

Termografia (termowizja) jest całkowicie bezinwazyjną i absolutnie bezpieczną dla badanego i badającego metodą, umożliwiającą określenie stanu fizjologicznego badanych tkanek czy narządów, na podstawie emitowanego przez nie promieniowania podczerwonego, co u organizmów żywych pośrednio obrazuje tempo przemian metabolicznych danej okolicy, związane z lokalnym ukrwieniem. Termografia znalazła szerokie zastosowanie na świecie, początkowo w przemyśle i wojsku, a z czasem także w medycynie i weterynarii. W naszym kraju jest jednak wciąż mało znana, a przez to niedoceniana, dlatego też warto przyjrzeć się jej bliżej.

Termografia jako jedna z technik diagnostyki obrazowej

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA W ROZPOZNAWANIU CHORÓB NARZĄDU RUCHU U KONI

Termografia na tle innych technik diagnostyki obrazowej

Przełomem w historii diagnostyki obrazowej w medycynie i weterynarii było odkrycie przez Wilhelma Conrada Röntgena w 1895 roku promieni X. Już rok później Hobday, Johnson i Eberlein zastosowali w weterynarii nową technikę – do uwidaczniania złamań kości u psów i kotów oraz nakostniaków u koni. Chociaż aparaturę rentgenowską stale udoskonalano, stosowano nowe rodzaje klisz oraz rozmaite środki cieniujące, czy wreszcie wynaleziono elektronowy wzmacniacz obrazu rentgenowskiego, co umożliwiło rozwój rentgenotelewizji, wizualizacja tkanek miękkich i narządów wewnętrznych nadal była bardzo trudna. Nie udało się wyeliminować dwóch najważniejszych ograniczeń: płaskości obrazu, która powoduje nakładanie się na siebie wizualizowanych narządów oraz braku kontrastu między tkankami a płynami ustrojowymi. Mankamentami tymi nie cechuje się już, wynaleziona na początku lat 70. tych ubiegłego stulecia, tomografia komputerowa. Umożliwia ona przestrzenne obrazowanie narządów, dzięki wykorzystaniu zjawiska osłabienia natężenia promieniowania przez tkanki i narządy (2).

Ostatnie 20-lecie przyniosło znaczący postęp w możliwościach obrazowania tkanek miękkich. Obecnie najbardziej popularną metodą jest ultrasonografia,

która, tak jak RTG, umożliwia nam określenie stanu anatomicznego badanych tkanek czy narządów. Oprócz niej możliwe jest zastosowanie w weterynarii wspomnianej już tomografii komputerowej, rezonansu magnetycznego czy scyntygrafii. Jednakże w przypadku koni, ze względu na naturę tego rodzaju sprzętu i gabaryty zwierzęcia, przydatność dwóch pierwszych metod w praktyce klinicznej jest ograniczona. Scyntygrafia natomiast, mimo niewątpliwiej zalety, jaką jest wysoka czułość, nie znalazła szerszego zastosowania, ponieważ cechuje ją bardzo wiele ograniczeń. Badanie scyntygraficzne wiąże się z podaniem zwierzęciu izotopu promieniotwórczego, który jest wydalany i wydzielany przez pacjenta do środowiska, przez co ulega ono skażeniu. Narażeni na szkodliwe promieniowanie są lekarze, a także osoby obsługujące konia. Samo badanie wymaga bardzo drogiego stacjonarnego sprzętu umieszczonego w specjalnie izolowanym pomieszczeniu, a po badaniu oddzielnej stajni dla konia, w której przebywa do czasu zmetabolizowania całego podanego izotopu.

Metodą, która nie posiada żadnego z wyżej opisanych ograniczeń jest termografia. Początki termografii sięgają roku 1800, kiedy to angielski astronom Friedrich Wilhelm Herschel rozwinął doświadczenie Izaaka Newtona

z pryzmatem rozszczepiającym światło białe i dowiódł istnienia niewidzialnego dla człowieka promieniowania, należącego do widma promieniowania słonecznego, od strony promieniowania o barwie czerwonej, które ulega mniejszemu załamaniu w pryzmacie. Swoje odkrycie Herschel nazwał „światłem niewidzialnym”, którą to nazwę późniejsi badacze zmienili na „promieniowanie podczerwone”. W 1833 roku odkrycie Herschela doczekało się zastosowania praktycznego – opracowano technologie wytwarzania pierwszych detektorów podczerwieni (4).

Każde ciało, którego temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego, emituje promieniowanie ciepłe (5). Jest ono promieniowaniem elektromagnetycznym emitowanym przez molekule materii przy zmianach ich stanu energetycznego (3).

Padające na układ optyczny promieniowanie podczerwone skupiane jest na powierzchni fotoczułej detektora. W detektorze następuje zamiana energii promieniowania podczerwonego na sygnał elektryczny i, po konwersji na postać cyfrową, obraz termiczny obiektu prezentowany jest w postaci kolorowej mapy rozkładu temperatury, czyli termogramu.

