

Wykorzystanie termografii w diagnostyce zabiegów fizykalnych u koni wyścigowych

Maria Soroko-Dubrovina, Karolina Śniegucka, Karolina Nawrot

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Instytut Hodowli Zwierząt, ul. Chełmońskiego 38C, 51-630 Wrocław

Paulina Zielińska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra i Klinika Chirurgii, pl. Grunwaldzki 51, 50-366 Wrocław

Magdalena Drewka

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz

Streszczenie: Celem pracy była analiza możliwości zastosowania termografii jako narzędzia do oceny efektów wybranych narzędzi fizykalnych stosowanych u klinicznie zdrowych koni. W pracy omówiono wykorzystanie termografii do oceny reakcji fizjologicznych tkanek koni poddanych laseroterapii, pozaustrojowej fali uderzeniowej oraz magnetoterapii. Na podstawie przeglądu literatury i wyników badań klinicznych wykazano, że termografia pozwala na obiektywną ocenę efektów terapii oraz może służyć jako wskaźnik bezpieczeństwa zabiegów stosowanych profilaktycznie u klinicznie zdrowych koni. Rozwój i standaryzacja zastosowania termografii w ocenie efektów zabiegów fizykalnych może przyczynić się do ujednolicenia protokołów terapeutycznych, poprawy skuteczności terapii oraz podniesienia standardów opieki nad końmi.

Słowa kluczowe: termografia, konie, zabiegi fizykalne, fizjoterapia, diagnostyka

1. Wprowadzenie

Termografia jest nieinwazyjną i bezkontaktową metodą diagnostyczną, badającą rozkład temperatury powierzchni ciała przez rejestrację promieniowania podczerwonego emitowanego z powierzchni ciała [13]. Wynik badania przedstawiany jest w postaci termogramu – obrazu, w którym poszczególnym kolorom przypisane są konkretne wartości temperatury [2017]. Zmierzona temperatura powierzchni ciała jest ściśle związana z przewodnictwem cieplnym powierzchniowych sieci naczyń krwionośnych, ilością tkanki podskórnej, aktywnością metaboliczną masy mięśniowej czy gęstością okrywy włosowej [10, 24, 26]. Na wynik pomiaru mają również istotny wpływ czynniki środowiskowe, w tym temperatura otoczenia, wilgotność oraz ruch powietrza [23, 26, 37].

Wykazano, że wzorec rozkładu temperatury powierzchni ciała jest powtarzalny u zdrowych koni, co pozwoliło na opracowanie map referencyjnych dla poszczególnych okolic ciała w stanie spoczynku [34, 33, 28]. Rejony ciała o dobrze rozwiniętej i intensywnie unaczynionej masie mięśniowej, takie jak okolica szyi, grzbietu, zadu oraz klatki piersiowej

wykazują istotnie wyższe wartości temperatury powierzchni ciała niż obszary charakteryzujące się mniejszym lub całkowitym brakiem udziału tkanki mięśniowej, jak w przypadku dolnych partii kończyn (Rys. 1) [24]. W długofalowych badaniach [4] analizowano rozkład temperatury powierzchni ciała koni w spoczynku, zarówno u osobników dorosłych użytkowanych w ośrodku jeździeckim, jak i u młodych klaczy. Pomiaru wykonano w różnych porach roku – wiosną, jesienią oraz zimą. U koni dorosłych najwyższe temperatury (27–29 °C) odnotowano w okolicach klatki piersiowej, szyi i zadu, natomiast najniższe (22–23 °C) w rejonach śródrecza i śródstopia. Podobny schemat rozkładu temperatury zaobserwowano u młodych klaczy w warunkach zimowych – najwyższe wartości występowały w okolicy szyi, klatki piersiowej i zadu (15–21 °C), niższe w okolicy grzbietu i zadu (12–16 °C), a najniższe na dalszych partiach kończyn (9–15 °C) [3].

Liczne badania wykazały symetryczność rozkładu temperatury powierzchni ciała, co czyni tę metodę szczególnie przydatną do wykrywania zmian patologicznych w medycynie weterynaryjnej [3, 5, 18]. Przyjmuje się, że różnice temperatury przekraczające 1 °C między analogicznymi regionami ciała mogą wskazywać na toczący się proces zapalny [25]. Wykorzystano ten próg różnicy temperatur do diagnozy jednostronnych schorzeń dolnych partii kończyn, obejmujących m.in. ropne zapalenie tworzywa kopytowego [11]; ochwat [34], zapalenie ścięgna [1, 25], zwyrodnienia stawów (Rys. 2) [1, 38], zapalenie okostnej kości śródrecza III [38]. W przypadku jednostek chorobowych grzbietu termografia znalazła zastosowanie w diagnozowaniu chorób nerwowo-mięśniowych odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa [22], zapalenia wyrostków kolczystych (Rys. 3) [36] oraz zapalenia stawów

Autor korespondujący:

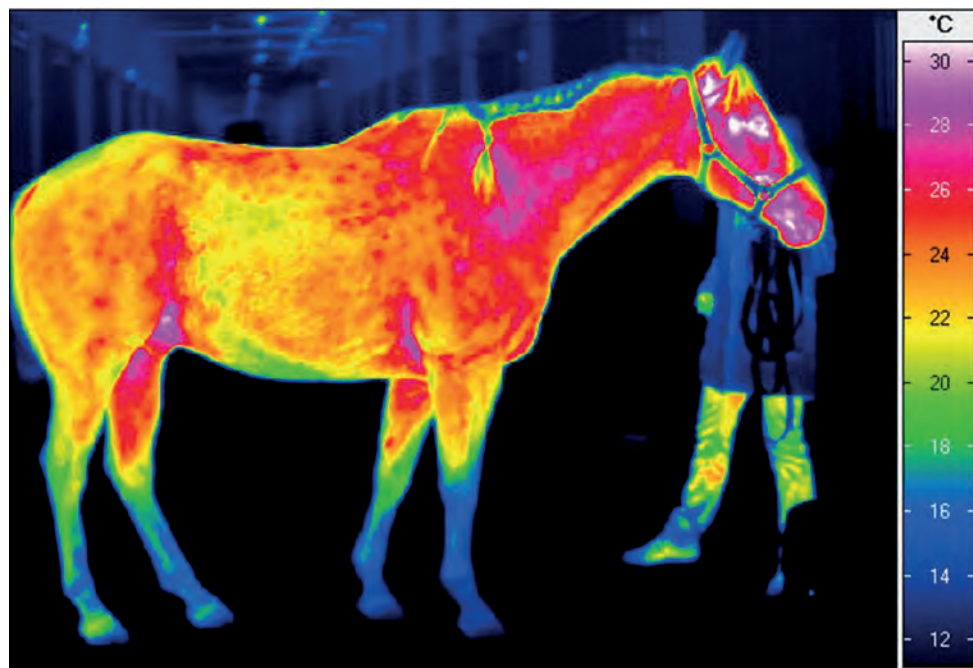
Maria Soroko-Dubrovina, maria.soroko@upwr.edu.pl

