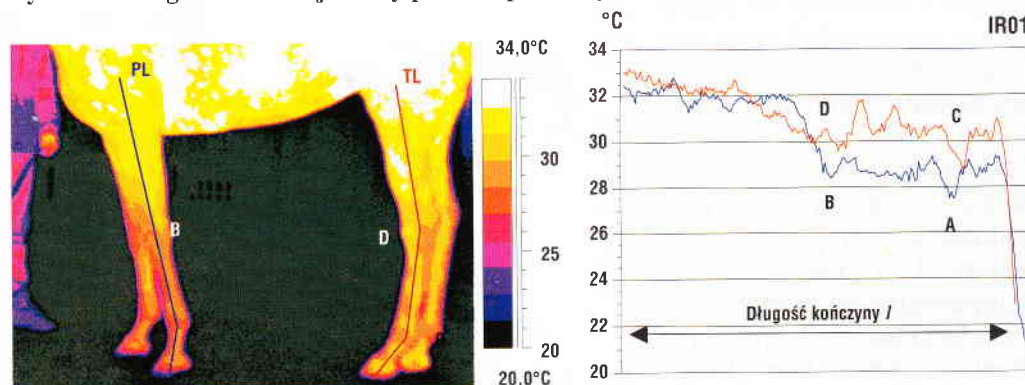
Większość powyższych badań rozpatrywano w odniesieniu do warunków mikroklimatycznych. Zmiana pogody istotnie wpływała na temperaturę powierzchni ciała koni (6, 15, 16). Przy dodatnich temperaturach zewnętrznych obserwowano liniowy związek między temperaturą otoczenia a temperaturą powierzchni ciała (5). Oceniano reakcje termiczne kończyn koni na różne temperatury otoczenia: 5°C, 15°C i 25°C. Temperatura powierzchni kończyn zmieniała się proporcjonalnie do zmian temperatury powietrza, ale ze znacznymi

różnicami u poszczególnych koni, zwłaszcza w niskich temperaturach. Temperatury przednich kończyn były bardziej labilne niż tylnych (21, 22). Nieco inne wyniki przedstawiono w następnych pracach (25, 26). W zróżnicowanych warunkach środowiskowych poczynając od temperatury 21-26°C i wilgotności 70-80% do temperatury 30-35°C i wilgotności 80-90%, średnia temperatura przednich kończyn podnosiła się od 33,2°C do 35,7°C, a tylnych od 33,3°C do 35,6°C. Przy takim samym zakresie temperatury otoczenia (30-35°C) i zwiększonej wilgotności (90-99%), średnia temperatura (z 12 punktów) śródrezcza wynosiła 35,5°C a śródstopia 34,8°C. Zatem wilgotność powietrza mogła wpływać na obniżenie temperatury powierzchni tylnych kończyn, wskazując na większą labilność ich temperatury. W innych badaniach, podczas znacznego wzrostu temperatury powietrza, od 10,2°C do 16,8°C zauważono spadek temperatury powierzchni ciała, od zakresu 28,9-30,3°C do 27,2-29,9°C. Wykonywane wówczas pomiary ochładzania wskazały na zwiększanie się tego wskaźnika mikroklimatycznego od 34,0 mW/cm<sup>2</sup> do 65,0 mW/cm<sup>2</sup>, co wywarło decydujący wpływ na temperaturę powierzchni ciała. Przy wzroście ochładzania, zwiększała się również różnica pomiędzy temperaturami w punktach najcieplejszych i najzimniejszych. Te ostatnie, na kończynach koni, ulegały znacznym wahaniom, pozostałe nie. Wyznaczono miejsca termostabilne i termolabilne na skórze konia. Termostabilność i labilność są cechami charakterystycznymi dla zwierząt stałocieplnych, jako przejaw zdolności termoregulacyjnych ustroju (15).