Termogramy są ilościowym odzwierciedleniem temperatury powierzchni badanych ciał, ponieważ ilość oddawa-

nej przez ciała energii jest funkcją ich temperatury. Prawdopodobnie temperatura ciała zależy od stanu metabolicznego organizmu. Temperatura skóry normalnie jest niższa niż temperatura głębiej położonych tkanek i zależy nie tylko od stanu metabolicznego zwierzęcia, ale także od wielu innych czynników, jak wpływ innych źródeł ciepła, aktywność naczyniowa skóry i tkanek położonych tuż pod jej powierzchnią, utrata ciepła przez przewodzenie, konwekcję i promieniowanie (5). Transport ciepła poprzez promieniowanie różni się od zjawiska konwekcji i przewodzenia tym, że do jego przebiegu nie jest niezbędna materia przewodząca energię. Utrata energii poprzez promieniowanie jest podstawą termografii (3).

Zasady działania termografii

Termografia zajmuje się detekcją i wizualizacją promieniowania podczerwonego lub mikrofalowego emitowanego przez obiekty. Ciało zwierząt emituje szerokie spektrum promieniowania podczerwonego – pomiędzy 3 a 50 μm . Promieniowanie to może być wykrywane i mierzone przez urządzenia termowizyjne na dwa sposoby. Pierwszy, kiedy to detektor termiczny pochłania całkowicie promieniowanie podczerwone o każdej długości fali, drugi, gdy detektor fotonowy reaguje jedynie na promieniowanie o określonej długości fali (1,5).

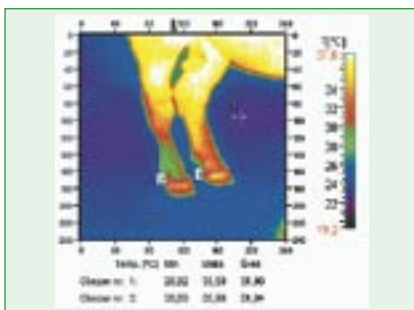
Ponieważ detektory termiczne wymagają pewnego czasu do stworzenia termogramu i nie są one odpowiednie w diagnostyce medycznej, dlatego też w powszechnym użyciu znalazły się detektory fotonowe. To ogranicza możliwość wykrywania podczerwieni o określonym przedziale długości fali, jednakże umożliwiają stworzenie termogramu o odpowiedniej wartości diagnostycznej. Ponieważ długość fal podczerwieni emitowanych z powierzchni ciała znajduje się w środkowym i dalekim zakresie widma, dwa rodzaje detektorów fotonowych znalazły zastosowanie w diagnostyce medycznej i weterynaryjnej: antymonek indu (InSb) i tellurek kadmowo-rtęciowy (CdHgTe). Kamera termowizyjna, w której znajduje się detektor, umożliwia zamianę energii promieniowania podczerwonego emitowanego przez ciało na sygnał elektroniczny. W poszczególnych modułach przetwarzania sygnału ulega on wzmocnieniu, konwersji na postać cyfrową i zamianie na wartości temperatur poszczególnych punktów macierzy obrazu. Punktom tym (pikselem) przyporządkowane zostają kolory

z palety barw. W ten sposób powstaje kolorowy termogram – mapa rozkładu temperatury na badanym obiekcie. Obraz ten wyświetlany jest na monitorze komputera lub wyświetlaczu LCD kamery.

Przykłady praktycznego zastosowania termografii

Przypadek 1

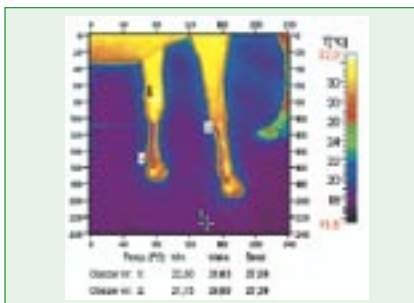
3-letni zimnokrwisty ogier wykazywał od około tygodnia kulawiznę podporową III stopnia kończyny miednicznej lewej. Podczas badania klinicznego stwierdzono bolesność w obrębie przyśrodkowej części podszwy kopyta, rozpoznano ropne zapalenie tworząca kopytowego. Ze względu na czas trwania procesu wykonano badanie termograficzne, które wykazało podwyższoną ciepłotę w obrębie przyśrodkowej części koronki (ryc. 1), co wskazuje na przebijanie się ropnia w tej okolicy.



Ryc. 1.

Przypadek 2

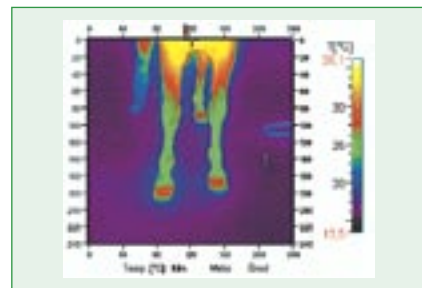
8-letnia klacz rasy wielkopolskiej użytkowana sportowo w skokach przez przeszkody, podczas treningu nagle zakulała. Przeprowadzone niezwłocznie badanie kliniczne wykazało aseptyczne zapalenie ścięgna zginacza powierzchniowego palców kończyny piersiowej prawej. Konia wyłączono z pracy i podjęto leczenie. Po 6 tygodniach przeprowadzono kontrolne badanie termograficzne, które wykazało podwyższoną ciepłotę w obrębie ścięgna zginacza powierzchniowego palców, na całej długości śródreżca (ryc. 2), co wskazuje na aktywność procesów naprawczych w ścięgnię.