Artykuł recenzowany

nadesłany 10.06.2025 r., przyjęty do druku 18.08.2025 r.



Zezwala się na korzystanie z artykułu na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Int.

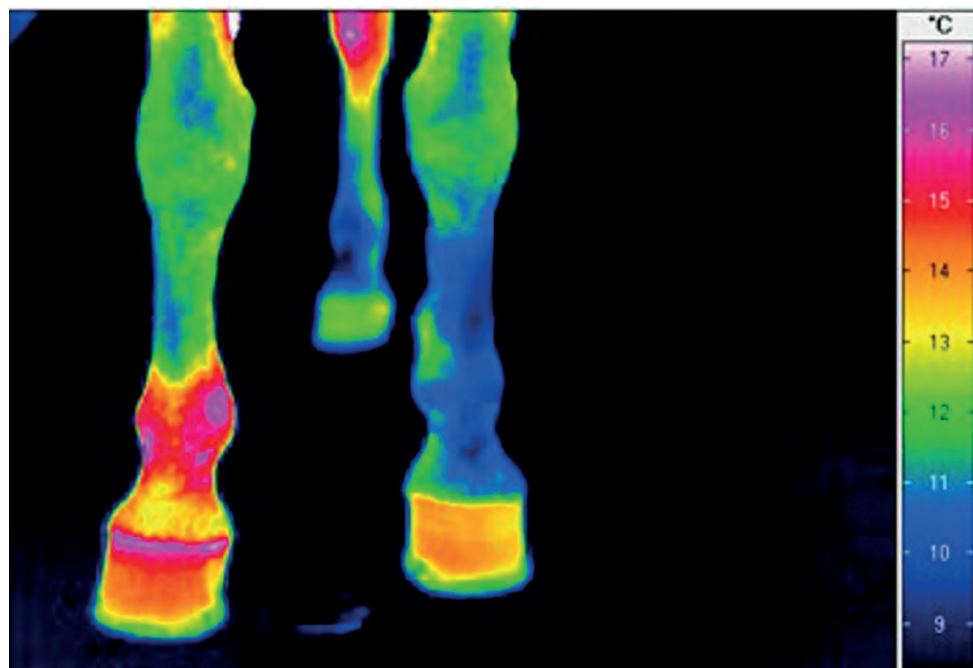


Rys. 1. Termogram prawej strony sylwetki konia
Fig. 1. Thermogram of the right side of the horse's body

międzykręgowych w odcinku piersiowo-lędźwiowym kręgosłupa [6, 35].

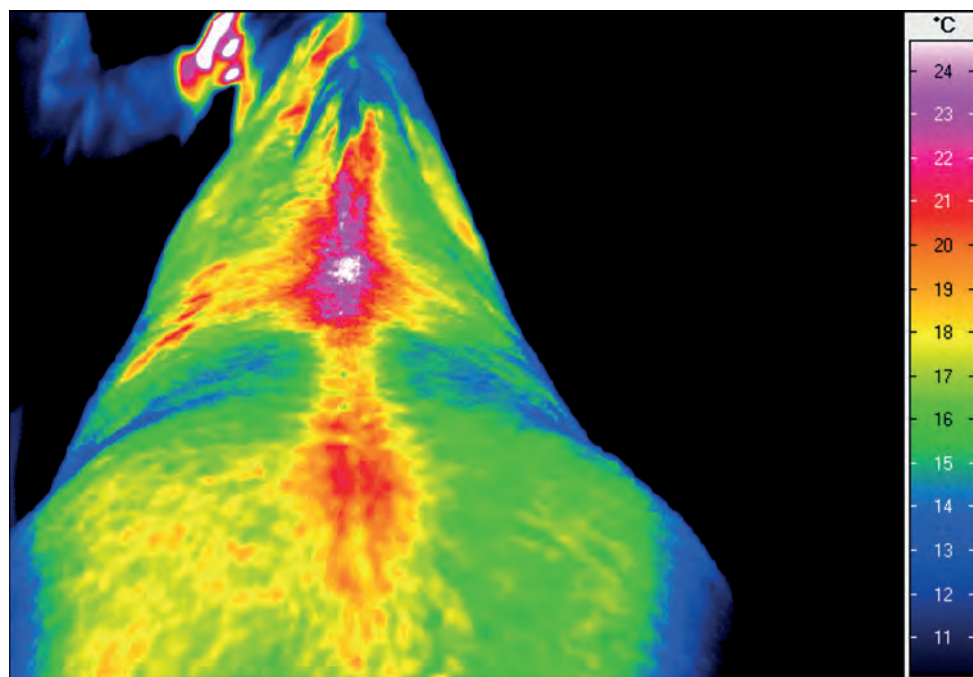
W ostatnim czasie termografia znajduje także coraz szersze zastosowanie w fizjoterapii weterynaryjnej koni, umożliwiając ocenę odpowiedzi organizmu na różne formy terapii – takie jak laseroterapia wysokoenergetyczna HILT (ang. *High-Intensity Laser Therapy*), terapia pozaustrojowa fala uderzeniowa ESWT (ang. *Extracorporeal Shock Wave Therapy*), magnetoterapia pulsacyjna PEMF (ang. *Pulsed Electromagnetic Field Therapy*), krioterapia czy terapia manualna [8]. Termografia pozwala monitorować zmiany przepływu krwi i procesy metaboliczne w odpowiedzi na zastosowane bodźce terapeutyczne, co może być wskaźnikiem skuteczności lub bezpieczeństwa danej procedury [29]. Wobec ograniczonej dostępności danych dotyczących wpływu zabiegów fizykalnych na organizm klinicznie zdrowych koni oraz braku jednoznacznych informacji o doborze parametrów zabiegowych i ich bezpieczeństwa, celem

