

Infrared thermography as
an imaging diagnostics tool
for equine medicine

Tálas László^{1*}
íj. Tálas László²

L. Tálas^{1*}
L. Tálas jr.²

1. IRT Diagnose KG
Bruck an der Leitha, Austria

* e-mail: irtvetinfra@gmail.com

2. School of Experimental Psychology
University of Bristol
Bristol, UK

Az infravörös thermográfia, mint képalkotó diagnosztikai eszköz a lógyógyászatban

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők jelen tanulmányukban áttekintik az infravörös thermográfia (IRT) alkalmazási lehetőségeit az állatgyógyászatban, kiemelt tekintettel a lógyógyászatra, tárgyalva a technológia előnyeit és lehetséges korlátait. A képalkotó diagnosztikai eszközök nagymértékben segítik a helyes kórismét, és a gyakorlatban már előfeltételei a színvonalas állatorvosi munkáknak. Az IRT egy egyelőre csak szűk körben alkalmazott módszer az állatgyógyászatban, amelynek során a test által kisugárzott hőt rögzítik. A szerzők öt esettanulmányon keresztül bemutatják, hogy miként használható a technológia patológiás elváltozások megelőzésére, észlelésére és nyomon követésére lovak esetében.

SUMMARY

Background: Medical imaging techniques can significantly aid correct diagnosis and have become essential to advanced veterinary care. Infrared thermography (IRT) is a novel and so far scarcely used tool in veterinary medicine in Hungary. IRT records the emitted heat of the body in a thermal map. Abnormalities in the thermal signature can indicate potential anomalies.

Objectives: By highlighting the capabilities of IRT in equine medicine, the authors aim to popularise the method among practitioners. The advantages of IRT and its potentials as a supplementary diagnostic tool are reviewed. Limitations of the technique are also discussed, supplemented by guidance for how to overcome them. Five case studies are presented to illustrate the versatility of IRT and provide examples of body parts that can be efficiently examined.

Materials and Methods: An ICI™ 7640 IR PAD 640P infrared camera was used to record the thermal signature in areas of veterinary interest in five horses. Thermograms were then evaluated to detect and localise potential pathologies.

Results and Discussion: IRT was successfully used to identify (1) an asymmetrical thermal signature on the horse's back due to an ill-fitted saddle; (2) increased temperature in the area of left splenius cervicis; (3) a fractured molar in the premaxilla-maxilla region; (4) a chip fracture in the proximal sesamoid bone of the right forelimb; and (5) inflammation of the hoof on the right forelimb. IRT can be used efficiently as a comparatively inexpensive and rapid pre-diagnostics tool to localise or establish a strong suspicion of certain abnormalities before directing the patient towards further imaging diagnostics (e.g. PET/CT, MRI). The authors advise to include thermography in veterinary education and advocate the establishment of a standardised framework for veterinary IRT concerning imaging methods, regulations, and environmental conditions.



***Az infravörös thermo-
gráfia egy régóta bevált
technológia a humán
gyógyászatban, amely
a test által kisugárzott
hőt méri***

***A helyi keringés és
anyagcsere szintjének
emelkedése hőterme-
léssel jár, rendellenesen
alacsony hőmérséklet
pedig csökkent szöveti
perfúzióra utalhat***

***Az IRT egyik fő előnye,
hogy nem igényel fizikai
kapcsolatot az állattal;
0,5–5 m távolságból is
alkalmazható, nem igé-
nyel sem altatást, sem
érzéstelenítést***

Az infravörös thermográfia (infrared thermography – IRT) a test által kisugárzott hőt méri. Állatorvosi diagnosztikai alkalmazása egyre gyakoribb világszerte, viszont hazai szakmai körökben egyelőre korlátozott a használata. Az IRT egy régóta bevált technológia a humán gyógyászatban (18, 22), ahol elsődlegesen a emlőrák-diagnosztika segédeszközeként tett szert ismertségre (19). A thermográfia módszerét sikeresen átültették állatorvosi felhasználásra is, és az elmúlt évtizedben az IRT-vel végzett esettanulmányok irodalma stabilan növekszik. Számos faj esetében használtak IRT-t betegségek észlelésére és nyomon követésére, pl. madarak (15), kutyafélék (16, 17), szarvasmarhák (26, 30, 32), sertések (4, 24), nyulak (37) és juhok (5) esetében.