W niektórych badaniach nad wpływem warunków zewnętrznych na organizm konia temperatura skóry była jednym ze wskaźników fizjologicznych. Tempe-



Ryc. 1. Termogram 3-letniej klaczy półkrowi przed wysiłkiem fizycznym



Ryc. 2. Rozkład temperatury wzdłuż odcinków pomiarowych kończyny przedniej i tylnej

raturę kopyta, śródreżca i przedramienia mierzono trzykrotnie: podczas stałej, nieco podwyższonej i podniesionej do poziomu gorączki temperaturze powietrza. Zmianom warunków otoczenia towarzyszyły zmiany temperatury kończyn, które były mniejsze w zimniejszym środowisku. Podczas nagłego podwyższenia temperatury otoczenia wzrost temperatury kończyn zależał od wyjściowej, przed zmianą warunków środowiskowych (20). Podczas doświadczenia na koniach w spoczynku w warunkach wysokiej temperatury i wilgotności, wzrostowi temperatury skóry towarzyszyło zwiększenie ilości potu. Chlorki w osoczu, sód i potas w surowicy krwi i białko ogólne utrzymywały się na stałym poziomie, natomiast hemoglobina obniżała się istotnie, a hematokryt – w niewielkim stopniu (10).

Wprawdzie nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy temperaturą skóry zdrowego konia a temperaturą rektalną w umiarkowanym klimacie, jednak podczas badań termograficznych powinna ona być mierzona, dla wykluczenia wpływu gorączki (13, 15).

### Wpływ treningu

Trening powodował istotne podwyższenie temperatury powierzchni ciała koni. W okresie od sierpnia do października mierzono przy użyciu kamery termograficznej Thermovision®550 temperaturę powierzchni ciała koni wyścigowych. Poszczególne konie półkrwi badano 3- lub 4-krotnie w odstępach tygodniowych. Na przykładzie wartości średnich wykazano, że najcieplejsza była kłoda klaczy, przed treningiem: 28,03°C i po treningu: 31,73°C. Wartości analogiczne dla ogierów wynosiły: 26,84°C i 30,47°C. Najzimniejsze były kończyny ogierów przed treningiem: przednie: 20,77°C (po treningu: 27,09°C) oraz tylne: 22,48°C (po treningu: 27,65°C). Temperatura kończyn klaczy była wyższa: przednie odpowiednio 24,04°C i 29,35°C oraz tylne 25,49°C i 28,99°C. Zawsze powierzchnia ciała koni była cieplejsza po wysiłku i wyższa u klaczy niż u ogierów. W okresie prowadzenia powyższych badań temperatura powietrza wahała się w granicach od 4,4 do 19,4°C, a wilgotność względna w granicach od 70 do 86%. Zaobserwowano duży wpływ temperatury otoczenia na temperaturę powierzchni ciała, zarówno przed jak i po treningu. Dla wyeliminowania wpływu temperatury otoczenia na temperaturę powierzchni ciała koni i określenia znaczenia treningu, wykorzystano modele matematyczne.

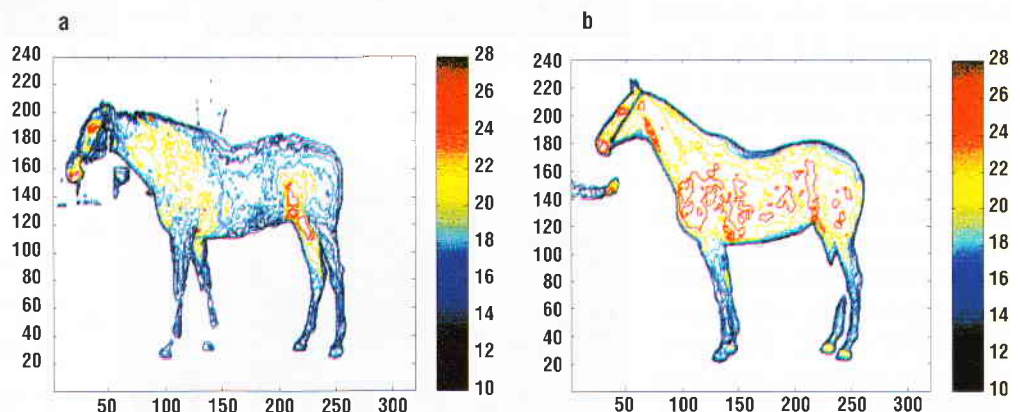
Obliczono temperaturę powierzchni kłody i nóg przy jednakowej temperaturze powietrza 12°C. Okazało się, że temperatura na powierzchni ciała koni istotnie wzrastała po treningu (ryc. 3). W większym stopniu dotyczyło to kończyn