pracy była analiza możliwości zastosowania termografii jako narzędzia do oceny efektów wybranych narzędzi fizykalnych stosowanych u klinicznie zdrowych koni. W pracy odniesiono się do przeglądu literatury oraz przedstawiono wyniki własnych badań termograficznych dotyczących reakcji organizmu koni na różne formy terapii fizykalnej. W przedstawionych badaniach własnych wykorzystano kamerę termowizyjną Vario-CAM hr (InfraTec, Dresden, Niemcy) wyposażoną w niechłodzony detektor mikrobolometryczny (matryca 640×480 px, zakres spektralny $7,5\text{--}14\text{ }\mu\text{m}$), o czułości temperaturowej $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ i dokładności pomiarowej $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. W przedsądowych pracach termogramy wykonywano z odległości 1–2 m, pod kątem ok. 45° względem powierzchni ciała konia przy założeniu współczynnika emisyjności $\varepsilon = 1,00$ [9]. Wszystkie pomiary przeprowadzono w zamkniętym pomieszczeniu o stabilnej temperaturze otoczenia, bez wpływu promieniowania słonecznego, przeciągów ani ruchu powietrza. Przed każdym pomiarem



Rys. 2. Termogram dystalnych partii prawej od strony doczaszkowej. Przykład zapalenia w obrębie stawu pęcinowego prawej kończyny piersiowej

Fig. 2. Thermogram of the distal part of the forelimbs from the dorsal view. Example of inflammation in the fetlock joint of the right forelimb



Rys. 3. Termogram okolicy grzbietu od strony dogrzbietowej. Zapalenie wyrostków kolczystych odcinka piersiowego kręgosłupa
 Fig. 3. Thermogram of the thoracolumbar spine from the dorsal view. Inflammation of the spinous processes in the thoracic region

konie przebywały w boksie przez minimum 20 minut w celu adaptacji do warunków środowiskowych i ograniczenia wpływu czynników zewnętrznych. Badane konie były w spoczynku i nie były czyszczone w obrębie badanego obszaru bezpośrednio przed badaniem [24].

2. Wykorzystanie termografii w fizjoterapii

2.1. Wykorzystanie termografii w ocenie działania HILT

HILT jest dynamicznie rozwijającą się metodą wspomagającą leczenie schorzeń układu ruchu [39]. Jej rosnąca popularność wynika z nieinwazyjnego charakteru oraz potencjalnych efektów przeciwbólowych, przeciwzapalnych i regeneracyjnych. Działanie HILT opiera się przede wszystkim na efekcie fototermicznym, gdzie pochłonięta przez tkanki energia świetlna przekształcana jest w ciepło, co prowadzi do lokalnego podniesienia temperatury. Skuteczność terapeutyczna HILT zależy zarówno od parametrów technicznych wiązki laserowej (takich jak długość fali, moc i dawka energii), jak i od właściwości biologicznych naświetlanego obszaru. Kluczową rolę odgrywają struktury zawierające chromofory – melaninę, hemoglobinę a także wodę, które odpowiadają za absorpcję promieniowania i przekształcenie go w energię cieplną. Proces ten prowadzi do rozszerzenia naczyń krwionośnych, zwiększenia mikrokrążenia, poprawy utlenowania tkanek oraz stymulacji procesów naprawczych. Na skuteczność i bezpieczeństwo zabiegów HILT istotny wpływ ma również obszar poddany zabiegowi oraz cechy skóry w polu zabiegowym, w szczególności jej pigmentacja oraz obecność sierści. Czynniki te mogą znacząco modyfikować stopień penetracji oraz absorpcję energii laserowej, co należy uwzględnić przy indywidualnym doborze parametrów terapii.

W badaniach pilotażowych [7] wykorzystano termografię do oceny wpływu HILT na temperaturę powierzchni ciała w okolicy stawu stępu u 16 klinicznie zdrowych koni wyścigowych. Po jednorazowym zabiegu terapii HILT odnotowano statystycznie istotny wzrost temperatury powierzchni stawu z 26,5 °C do 29,5 °C (średnio o 3,0 °C; $p < 0,001$), co stanowi potwierdzenie efektu fototermicznego tej metody. W kontynuacji niniejszego badania zastosowano termografię w celu oceny wpływu terapii HILT na ścięgno mięśnia zginacza powierzchownego palców

kończyny miedniczej. Po zabiegu odnotowano statystycznie istotny wzrost temperatury powierzchni ciała w obrębie badanego obszaru z 21,2 °C do 24,6 °C (średnio o 3,5 °C; $p < 0,001$), co potwierdziło fototermiczne działanie tej metody na tkanki miękkie [40].

W innej pracy naukowej oceniono wpływ terapii HILT na temperaturę powierzchni ciała w okolicy stawu pęcinowego u koni z pigmentowaną i niepigmentowaną skórą w polu zabiegowym. Badana grupa koni wyścigowych została podzielona na dwie podgrupy: o skórze pigmentowanej ($n = 10$) i niepigmentowanej ($n = 10$). Średnia temperatura skóry pigmentowanej po zabiegu HILT wzrosła o 3 °C, natomiast w grupie o skórze niepigmentowanej spadła o 0,2 °C. Porównanie między grupami pod względem zmian temperatury przed i po zabiegu wykazało istotność statystyczną ($Z = 3,175$; $p = 0,001$), co może wskazywać na wpływ pigmentacji skóry na odpowiedź termiczną tkanek. Przedstawione rezultaty są pierwszym klinicznym badaniem dokumentującym efekty termiczne zabiegów HILT na zdrowej tkance kończyny u koni w odniesieniu do pigmentacji skóry w polu zabiegowym [41].