Az élőlények belső hőmérséklet-eloszlása nem egyenletes; a lovak bőrfelszínének hőmérséklete pl. általánosan 5 °C-kal alacsonyabb, mint a maghőmérséklet (34). A legtöbb testrésznek szűk az egészséges hőmérséklet-tartománya; 1 °C aszimmetria már szignifikáns eltérés és patológiás elváltozásra utaló jel lehet (34). A helyi keringés és anyagcsere szintjének emelkedése hőtermeléssel jár, és többek között egy gyulladási folyamatot is jelezhet. Rendellenesen alacsony hőmérséklet pedig csökkent szöveti perfúzióra utalhat, ami pl. érelzáródással, infarktussal vagy az autonóm idegrendszerben bekövetkezett változásokkal hozható összefüggésbe (35). Az IRT célja ezen hőmérséklet-változások kimutatása.

Az IRT-hez kapcsolódó felszerelés egy hőkamerából áll, ami egy bolométer segítségével méri a kisugárzott hőt. A lógyógyászatban használt más képalakító eljárásokhoz (1. ábra) hasonlóan az infravörös kamerák az elektromágneses spektrum egy bizonyos részét figyelik meg. Amíg a látható fényt mérő kamerák érzékenysége általában a 0,4 és 0,7 µm közötti tartományra korlátozódik, az infravörös kamerák képesek akár 14 µm hullámhosszú sugárzás észlelésére is. Az így kapott képet termogramnak nevezik. A hőmérséklet-különbségeket egy tetzés szerint választott színskála jelzi, így pl. a kék jelöli az alacsonyabb, a piros a magasabb hőmérsékletet (2–6. ábrák). A termogramok lehívhatók a kamerából és (hordozható) számítógépen vagy táblagépen elemezhetők.

Az IRT egyik fő előnye, hogy nem igényel fizikai kapcsolatot az állattal; 0,5–5 m távolságból is alkalmazható (25). Ez biztonságosabbá teszi a képalakítást, kevesebb stressz éri a beteget, ill. olyan állatok monitorozását is lehetővé teszi, amelyek nehezen megközelíthetőek. A módszer nem igényel sem altatást, sem érzéstelenítést. Mindemellett az IRT nem invazív, nincs szükség kontrasztanyag bevitelére a páciens testébe. Mivel a kisugárzott hőt méri, nem bocsát ki semmilyen, potenciálisan egészséget befolyásoló elektromágneses sugárzást. Más képalakító eljárásokhoz – úgymint röntgenvizsgálat, számítógépes tomográfia (CT) és mágneses rezonanciavizsgálat (MRI) – képest az IRT jelentősen olcsóbb, mind a berendezésekhez szükséges beruházást és a vizsgálat díját tekintve. Ez jobban megfizethetőbbé teszi a módszert, így kisebb klinikák és egy szélesebb kliensréteg számára is elérhetőbb. A kapcsolódó felszerelés kompakt és könnyen szállítható; a legtöbb IRT-kamera hasonló méretű, mint egy digitális fényképezőgép. A vizsgálat elvégezhető az állat tartási helyén, ami nagymértékben csökkenti az állat szállításához kapcsolódó költségeket, kockázatokat és stresszt. A képfeldolgozás és diagnózis *in situ* elvégezhető az állatorvos által, így nem igényel további szakembereket (pl. technikusokat). A termogram azonnal hozzáférhető és bemutatható az állattulajdonosnak. A képek felhasználóbarátok és könnyen elmagyarázhatók, ami hozzájárul az ügyfél elégedettségéhez és a probléma megértéséhez. A kapcsolódó egészségügyi kockázatok hiánya, a kis költség és a könnyű mozgathatóság lehetővé teszi a módszer korlátlan mértékű használatát. Ezért az IRT kimondottan alkalmas nagy értékű állatok folyamatos megfigyelésére és a kezelt állatok követéses vizsgálatára (10).