przednich niż tylnych (14). Zaobserwowano statystycznie istotną (na poziomie  $\alpha = 0,05$ ) korelację między dzielnością wyścigową wyrażoną indywidualnym wskaźnikiem powodzenia (IWP) a wartością przyrostów temperatury przednich kończyn koni, temperaturą rektalną po treningu oraz obciążeniem treningowym (5).

Największe różnice temperatur przed i po wysiłku koni, występowały na stawach nadgarstkowych, przedramieniu, łokciu, kolanie. Natomiast najmniejsze – na kopytach oraz pęcinie i stawie pęcinowym kończyny tylnej (6).

Zmiany temperatury na powierzchni kończyn koni podczas treningu określono przy użyciu mikroprocesorowych rejestratorów temperatury. Zakładano je na 4 nadpęcia 12 trzyletnich koni wyścigowych półkrwi. Badania temperatury kończyn tego samego konia powtarzano sześciokrotnie (od października do lipca). Jednorazowe pomiary trwały nieprzerwanie 2,5 godz. (przed, podczas i po treningu). Równocześnie określano temperaturę rektalną koni oraz temperaturę powietrza i wilgotność. Temperatura na powierzchni nadpęcia koni wyścigowych wahała się od 19,30°C do 30,34°C. Przed treningiem wynosiła od 23,52°C do 28,82°C. Po wyjściu ze stajni temperatura obniżała się i w galopie była najniższa, od 19,30°C do 24,73°C. Następnie podnosiła się i podczas stępa w karuzeli wynosiła 22,78-29,56°C, osiągając najwyższe wartości (26,53-30,34°C) podczas godzinowego odpoczynku koni w stajni. Wykazano, że pod względem temperatury powierzchni, dwie kończyny przekątne zdecydowanie różniły się, a dwie inne były podobne. Ich układ sugerował kolejność ruchu kończyn podczas galopu na prawą nogę. Badania przeprowadzono na torze wyścigowym, na którym gonitwy odbywają się w prawą stronę (12).

Temperaturę powierzchni ciała koni wykorzystywano także jako uzupełniający wskaźnik w pracach nad termoregulacją koni kłusaczych i rajdowych podczas treningu (7, 8, 9). Konie poddawane 6-tygodniowemu treningowi charakteryzowały się niższymi wartościami temperatury skóry, tętna, temperatury rektalnej, hematokrytu i hemoglobiny, niż konie niewytrenowa-



Ryc. 3. Rozkład temperatury na powierzchni lewego boku 3-letniej klaczy w spoczynku (a) i po treningu (b)

ne. Podczas treningu koni półkwi startujących w zawodach WKKW, w warunkach wysokiej temperatury środowiska i wilgotności, wzrostowi temperatury skóry towarzyszyła redukcja metabolizmu tlenowego przy obniżeniu o 20% przyjmowania tlenu i wzroście mleczanów jak również spadku pojemności minutowej. W warunkach tych iloraz oddechowy nie zmienił się, a ciśnienie parcjalne CO<sub>2</sub> w pęcherzykach płucnych wzrosło. Dodatkowo kortyzol, beta-endorfyny i poziom mleczanów w osoczu były istotnie wyższe po doświadczeniu. Wnioskowano, że trening koni nieaklimatyzowanych do warunków gorąca i dużej wilgotności powoduje obniżenie możliwości aerobowych (1, 2, 3). W innych badaniach, w podobnych warunkach treningowych, u przegrzanych koni obserwowano zmiany temperatury powierzchni ciała występujące podczas chłodzenia zimną wodą. Udowodniono, że przerywane dostarczanie zimnej wody podnosi oddawanie ciepła bez widocznego szkodliwego efektu i że temperatura mięśni i rektalna obniża się (17). Ci sami autorzy określili istotny wpływ aklimatyzacji koni na wskaźniki fizjologiczne wnioskując, że 15-dniowy okres aklimatyzacji jest wystarczający dla koni biorących udział w zawodach w warunkach gorąca i wysokiej wilgotności (18). Termoregulacją u koni podczas treningu zajmowano się też w innej pracy. Inhibitor tlenku azotu (NG-nitro-L-arginine methyl ester) wlewany do centralnego obiegu w ilości 20 mg/kg, powodował istotne zmniejszenie wydzielania potu na szyi i zadzie podczas galopu oraz wzrost ciepłoty głębokiej ciała i temperatury powierzchni skóry ogona. Zatem hamowanie syntezy tlenku azotu powodowało zmniejszenie wydzielania potu wywołując zwiększenie temperatury na powierzchni ciała i prowadząc do zaburzeń termoregulacji podczas wysiłku (19).