W kolejnym badaniu naukowym oceniono fototermiczny efekt terapii HILT na klinicznie zdrową tkankę konia w polu zabiegowym o silnej pigmentacji skóry, które różniło się sposobem jego przygotowania (pole zabiegowe ogolone i nieogolone). Badania przeprowadzono na grupie 20 koni wyścigowych, które podzielono na dwie równe grupy: z ogolonym i nieogolonym polem zabiegowym w okolicy stawu nadgarstkowego kończyny piersiowej. Po jednorazowym zabiegu HILT nie wykazano istotnych statystycznie różnic w średniej temperaturze powierzchni ciała między grupami (33,4 °C vs 32,4 °C; $p = 0,246$). Natomiast porównanie zmian temperatury powierzchni ciała przed i po zabiegu wykazało, że średni wzrost temperatury był istotnie niższy w grupie koni z ogolonym polem zabiegowym (2,1 °C vs 3,9 °C; $p = 0,006$), co może wskazywać na wpływ sierści na retencję ciepła. Możliwym wyjaśnieniem niższego wzrostu temperatury skóry ogolonej jest brak warstwy izolującej w postaci sierści oraz powietrza w niej uwięzionego, co prowadzi do zwiększonej utraty ciepła z powierzchni ciała. W przypadku terapii przewlekłych schorzeń, w których pożądane jest głębokie rozgrzanie tkanek, zasadnym może być pozostawienie nieogolonego pola zabiegowego przy jednoczesnym dostosowaniu parametrów zabiegowych związanych z obecnością sierści [42].

W najnowszym badaniu oceniono efekt fototermiczny zabiegu HILT w obrębie stawu skroniowo-żuchwowego u klinicznie zdrowych koni wyścigowych. Celem pracy było określenie wzrostu temperatury powierzchni ciała w laserowanym obszarze po jednorazowym zabiegu oraz ocena bezpieczeństwa terapii. Po zastosowaniu HILT temperatura powierzchni ciała w obrębie stawu wzrosła średnio o 2,0 °C ($p < 0,001$). Nie odnotowano żadnych negatywnych reakcji ani oznak dyskomfortu u badanych koni, co świadczy o bezpieczeństwie zastosowanego protokołu terapeutycznego. Uzyskane wyniki wskazują, że HILT może być bezpiecznym i skutecznym narzędziem wspierającym terapię dysfunkcji stawu skroniowo-żuchwowego u koni, choć autorzy podkreślają potrzebę dalszych badań klinicznych obejmujących konie z rozpoznanymi zmianami patologicznymi w tym obszarze [29].

Wyniki przedstawionych badań, w których za pomocą termografii potwierdzono efekty termiczne w warunkach klinicznych, co stanowi punkt wyjścia do formułowania zaleceń dotyczących parametrów bezpiecznego stosowania HILT w leczeniu schorzeń ortopedycznych u koni sportowych.

2.2. Wykorzystanie termografii w ocenie działania ESWT

ESWT jest metodą fizykalną stosowaną w leczeniu schorzeń układu ruchu. Oddziaływanie terapeutyczne fali uderzeniowej wynika z przekazywania energii mechanicznej do tkanek w postaci krótkich impulsów o wysokim ciśnieniu. Działanie biologiczne fali uderzeniowej obejmuje pobudzanie mikrokrążenia, stymulację regeneracji tkanek, zmniejszenie napięcia mięśniowego, działanie przeciwbólowe oraz stymulację syntezy kolagenu. Mimo wielu doniesień o skuteczności tej metody w leczeniu zapalenia mięśnia międzykostnego, ścięgna mięśnia zginacza powierzchniowego palców [16], syndromu trzeczokowego [15], czy degeneracyjnych zapaleń stawów [14] nadal ograniczona jest liczba badań opisujących wpływ fali uderzeniowej na zdrowe tkanki u koni oraz możliwości obiektywnego monitorowania reakcji organizmu na zabieg.

Wykorzystano termografię do termicznej oceny reakcji tkanek miękkich na radialną pozaustrojową falę uderzeniową rESWT (ang. *radial Extracorporeal Shock Wave Therapy*) w okolicy mięśnia najdłuższego grzbietu. W badaniu z udziałem 24 klinicznie zdrowych koni wyścigowych. Po jednorazowym zabiegu rESWT odnotowano statystycznie istotny wzrost temperatury powierzchni ciała w obszarze zabiegowym – średnio z 31,1 °C przed zabiegiem do 32,4 °C bezpośrednio po zabiegu (średni wzrost: 1,3 °C; $p < 0,05$). Po 10 minutach temperatura wróciła do poziomu wyjściowego, co może świadczyć o przejściowym efekcie termicznym terapii. Wyniki potwierdzają możliwość zastosowania termografii do nieinwazyjnej oceny fizjologicznej odpowiedzi tkanek na działanie rESWT [31].

W innym badaniu, w którym oceniano działanie skupionej pozaustrojowej fali uderzeniowej fESWT (ang. *focused Extracorporeal Shock Wave Therapy*) na zdrowe struktury przyczepów ścięgnistych i kości kończyn koni, termografia nie wykazała istotnych różnic temperatury między kończyną poddaną terapii a kontrolną ($p > 0,05$). Średni współczynnik temperatury między obszarem leczonym a referencyjnym jedną godzinę po terapii wynosił $1,111 \pm 0,302$ i nie różnił się istotnie od wartości wyjściowej. Uzyskane wyniki wskazują, że przy zastosowanych parametrach (2000 impulsów, 0,15 mJ/mm²) fESWT nie wywierała istotnego działania termicznego, a termografia okazała się skutecznym narzędziem do oceny bezpieczeństwa terapii u zdrowych koni [20].