1. ÁBRA. Az elektromágneses spektrum diagnosztikai felhasználása a lógyógyásban

Az ábra HILDEBRANDT és mtsai (14) humándaosztikai ábrájának adaptációja. Forrás: DR. BAKOS ZOLTÁN^{1, 2, 6}, DR. TÓTH PÉTER⁴, DR. JONATHON DIXON⁷, szerzők^{3, 5}

FIGURE 1. Utilisation of the electromagnetic spectrum for diagnostics in equine medicine
Figure adapted from HILDEBRANDT et al. (14). Image courtesy: DR. BAKOS ZOLTÁN^{1, 2, 6}, DR. TÓTH PÉTER⁴, DR. JONATHON DIXON⁷, authors^{3, 5}

Hullámhossz méterben		Képképző technológia	Példák a kimutatható elváltozásokra
Rádióhullám 10^3		Mágneses rezonancia ¹	Törések, ízületi elváltozások
Mikrohullám 10^{-2}		Ultrahang ²	Lágy szövetek, pl. inak és szalagok elváltozásai
Infravörös sugárzás 10^{-5}		Infravörös thermográfia ³	Abnormális felületi hőmérséklet
Látható fény 10^{-6}		Arthroszkópia ⁴	Avulsiós törések, fertőzött ízületek
Ultraibolya sugárzás 10^{-8}		UV-fény ⁵	Bőrelváltozások
Röntgensugárzás 10^{-10}		Röntgenkép ⁶	Csontsérülések
Gamma-sugárzás 10^{-12}		Szcintigráfia ⁷	Idegsérülések, csontanyagcsere

Az IRT-képek megbízhatósága nagyban függ a környezeti feltételektől

Az IRT-képek megbízhatósága nagyban függ a környezeti feltételektől (27, 28). TURNER javaslata szerint a környező levegő hőmérséklete kb. 20 °C kell legyen, 30 °C felső korláttal (34). A tapasztalataink alapján a módszer megbízhatatlanná válik 10 °C alatt, ami korlátozza a télen végzett vizsgálatokat. Továbbá komoly befolyásoló tényező a levegőáramlás (3); akár 1,8 km/óra sebességű szél is jelentősen csökkentheti a termogramok pontosságát (39). Ezenfelül zavaró tényező lehet a levegő nagy páratartalma (3). Lehetőség szerint a vizsgálatot javasolt fedett helyen, egy állandó hőmérsékletű térben elvégezni (35). Fontos, hogy a tér hőmérséklet-eloszlása egyenletes legyen, azaz ne legyenek sugárzó hőforrások a közelben. Abban az esetben, ha a vizsgálatot szabad térben végzik, kerülni kell a közvetlen napsugárzást, mert ez befolyásolja a hőeloszlást az állat testén (3).

Az IRT közvetlenül a bőr alatti izmok, ízületek, inak, szalagok, csontok (pl. fogak) és lágyabb szövetek vizsgálatára alkalmas

A módszer kizárólag a felületi hőmérséklet mérésére alkalmas. Tapasztalataink alapján a mélyebben fekvő (> 5–6 cm) szövetekről készült felvételek korlátozottak, mivel nincs információ a hőforrás pontos mélységéről. Ezért az IRT használatát közvetlenül a bőr alatti izmok, ízületek, inak, szalagok, csontok (pl. fogak) és lágyabb szövetek vizsgálatához javasoljuk. A hosszú szőr és a vastag bőr rontják a termogramok használhatóságát (34). A felületi szennyeződések (pl. nedvesség, por, sár) további negatív tényezők, ezért javasolt a vizsgált terület megtisztítása. Egy adott testrész hőmérséklete szorosan összefügg dinamikus folyamatokkal, úgymint a véráramlással és az erek összehúzódásával (28). A keringést számos élettani esemény befolyásolja, pl. az állat cirkadián ritmusa (31). Emellett már elvégzett/megkezdett kezelések (pl. gyógyszerkezelés) is hatást gyakorolhatnak a testhőmérsékletre (38). Ezek mellett az állat kora is szerepet játszhat, mivel a biológiai kor fordítottan arányos bizonyos anatómiai képletek (pl. szemek) átlagos hőmérsékletével (33), így ezt is figyelembe kell venni a vizsgálat során.