### Podsumowanie

Na podstawie rezultatów badań przedstawionych w wielu opracowaniach stwierdzono dużą powtarzalność w rozkładzie temperatur na powierzchni ciała u różnych koni, co wynika z zależności normalnych wzorców termicznych od podskórnego unaczynienia. Systematyczne kontrolowanie tych temperatur u poszczególnych koni w określonym czasie dawało informacje o zmianach zachodzących w organizmie pod wpływem czynników zewnętrznych.

Przytoczone wyniki badań przy użyciu mikroprocesorowych czujników temperatury pozwoliły na śledzenie zmian temperatury powierzchni nóg koni wyścigowych podczas treningu pokazując spadek temperatury podczas galopu i następnie wzrost jej podczas stępa i odpoczynku w stajni. To mogło wskazywać na energetyczną mobilizację organizmu do krótkotrwałego wysiłku i późniejsze oddawanie nagromadzonego ciepła.

Dotychczasowe badania wykazały, że pomiary temperatury powierzchni ciała mogą być włączone do oceny jakości treningu i przygotowania konia do znacz-

nego wysiłku. Istnieje konieczność poszerzenia tych badań i określenia zakresu temperatur w celu uznania temperatury na powierzchni ciała konia jako fizjologicznego wskaźnika stanu jego organizmu. Zatem monitorowanie temperatury na powierzchni ciała koni stwarza szansę istotnego pogłębienia wiedzy z zakresu termoregulacji tych zwierząt i może być przydatne dla praktyki w zakresie chowu koni i sportu jeździeckiego.