2.3. Wykorzystanie termografii w ocenie działania PEMF

PEMF (pulsacyjne pole magnetyczne) jest nieinwazyjną metodą fizykoterapeutyczną, mającą na celu stymulację mikro-

krążenia, zmniejszenie bólu, poprawę utlenowania tkanek oraz przyspieszenie procesów regeneracyjnych. Pulsacyjne pole magnetyczne generowane jest z niską częstotliwością (1–30 Hz) i ma niewielką indukcję magnetyczną (zwykle poniżej 100 µT), oddziałując na błony komórkowe, kanały jonowe oraz układ naczyniowy [21]. Z biologicznego punktu widzenia PEMF może oddziaływać na śródbłonek naczyń krwionośnych, sprzyjając procesom angiogenezy, zwiększając perfuzję tkanek i poprawiając metabolizm komórkowy. Efekty te zostały potwierdzone w warunkach laboratoryjnych, m.in. w badaniach *in vitro* nad namnażaniem się komórek śródbłonna oraz w eksperymentach na zwierzętach laboratoryjnych [32]. W praktyce klinicznej skuteczność PEMF u koni wciąż jest przedmiotem dyskusji – istnieją zarówno doniesienia potwierdzające jego korzystny wpływ na mikrokrążenie, jak i badania, które nie wykazały efektów terapeutycznych.

W badaniu [19] oceniano wpływ 10-dniowej terapii PEMF (50 µT) na temperaturę grzbietu u 20 koni polo. Konie z grupy badawczej były poddane terapii PEMF, a konie z grupy placebo miały nałożony sprzęt do terapii bez jego aktywacji. Pomiary termograficzne dla obu grup wykonano przed oraz 30 minut po zakończeniu sesji. Analiza termogramów nie wykazała istotnych różnic temperatury między grupą badawczą a placebo – w grupie badawczej odnotowano średni wzrost temperatury powierzchni ciała o 0,69 °C. W badaniu zastosowano kamerę VarioCam (InfraTec GmbH) o rozdzielczości temperaturowej 0,08 °C, jednak typowy błąd pomiarowy urządzeń tej klasy wynosi ± 1 °C. W związku z tym wzrost temperatury o 0,69 °C mieści się w granicy niepewności pomiaru, co dodatkowo uzasadnia brak istotnych różnic między grupami. Zastosowanie termografii pozwoliło na obiektywną ocenę rozkładu temperatury powierzchni ciała, jednak w tym przypadku nie potwierdziło istotnego wpływu PEMF na temperaturę grzbietu koni, wskazując na ograniczoną przydatność tej metody w detekcji zmian mikrokrążeniowych indukowanych terapią PEMF o niskim natężeniu.

2.4. Wykorzystanie termografii w ocenie działania terapii fizykalnej naczyniowej BEMER

Terapia fizykalna naczyniowa BEMER (ang. *physical vascular therapy*) stanowi specjalistyczną odmianę PEMF, wykorzystującą unikalny przebieg sygnału elektromagnetycznego w określonym zakresie częstotliwości (8–11 Hz oraz 28–31 Hz) i niskim natężeniu (10–100 µT). System BEMER został zaprojektowany w celu rytmicznej stymulacji mikrokrążenia, a jego działanie polega na poprawie przepływu krwi w naczyniach włosowatych. W badaniach klinicznych na ludziach wykazano, że stosowanie terapii BEMER prowadzi do zwiększenia liczby otwartych kapilar, poprawy dystrybucji tlenu i substancji odżywczych, a także przyspieszenia regeneracji tkanek [12]. Wstępne badania nad zastosowaniem terapii BEMER u klinicznie zdrowych koni również wskazują na jej potencjał. W badaniu [30] przeanalizowano wpływ terapii BEMER na zmiany temperatury powierzchni ciała w obrębie grzbietu oraz górnych partii kończyn piersiowych i miednicznych u koni wyścigowych. Badania przeprowadzono na grupie 20 koni pełnej krwi angielskiej, które podzielono losowo na grupę badawczą i placebo. Pomiary termograficzne wykonano trzykrotnie: przed terapią, bezpośrednio po niej oraz po upływie 15 minut. W grupie badawczej nie odnotowano zmian temperatury powierzchni ciała bezpośrednio po zakończeniu terapii, natomiast 15 minut po zabiegu temperatura powierzchni ciała w rejonie mięśni trójkłowego ramienia i najdłuższego grzbietu pozostała na poziomie wyjściowym ($\Delta T = 0,01$ °C). W grupie placebo, po 15 minutach od zakończenia terapii, odnotowano istotny spadek temperatury powierzchni ciała ($\Delta T = -0,36$ °C), a różnica między grupami była statystycznie istotna ($p < 0,01$).

Wyniki te sugerują, że terapia BEMER przyczynia się do stabilizacji temperatury powierzchni ciała i może ograniczać straty ciepła po zakończeniu zabiegu. Termografia umożliwiła nieinwazyjną rejestrację odpowiedzi fizjologicznej organizmu na działanie pola magnetycznego, potwierdzając jej przydatność w ocenie efektów terapeutycznych.

W innych badaniach oceniano wpływ 15-minutowej terapii BEMER na mikrokążenie w dolnych partiach kończyn piersiowych u zdrowych koni wyścigowych. Do analizy wykorzystano pomiary termograficzne oraz ultrasonograficzne wykonywane przed terapią, bezpośrednio po niej oraz po 15 minutach. Badania przeprowadzono na grupie 20 koni pełnej krwi angielskiej, losowo podzielonych na grupę badawczą i placebo. Termografia nie wykazała istotnych zmian temperatury powierzchni ciała w grupie badawczej w żadnym z punktów pomiarowych ($\Delta T = 0,04\text{ }^{\circ}\text{C}$), natomiast w grupie placebo po 15 minutach od zakończenia zabiegu odnotowano istotny spadek temperatury powierzchni ciała ($\Delta T = -0,47\text{ }^{\circ}\text{C}$; $p = 0,03$). Różnica między grupami była również statystycznie istotna ($p = 0,003$), co sugeruje, że terapia BEMER może ograniczać straty ciepła i stabilizować mikrokążenie w dalszych partiach kończyn. Badanie ultrasonograficzne wykazało istotne rozszerzenie naczyń w grupie badawczej – średnica tętnicy zwiększyła się średnio z $2,25 \pm 0,47\text{ mm}$ do $2,83 \pm 0,41\text{ mm}$ ($p = 0,002$), a średnica żyły z $1,88 \pm 0,33\text{ mm}$ do $2,42 \pm 0,41\text{ mm}$ ($p = 0,001$). W grupie placebo nie odnotowano istotnych zmian. Wyniki te wskazują, że terapia BEMER wpływa korzystnie na parametry hemodynamiczne i może wspomagać mikrokążenie w obrębie kończyn koni wyścigowych [17].