Az IRT-vizsgálat sikeresen elvégezhető olyan esetekben is, ahol az állathoz való hozzáférés erősen korlátozott, pl. ceffélék és úszólábúak esetében, ahol a légzőnyílás, ill. a szemek több méter távolságból vizsgálhatók (25). Emellett egy hasznos eszköz lehet állatjóléttel kapcsolatos tanulmányokban is: a stressz gyakran összefüggésbe hozható a testhőmérséklet emelkedésével (33). A szemek hőmérsékletének vizsgálata segíthet az állat által átélt fájdalom meghatározásához olyan traumatikus beavatkozások során, mint pl. a hím sertések ivartalanítása (24). Az IRT ugyanakkor egyre jobban tér nyer a lógyógyászatban.

A lovak gyakran vannak kitéve nagymértékű fizikai igénybevételnek, és ezért folyamatosan nagy a mozgásszervi problémák kockázata (20). Az IRT hatékonyan alkalmazható olyan klinikai szindrómák diagnosztizálására, amelyek sántaságot okozhatnak, továbbá az ezek kezelését követő gyógyulási folyamatok is nyomon követhetőek (7).

Az IRT és az ultrahang-vizsgálat egymást kiegészítő használata különösen sikeresnek bizonyult a hátágyéki tájékon lévő elváltozások észlelésére

Az IRT és az ultrahang-vizsgálat egymást kiegészítő használata különösen sikeresnek bizonyult a hátágyéki tájékon lévő elváltozások észlelésére: 24 Quarter Horse vizsgálata során FONESCA és mtsai eredményesen tudtak elváltozásokat feltérképezni thermográfia segítségével, amelyeket ezután ultrahanggal vizsgáltak (9). Továbbá az IRT hatékony diagnosztikai eszköznek bizonyul a lótenyésztésben is. Segítségével számos, még szubklinikai fázisban lévő, a termékenységre veszélyt jelentő hereelváltozás korán észrevehető (23). A hőmérséklet-változás összefüggésbe hozható a vemhességgel: késői vemhességben lévő kancák oldala melegebb, mint a nem vemheseké (2). A következő részben példákon keresztül bemutatjuk, hogy miként alkalmazható az IRT lovakban lévő patológiás elváltozások megelőzésére, észlelésére, és nyomon követésére.

ESETTANULMÁNYOK

A szerzők öt eseten keresztül mutatják be az infravörös termográfia használatát

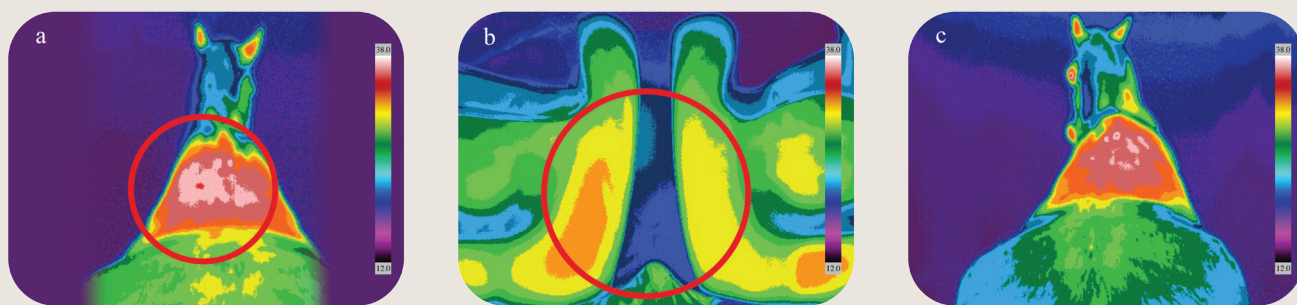
A rosszul illeszkedő nyereg gyakran a lovas súlyának egyenlőtlen eloszlását okozza, ami a ló háti szakaszán aszimmetrikus hőképet mutat

Az esetismertetések öt eseten keresztül mutatják be az infravörös termográfia használatát. Az **1. eset** egy nyeregvizsgálat során készült infravörös képeken keresztül ábrázolja a helytelen nyeregilleszkedés és/vagy helytelen lovaglás hatását a ló hátára. A **2., 3., 4. és 5. esetek** a módszer használatát mutatják a probléma helymeghatározása, a kezelés és a gyógyulási folyamat nyomon követése eseteiben.