Ryc. 2.

Przypadek 3

Badanie termograficzne przeprowadzono u 6-letniego ogiera szlachetnej półkrwi, użytkowanego sportowo w skokach przez przeszkody. Koń ten od półtora miesiąca wykazywał silną kulawiznę obu kończyn piersiowych. Stwierdzono kula-

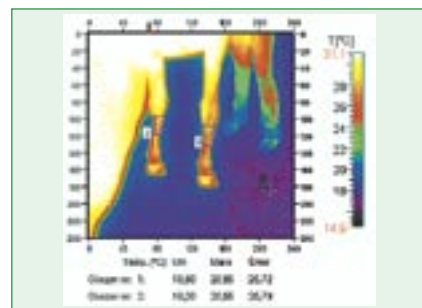


Ryc. 3.

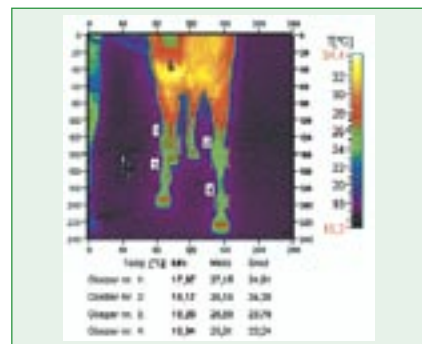
wizną III stopnia kończyny piersiowej prawej; badanie kopyt wykazało bolesność w obrębie kątów ściennowosporowych obu kopyt kończyn piersiowych, z większym nasileniem w kończynie piersiowej prawej. Termogram wykazał brak fizjologicznej różnicy temperatur pomiędzy ścianą kopyta a koronką, podwyższoną o ponad 2,5°C ciepłotę w obrębie ścian obu kopyt (ryc. 3). Przyczyną tego stanu było niefizjologiczne obciążanie kopyt, spowodowane niewłaściwym ustawieniem osi palca (załamanie w stawie koronowym), czego pierwotną przyczyną była niewłaściwa korekcja kopyt.

Przypadek 4

Badanie termograficzne przeprowadzono u 9-letniej, rekreacyjnej klaczy półkrwi angloarabskiej. Półtora miesiąca wcześniej koń nieznacznie zakulał na



Ryc. 4.



Ryc. 5.

kończynę piersiową prawa, kulawizna nasilała się w miarę pracy. Zauważono powiększenie obrysu ścięgien mięśni zginaczy na wysokości 1/3 górnej śródreżca prawego. Właściciele wyłączyli konia z pracy oraz stosowali wcierki i okłady. Ponieważ po miesiącu kulawizna utrzymywała się, wezwano lekarza prowadzącego. Nie stwierdził on bolesności w tej okolicy, a przeprowadzone badanie USG wykazało obecność zmian bliznowatych w 1/3 górnej ścięgna zginacza powierzchownego palców, świadczące o dawnym, wygojonym uszkodzeniu. Wykonane badanie termograficzne nie wykazało zmian ciepłoty w obrębie tej okolicy (ryc. 4), natomiast wykazało podwyższoną ciepłotę po grzbietowej stronie stawu nadgarstkowego oraz w przyśrodkowej części stawu pęcínowego kończyny piersiowej prawej (ryc. 5). Badaniem klinicznym również nie stwierdzono bolesności w obrębie ścięgien zginaczy, natomiast uzyskano dodatnie wyniki prób zginania stawów nadgarstkowego oraz pęcínowego kończyny piersiowej prawej. Wykonane badanie radiologiczne nie wykazało zmian patologicznych w badanych okolicach, więc zalecono wykonanie badania USG.

Do badań użyto kamery termograficznej V-20 drugiej generacji polskiej firmy VIGO System SA, do analizy danych wykorzystano program Therm V-20 dołączany do zestawu kamery przez producenta. □

Piśmiennictwo

1. Barnes R.B.: *Thermography of the human body*. Science. 1963, 140: 870-875.
2. Empel W.: *Radiodiagnostyka weterynaryjna*, PWRiL, Warszawa 1998, 10-13, 27-28.
3. Jaworski J.J.: *Termografia budynków*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2000.
4. Polakowski H.: *Zastosowanie termografii w badaniach nieniszczących, metoda fali cieplnej, termografia impulsowa*, IV Konferencja Krajowa „Termografia i termometria w podczerwieni” i Szkoła Termograficzna, Łódź 2000.
5. Purohit R.C., Mc Coy M.D.: *Thermography in the diagnosis of Inflammatory Processes in the Horse*. American Journal of Veterinary Researches, 1980, 8, 1167-1174.

lek. wet. Olga Kulesza,
Zakład Chirurgii,
Katedra Nauk Klinicznych,
Wydział Medycyny Weterynaryjnej
SGGW,
02-776 Warszawa,
ul. Nowoursynowska 159 c,
e-mail: olgakulesza@go2.pl