3. Podsumowanie

Termografia stanowi precyzyjne, nieinwazyjne i wysoce czułe narzędzie diagnostyczne, które z powodzeniem może być stosowane do obiektywnej oceny działania zabiegów fizykalnych u klinicznie zdrowych koni. Jej użycie pozwala nie tylko na wczesne wykrycie reakcji fizjologicznych tkanek, ale również na ocenę bezpieczeństwa terapii, bez konieczności ich przerywania czy ingerencji w tkanki. U koni sportowych, gdzie kluczowe znaczenie ma szybka regeneracja i prewencja przeciążeń, termografia może pełnić rolę skutecznego narzędzia monitorowania efektów fizykalnych w czasie rzeczywistym. Umożliwia identyfikację nawet subtelnych zmian w mikrokążeniu, co czyni ją wartościowym wsparciem w optymalizacji postępowania fizjoterapeutycznego.

Rozwój i standaryzacja zastosowania termografii w ocenie działania zabiegów fizykalnych może przyczynić się do ujednolicenia protokołów terapeutycznych, poprawy efektywności leczenia oraz podniesienia standardów opieki nad końmi sportowymi.

Przedstawione w pracy wyniki badań własnych stanowią istotny wkład w ocenę wpływu wybranych zabiegów fizykalnych (HILT, rESWT i PEMF) na organizm klinicznie zdrowych koni z wykorzystaniem termografii. Uzyskane dane pozwalają na wstępną ocenę reakcji fizjologicznych tkanek na działanie bodźców terapeutycznych i mogą służyć jako punkt wyjścia do dalszych badań nad optymalizacją parametrów zabiegowych oraz poprawą bezpieczeństwa terapii stosowanych profilaktycznie w medycynie koni sportowych.

Bibliografia

1. Cetinkaya M.A., Demirutku A., *Thermography in the assessment of equine lameness*, "Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences", Vol. 36, No. 1, 2012, 43–48, DOI: 10.3906/vet-1102-791.
2. Ciutacu O., Tanase A., Miclaus I., *Digital infrared thermography in assessing soft tissues injuries on sport equines*, "Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine", Vol. 63, No. 1-2, 2006, 228–233, DOI: 10.15835/buasvmcn-vm:63:1-2:2482.
3. Čebulj-Kadunc N., Frangež R., Kruljc P., *Fluctuations of physiological variables during conditioning of Lipizzan fillies before starting under saddle*, "Animals", Vol. 12, No. 7, 2022, DOI: 10.3390/ani12070836.
4. Čebulj-Kadunc N., Frangež R., Žgajnar J., Kruljc P., *Cardiac, respiratory and thermoregulation parameters following graded exercises in Lipizzaner horses*, "Veterinarski Arhiv", Vol. 89, No. 1, 2019, 11–23, DOI: 10.24099/vet.arhiv.0338.
5. Čebulj-Kadunc N., Turk A., Kruljc P., *Effects of graded exercise load on variations of certain physiological parameters in Lipizzan horses during riding – a pilot study*, "Comparative Exercise Physiology", Vol. 20, No. 2, 2024, DOI: 10.1163/17552559-20230049.
6. Fonseca B.P.A., Alves A.L.G., Nicoletti J.L.M., Thomasian A., Hussni C.A., Mikail S. DVM, *Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes*, "Journal of Equine Veterinary Science", Vol. 26, No. 11, 2006, 507–516, DOI: 10.1016/j.jevs.2006.09.007.
7. Godlewska M., Soroko M., Zielińska P., *Assessment of vein diameter and body surface temperature after high-intensity laser therapy (HILT) on the tarsal joint in healthy horses*, "Journal of Equine Veterinary Science", Vol. 93, 2020, DOI: 10.1016/j.jevs.2020.103198.
8. Godlewska M., Soroko M., Zielińska P., *Zastosowanie termografii w praktyce medycyny weterynaryjnej koni*, "Medycyna Weterynaryjna", Vol. 77, No. 3, 2021, 121–126, DOI: 10.21521/mw.6483.
9. Howell K., Dudek K., Soroko M., *Thermal camera performance and image analysis repeatability in equine thermography*, "Infrared Physics & Technology", Vol. 110, 2020, DOI: 10.1016/j.infrared.2020.103447.
10. Jørgensen G.H.M., Mejdell C.M., Bøe K.E., *Effects of hair coat characteristics on radiant surface temperature in horses*, "Journal of Thermal Biology", Vol. 87, 2020, DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.102474.
11. Kim S., Cho G., *Evaluation of heat distribution for the diagnosis of the hoof with abscess by infrared thermography in horses*, "The Open Agriculture Journal", Vol. 15, 2021, 48–53, DOI: 10.2174/1874331502115010048.
12. Klopp R.C., Niemer W., Schulz J., *Complementary-therapeutic stimulation of deficient autorhythmic arteriolar vasomotion by means of a biorhythmically physical stimulus on the microcirculation and the immune system in 50-year-old rehabilitation patients*, "Journal of Complementary and Integrative Medicine", Vol. 10, 2013, 29–37, DOI: 10.1515/jcim-2013-0034.
13. Lagüela S., Díaz-Vilariño L., Roca D., *Infrared thermography: Fundamentals and applications*, [In:] Riveiro B., Solla M. (Eds.), *Non-Destructive Techniques for the Evaluation of Structures and Infrastructure*, 2016, 113–138, London: CRC Press. DOI: 10.1201/b19024-8.
14. McCarrol D., McClure S.R., *Extracorporeal shock wave therapy for treatment of osteoarthritis of the tarsometatarsal and distal intertarsal joint of the horse*, Proceedings of the 46th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 2000, 200–202.
15. McCarrol D., McClure S.R., *Extracorporeal shock wave therapy—a remedial procedure for navicular disease*, "Tierärztliche Praxis Großtiere", Vol. 29, 2001, 163–167.
16. Merritt D.K., *Extracorporeal shock-wave therapy for equine musculoskeletal disorders*, "Compendium on Continuing