Minden kép az ICI™ 7640 IR PAD 640P (Infrared Cameras Inc, Beaumont, TX, USA) 640 × 480 pixel felbontású és 7–14 µm spektrális érzékenyséű kamerával készült. A kamera távolsága a lovaktól 0,5 és 1,8 m között változott, a vizsgált területtől függően. A hőmérséklet-érzékenység alsó és felső határát a külső hőmérséklet és az egyes esetek szerint állítottuk be. A hőmérsékleti határok megállapítása tapasztalati úton történt, a környezeti hőmérséklet, páratartalom és légmozgás figyelembevételével, amelyek mérésére egy Kestrel® 3000 Environmental Meter (Nielsen-Kellerman, Boothwyn, PA, USA) készüléket használtuk.

1. ESET: HELYES NYEREGILLESZTÉS

A rosszul illeszkedő nyereg gyakran a lovas súlyának egyenlőtlen eloszlását okozza, és a ló hátágyéki tájékán fájdalom jelentkezik a túlzott nyomás hatására (11, 12, 21). Az elcsúszott nyereg lehet egy már meglévő patológiás elváltozás, pl. a hátsó végtag sántaságának jele (11). Az egyenlőtlen súlyterhelés a ló háti szakaszán aszimmetrikus hőképet mutat. A jelenség bemutatására egy lovasiskolában (Baja, Magyarország) egy 15 éves, magyar félvér kancát rövid időn keresztül szándékosan rosszul lovagolták egy lovaspályán. Ezt követően infravörös hőkamerás felvételek készültek 10 perc lovaglás után a nyereg belső felületéről és a ló hátáról. Látható, hogy az az oldal, amelyik a nagyobb nyomásnak volt kitéve, magasabb hőmérsékletű (*2a ábra*). Az egyenetlen hőeloszlás a nyergen is megfigyelhető (*2b ábra*). Jó nyeregilleszkedés esetén mind a ló hátán (*2c ábra*) és a nyergen (*2d ábra*) is szimmetrikusan oszlik el a hőmérséklet. A képek lovaspályán készültek, szabad ég alatt, felhős időben. A környezet hőmérséklete 18 °C, a kamera érzékenységi határai 12 és 38 °C között voltak. A ló hátáról készült felvételek 1,8 m távolságból és 45°-os szögben, a nyeregfelvételek 1 m távolságból és 90°-os szögben készültek.



2. ÁBRA. A rossz és a jó nyeregillesztés hőképe

Ha rossz a nyeregillesztés, akkor az egyenetlen terhelés aszimmetrikus hőeloszlást mutat (a) a ló hátán, jelen esetben a bal oldalon emelkedett hőmérsékletű területek jelentek meg. Ez észrevehető (b) a nyergen is. Amikor a nyereg jól illeszkedik, a hőtérkép szimmetrikus (c) a ló és a (d) nyereg esetében is

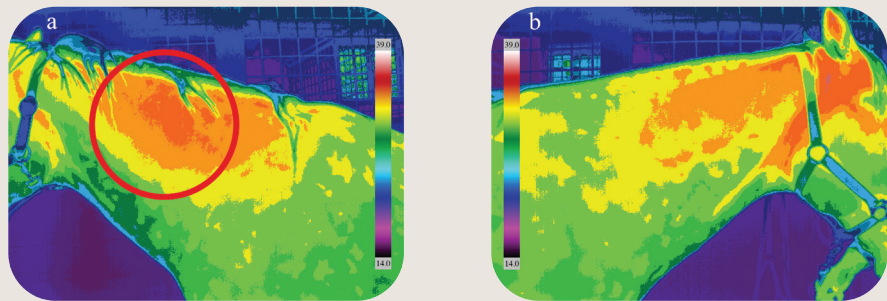
FIGURE 2. Heat signature of incorrect and correct saddle fitting