### Piśmiennictwo

1. Art. T., Lekeux P.: Physiological responses to extreme heat and relative humidity – studies on the effects of exercise. *Prat. Vet. Equine* 1996, 28, 3-8.
2. Art. T., Votion D., Lekeux P.: Physiological measurements in horses after strenuous exercise in hot, humid conditions. *Equine Vet. J.* 1995, Suppl. 20, 120-124.
3. Art. T., Votion D., Lekeux P.: Physiological response to extreme heat and relative humidity – recovery after exercise. *Prat. Vet. Equine* 1996, 28, 9-12.
4. Czernicki A.: Telemetric measurements of heart rate, rhythm disorders and skin temperature in stud stallions examined for breeding hygiene, with reference to breed, relationship, age, size and performance. *Praca dokt., Justus-Liebig-Universität, Giessen* 1983.
5. Dudek K., Jodkowska E., Bek-Kaczkowska I.: Wpływ treningu na temperaturę powierzchni ciała konia wierzchowego. *Acta Bioeng. Biomech. Oficyna Wyd. Polit.* Wrocław 2001, s.111-116.
6. Flores C. E.: Berührunglose Temperaturmessung an der Haut Oberfläche beim Pferd. *Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule, Hannover* 1978.
7. Gatta D., Baragli P., Ferrarini N., Ciattini F., Sighieri C., Colombani B.: Fitness evaluation in endurance horses by standardized exercise test on treadmill. *Ippologia* 1998, 9, 57-69.
8. Ghafir Y., Art. T., Lekeux P.: Infrared thermography in the study of thermoregulation in the horse: training effects. *Ann. Med. Vet.* 1996, 140, 131-135.
9. Ghafir Y., Spruyt P., Art. T., Lekeux P.: Standardization of measurements in infrared thermal imaging in large animals. *Ann. Med. Vet.* 1996, 140, 23-27.
10. Honstein R. N., Monty D. E. Jr.: Physiologic responses of the horse to a hot, arid environment. *Am. J. Vet. Res.* 1977, 38, 1041-1043.
11. Jodkowska E.: Temperature on the race horse leg surface during the training. *Abstracts of the 49<sup>th</sup> Annual Meeting of the EAAP, Warszawa* 1998, s.314.
12. Jodkowska E.: Analiza zmian temperatury na powierzchni nóg koni podczas treningu wyścigowego. *Folia Univ. Agric. Steti. Zoot.* 2000, 40, 277-284.
13. Jodkowska E., Dudek K.: Badania nad symetrią temperatury powierzchni ciała koni wyścigowych. *Przeł. Nauk. Lit. Zoot.* 2000, 50, 307-319.
14. Jodkowska E., Dudek K., Bek-Kaczkowska I.: Wpływ treningu wyścigowego na temperaturę powierzchni ciała koni różnych ras. *Rocz. Nauk. Zoot.* 2001, 14, 63-72.
15. Jodkowska E., Rojkowski A., Sobczak Z.: Wpływ niektórych czynników meteorologicznych na temperaturę powierzchni skóry koni półkwi i prymitywnych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Zoot.* 1990, 196, 161-170.
16. Jodkowska E., Sobczak Z., Stepiński W.: An infrared thermography as a tool for the determination of the skin temperature distribution of horses. *Thermal Physiology*, Wyd. J. R. S. Hales, Raven Press, New York 1984, s.251-254.
17. Marlin D. J., Scott C. M., Roberts C. A., Casas I., Holah G., Schroter R. C.: Post exercise changes in compartmental body temperature accompanying intermittent cold water cooling in the hyperthermic horse. *Equine Vet. J.* 1998, 30, 28-34.
18. Marlin D. J., Scott C. M., Schroter R. C., Harris R. C., Harris P. A., Roberts C. A., Mills P. C.: Physiological responses of horses to a treadmill simulated speed and endurance test in high heat and humidity before and after humid heat acclimation. *Equine Vet. J.* 1999, 31, 31-42.
19. Mills P. C., Marlin D. J., Scott C. M., Smith N. C.: Nitric oxide and thermoregulation during exercise in the horse. *J. Appl. Physiol.* 1997, 82, 1035-1039.
20. Mogg K. C., Pollitt C. C.: Hoof and distal limb surface temperature in the normal pony under constant and changing ambient temperatures. *Equine Vet. J.* 1992, 24, 134-139.
21. Palmer S. E.: Use of portable infrared thermometer as a means of measuring limb surface temperature in the horse. *Am. J. Vet. Res.* 1981, 42, 105-108.
22. Palmer S. E.: Effect of ambient temperature upon the surface temperature of the equine limb. *Am. J. Vet. Res.* 1983, 44, 1098-1101.
23. Purohit R. C., Mc Coy M. D.: Thermography in the diagnosis of inflammatory processes in the horse. *Am. J. Vet. Res.* 1980, 41, 1167-1174.
24. Webbon P. M.: Limb skin thermometry in reecheorse. *Equine Vet. J.* 1978, 10, 180-184.
25. Wu Ying Ling, Wu J. L.: Effects of exercise on the soft-tissue of metacarpus 3 and metatarsus 3, thermogram and local skin temperature of horses. *J. Chinese Society Vet. Sci.* 1998, 24, 135-144.
26. Wu Ying Ling, W. Y. L.: Effect of environmental temperature and relative humidity on skin temperature of the limbs of horse. *Memoirs College Agriculture National Taiwan University* 1996, 36, 274-281.