- Education for the Practicing Veterinarian”, Vol. 25, 2003, 68–75.
17. Nawrot K., Soroko-Dubrovina M., Zielińska P., Dudek K., Howell K., *The application of infrared thermography in the assessment of BEMER physical vascular therapy on body surface temperature in racing Thoroughbreds: A preliminary study*, “Animals”, Vol. 14, No. 11, 2024, DOI: 10.3390/ani14111538.
18. Prochno H.C., Barussi F.M., Bastos F.Z., Weber S.H., Bechara G.H., Rehan I.F., Michelotto P.V., *Infrared thermography applied to monitoring musculoskeletal adaptation to training in Thoroughbred race horses*, “Journal of Equine Veterinary Science”, Vol. 87, 2020, DOI: 10.1016/j.jevs.2020.102935.
19. Rindler N., Biermann N.M., Westermann S., Buchner H.H.F., *The effect of Pulsed electromagnetic field therapy on surface temperature of horses’ backs*, “Wiener Tierärztliche Monatsschrift”, Vol. 101, No. 7, 2014, 137–141.
20. Ringer S.K., Lischer C.J., Ueltschi G., *Assessment of scintigraphic and thermographic changes after focused extracorporeal shock wave therapy on the origin of the suspensory ligament and the fourth metatarsal bone in horses without lameness*, “American Journal of Veterinary Research”, Vol. 66, No. 10, 2005, 1836–1842, DOI: 10.2460/ajvr.2005.66.1836.
21. Ross C.L., Zhou Y., McCall C.E., Soker S., Criswell T.L., *The use of pulsed electromagnetic field to modulate inflammation and improve tissue regeneration: A review*, “Bioelectricity”, Vol. 1, No. 4, 2019, 247–259, DOI: 10.1089/bioe.2019.0030.
22. Schweinitz D.G., *Thermographic diagnostics in equine back pain*, “Veterinary Clinics of North America: Equine Practice”, Vol. 15, No. 1, 1999, 161–177, DOI: 10.1016/S0749-0739(17)30170-0.
23. Satchell G., McGrath M., Dixon J., Pfau T., Weller R., *Effects of time of day, ambient temperature and relative humidity on the repeatability of infrared thermographic imaging in horses*, “Equine Veterinary Journal”, Vol. 47, No. S48, 2015, 13–14, DOI: 10.1111/evj.12486_30.
24. Soroko-Dubrovina M., Davies Morel M.C.G., *Equine thermography in practice* (2nd ed.), CABI, 2023.
25. Soroko M., Henklewski R., Filipowski H., Jodkowska E., *The effectiveness of thermographic analysis in equine orthopedics*, “Journal of Equine Veterinary Science”, Vol. 33, No. 9, 2013, 760–762, DOI: 10.1016/j.jevs.2012.11.009.
26. Soroko M., Howell K., Dudek K., Henklewski R., Zielińska P., *The influence of breed, age, gender, training level and ambient temperature on forelimb and back temperature in racehorses*, “Animal Science Journal”, Vol. 88, No. 2, 2017, 347–355, DOI: 10.1111/asj.12631.
27. Soroko M., Howell K., *Infrared thermography: Current applications in equine medicine*, “Journal of Equine Veterinary Science”, Vol. 60, 2018, 90–96, DOI: 10.1016/j.jevs.2016.11.002.
28. Soroko M., Jodkowska E., Zabłocka M., *The use of thermography to evaluate back musculoskeletal responses of young racehorses to training*, “Thermology International”, Vol. 22, No. 3, 2012, 152–156.
29. Soroko-Dubrovina M., Zielińska P., Dudek K.D., Śniegucka K., Nawrot K., *Thermal effects of high-intensity laser therapy on the temporomandibular joint area in clinically healthy racehorses—A pilot study*, “Animals”, Vol. 15, No. 10, 2025, DOI: 10.3390/ani15101426.
30. Soroko-Dubrovina M., Zielińska P., Śniegucka K., Nawrot K., Dobrowolski M., Dudek K., *Effect of BEMER physical vascular therapy on body surface temperature changes in racehorses: A pilot study*, “Medycyna Weterynaryjna”, Vol. 81, No. 5, 2025, 231–236, DOI: 10.21521/mw.7000.
31. Śniegucka K., Soroko-Dubrovina M., Zielińska P., Dudek K., Žuffová K., *The effect of radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT) on the skin surface temperature of the longissimus dorsi muscle in clinically healthy racing Thoroughbreds: A preliminary study*, “Animals”, Vol. 13, No. 12, 2023, DOI: 10.3390/ani13122028.
32. Tepper O.M., Callaghan M.J., Chang E.I., Galiano R.D., Bhatt K.A., Baharestani S., Gan J., Simon B., Hopper R.A., Levine J.P., Gurtner G.C., *Electromagnetic fields increase in vitro and in vivo angiogenesis through endothelial release of FGF-2*, “FASEB Journal”, Vol. 18, No. 11, 2004, 1231–1233, DOI: 10.1096/fj.03-0867fje.
33. Tunley B.V., Henson F.M.D., *Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse*, “Equine Veterinary Journal”, Vol. 36, No. 4, 2004, 306–312, DOI: 10.2746/0425164044890652.
34. Turner T.A., *Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation*, “Veterinary Clinics of North America: Equine Practice”, Vol. 7, No. 2, 1991, 311–338, DOI: 10.1016/S0749-0739(17)30502-3.
35. Turner T.A., *Thermography: Use in equine lameness*, [In:] Ross, M. W., & Dyson, S. J. (Eds.), *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*, 2003, DOI: 10.1016/B978-0-7216-8342-0.50025-0.
36. Turner T.A., Rantanen N.W., Hauser M.L., *Alternate methods of soft tissue imaging*, Proceedings of the 1st Dubai International Equine Symposium, 1996, 165–176, DOI: 10.5555/20220237686.
37. Westermann S., Buchner H., Schramel J., Tichy A., Stanek C., *Effects of infrared camera angle and distance on measurement and reproducibility of thermographically determined temperatures of the distolateral aspects of the forelimbs in horses*, “Journal of the American Veterinary Medical Association”, Vol. 242, No. 3, 2013, 388–395, DOI: 10.2460/javma.242.3.388.
38. Yanmaz L.E., Okumus Z., *Thermographic assessment of extremity temperature alterations in cases with bucked shin complex, splints, carpal osteoarthritis and sesamoiditis in sport horses*, “Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi”, Vol. 15, No. 1, 2018, 41–45, DOI: 10.32707/ercivet.2018150108.
39. Zielińska P., Nicpoń J., Kielbowicz Z., Soroko M., Dudek K., Zaborski D., *Effects of high intensity laser therapy in the treatment of tendon and ligament injuries in performance horses*, “Animals”, Vol. 10, No. 8, 2020, DOI: 10.3390/ani10081327.
40. Zielińska P., Soroko M., Godlewska M., Śniegucka K., Dudek K., Howell K., *Photothermal effects of high-intensity laser therapy on the superficial digital flexor tendon area in clinically healthy racehorses*, “Animals”, Vol. 12, No. 10, 2022, 1253. DOI: 10.3390/ani12101253.
41. Zielińska P., Soroko M., Howell K., Godlewska M., Hildebrand W., Dudek K., *Comparison of the effect of high-intensity laser therapy (HILT) on skin surface temperature and vein diameter in pigmented and non-pigmented skin in healthy racehorses*, “Animals”, Vol. 11, No. 7, 2021, DOI: 10.3390/ani11071965.
42. Zielińska P., Soroko-Dubrovina M., Śniegucka K., Dudek K., Čebulj-Kadunc N., *Effects of high-intensity laser therapy (HILT) on skin surface temperature and vein diameter in healthy racehorses with clipped and non-clipped coat*, “Animals”, Vol. 13, No. 2, 2023, DOI: 10.3390/ani13020216.