If ill-fitted, the uneven pressure results in an asymmetric heat distribution (a) on the horse; in this case areas with increased temperature appeared on the left side. This is also observable (b) on the saddle. When the saddle is positioned correctly, the signature is symmetric on both (c) the animal and (d) the saddle

Egy ló, amely nehezen, fájdalmat jelezve fordult jobbra, a hőkamerás vizsgálattal a nyak bal oldalán relatív hőmérséklet-emelkedést mutatott

2. ESET: MEGNÖVEKEDETT HŐMÉRSÉKLET A BAL OLDALI NYAKTÁJÉKON

A ló egy 8 éves, herélt amerikai Quarter ló a Bauer-istállóban (Bauer Reitstall), Pötschingben, Ausztriában. A tulajdonos elmondása szerint a ló nehezen, fájdalom tüneteit mutatva fordult jobbra a kiképzése során. A fordítással szembeni ellenszegülés különböző patológiás folyamatok következménye lehet, ideértve többek között a fogakban, végtagokban, vagy a gerincben létrejövő elváltozásokat. A vizsgálat célja a fájdalom helyének meghatározása volt. A bal (3a ábra) és a jobb (3b ábra) oldali nyaki tájék hőkamerás vizsgálatának elvégzése után relatív magas hőmérséklet volt mérhető a bal oldali nyaktájékon. A megemelkedett hőmérsékletnek ebben a régióban számos oka lehet: megnövekedett izomfeszülés, a *m. splenius cervicis* gyulladása, a nyakcsigolyák periostitise vagy arthrosisa stb. Ennél az esetnél látható, hogy részletes diagnózist felállítani csak a hőkamerás felvételekre alapozva gyakran nem egyszerű, és további vizsgálatok szükségesek (de már az adott régióra vonatkoztatva). Az IRT-vizsgálatok eredményét közöltük a ló állatorvosával, aki folytatta az állat kezelését. A képek az istálló folyosóján készültek, a környezet hőmérséklete 20,3 °C, a kamera érzékenységi határai 14 és 39 °C között voltak. A nyak bal és jobb oldali képei 1 m távolságból és 90°-os szögben készültek.



3. ÁBRA. Relatív különböző hőmérséklet (a) a bal és (b) a jobb oldali splenius cervicis régióban, jelezve egy izomfeszüléssel vagy gyulladásos folyamatot a bal oldalon

A fej nyaktájék jobb oldali képén (b) a fültő tájék viszonylagosan melegebb képének oka, hogy a ló feje és a kamera által bezárt szög nem azonos a bal oldalihoz viszonyítva

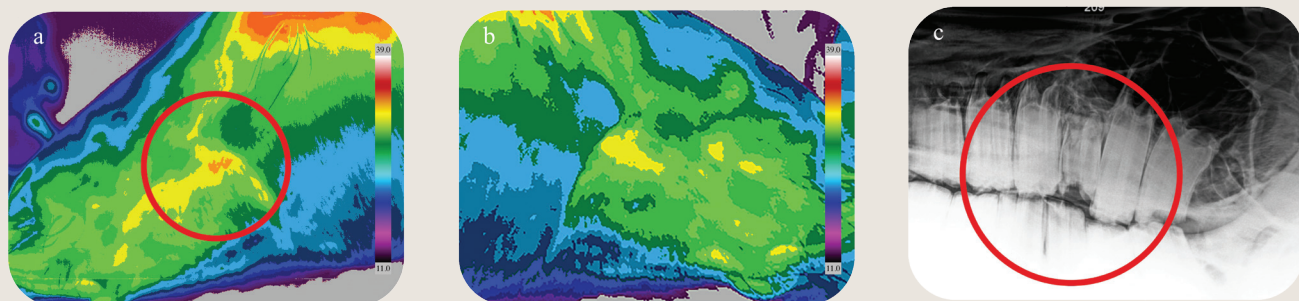
FIGURE 3. Comparative differences in the heat signatures observed around the area of (a) the left and (b) right cervical splenic suggest a strained muscle or inflammation on the left side

The relative temperature increase observed (b) at the base of the right ear is due to the deviation of angle between the head of the horse and the camera on images taken from the left and right side