The Use of Thermography in the Assessment of Physical Therapy Devices in Racehorses

Abstract: The aim of this study was to analyze the potential application of thermography as a tool for evaluating the effects of selected physical therapy modalities in clinically healthy horses. The study discusses the use of thermography to assess the physiological responses of equine tissues subjected to laser therapy, extracorporeal shock wave therapy, and magnetotherapy. Based on a review of the literature and clinical research findings, thermography has been shown to enable an objective evaluation of therapeutic effects and may serve as an indicator of the safety of prophylactic procedures in clinically healthy horses. The development and standardization of thermography in the assessment of physical therapy effects may contribute to the unification of therapeutic protocols, improved treatment efficacy, and the enhancement of care standards for sport horses.

Keywords: thermography, horses, physical therapy treatments, physiotherapy, diagnostics

dr hab. inż. Maria Soroko-Dubrovina, prof. UP

maria.soroko@upwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-8585-8000

W 2010 r. uzyskała tytuł magistra w zakresie nauk o koniach (Equine Science) na Aberystwyth University w Wielkiej Brytanii, a w 2013 r. stopień doktora nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. W 2019 r. uzyskała stopień doktora habilitowanego w Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie. Stypendystka programu Fulbrighta (Purdue University, USA, 2018). Jej zainteresowania naukowe koncentrują się na termoregulacji koni, wykorzystaniu termografii w diagnostyce weterynaryjnej oraz rehabilitacji. Jest autorką licznych publikacji naukowych oraz współautorką książki „Equine Thermography in Practice” (CABI, 2016; 2023). Członkini European Association of Thermology, organizatorka kursów i konferencji poświęconych rehabilitacji koni oraz nowoczesnym metodom diagnostyki obrazowej.



lek. wet. Karolina Śniegucka

karolina.sniegucka@upwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4573-0109

Doktorantka Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu od 2022 r. W 2018 r. ukończyła studia licencjackie na kierunku Biologia Człowieka, a w 2022 r. uzyskała dyplom lekarza weterynarii na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Jej zainteresowania naukowe koncentrują się wokół zastosowania laseroterapii wysokoenergetycznej w leczeniu chorób układu ruchu koni. Obecnie realizuje rozprawę doktorską pt. Wpływ laseroterapii wysokoenergetycznej na rehabilitację zapalenia kości i okostnej trzecie kości śródręcza u koni wyścigowych.



dr hab. Paulina Zieleńska, prof. UP

paulina.zielinska@upwr.edu.pl
ORCID: 0000-0001-6767-8367

Specjalista chorób koni. Dyplom lekarza weterynarii uzyskała w 2013 r. na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. W 2018 r. uzyskała stopień naukowy doktora nauk weterynaryjnych broniąc rozprawę doktorską „Zastosowanie laseroterapii wysokoenergetycznej w leczeniu urazów ścięgien u koni”. W 2022 r. uzyskała tytuł Specjalisty Chorób Koni na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, zaś w 2024 r., otrzymała stopień naukowy doktora habilitowanego za badania nad wpływem laseroterapii wysokoenergetycznej na zdrowe tkanki narządu ruchu konia oraz na leczenie schorzeń ortopedycznych koni.



mgr inż. Karolina Nawrot

karolina.nawrot@upwr.edu.pl
ORCID: 0000-0003-2928-1478

Doktorantka Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu od 2024 r. Jej badania koncentrują się na fizjologicznych i behawioralnych reakcjach starszych koni na doustną suplementację kannabidiolem (CBD). Współautorka publikacji naukowych dotyczących wpływu CBD na rytm serca, stężenie kortyzolu w ślinie oraz zachowanie koni poddanych testom lękliwości. Aktywnie uczestniczy w projektach badawczych związanych z dobrostanem koni i zastosowaniem naturalnych suplementów w terapii behawioralnej.



dr inż. Magdalena Drewka

drewka@pbs.edu.pl

ORCID: 0000-0002-0003-6025

Adiunkt w Katedrze Hodowli i Żywienia Zwierząt na Wydziale Hodowli i Biologii Zwierząt Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich. Specjalizuje się w hodowli i użytkowaniu koni, prowadząc działalność naukową i dydaktyczną. Jej zainteresowania badawcze obejmują ocenę wartości użytkowej koni ras szlachealnych na podstawie wyników prób wierzchowych, ze szczególnym uwzględnieniem ich przydatności wierzchowej. Jest autorką i współautorką licznych publikacji naukowych poświęconych m.in. technice skoku przez przeszkodę, umiejętnościom poznawczym koni, syndromowi headshaking oraz wpływowi płci na cechy osobowości u koni.