3. ESET: TÖRÖTT ÖRLŐFOG

A ló egy 9 éves, westfáliai kanca, amely vizsgálatra érkezett a Domäne Tierärztliche Klinik (Karthaus, Németország) állatorvosi klinikára. A ló fájdalom tüneteit mutatta a táplálék rágása közben. Ez szájüregi megbetegedés gyanúját vetette fel, mint pl. rendellenes kopás, fogágybetegség, szájüregi idegentest, nyelvsérülés vagy törés. A hőkamerás felvételek vizsgálata során megállapították, hogy a bal oldalon a praemoláris-moláris állcsonti területen (4a ábra) magas hőmérsékletű pont mutatkozik, ami potenciálisan gyulladásos folyamatra utalt. A jelenség a jobb oldalon nem volt látható (4b ábra). A lovon ezután röntgenvizsgálat készült, amely a bal oldali maxillaris első molaris fog (209) törését mutatta ki (4c ábra). A képek a klinikán egy vizsgálószobában készültek. A környezet hőmérséklete 16,2 °C, a kamera érzékenységi határai 11 és 39 °C között voltak. A ló fejének képei 0,6 m távolságból és 90°-os szögben készültek.

Egy fájdalmas rágás tüneteit mutató lóban magas hőmérsékletű pontot találtak a bal praemolaris-molaris állcsonti területen



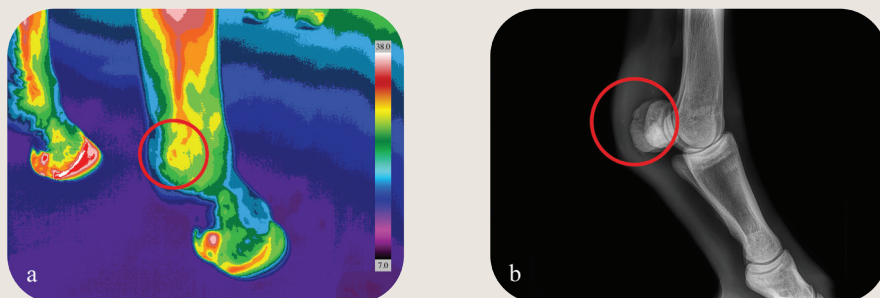
4. ÁBRA. (a) A bal oldali praemolar-molar maxilla régió hőképe egy behatárolható meleg területet mutat, amely nem feltűnő (b) a jobb oldali felvételen. További (c) röntgenvizsgálat kimutatta a bal oldali maxillaris első molaris fog (209) törését

FIGURE 4. (a) Thermogram of the praemolar-molar maxilla region of the left side indicates a localised warm area, which is not marked on (b) the right side. Further (c) X-ray analysis revealed a fracture in the left molar (209)

A törött proximalis egyenlítőcsont megemelkedett hőmérsékletet mutatott a palmaris felszínen

4. ESET: PROXIMALIS EGYENÍTŐCSONT TÖRÉSE

A ló egy 14 éves, westfáliai csődör, amely vizsgálatra érkezett a Domäne Tierärztliche Klinik (Karthaus, Németország) állatorvosi klinikára. A ló a jobb elülső csüdízület hajlítására egyértelmű fájdalmat mutatott. A jobb elülső láb alsó részének hőkamerás vizsgálatára került sor, amely megemelkedett hőmérsékletet mutatott a palmaris felszínen (5a ábra). Az ezt követő röntgenvizsgálat megállapította a proximalis egyenlítőcsont törését (5b ábra). A képek a klinikán egy vizsgáló szobában készültek. A környezet hőmérséklete 18,4 °C, a kamera érzékenységi határai 7 és 38 °C között voltak. A ló elülső végtagjának képei 0,8 m távolságból és 135° szögben készültek.



5. ÁBRA. (a) A jobb elülső végtag proximalis egyenlítőcsontjánál megemelkedett hőmérséklet látható. A bal patában látható magas hőmérséklet mutatja, hogy a ló a bal lábát jobban terheli, kímélve ezzel az elváltozást mutató ellenoldali lábat. A thermográfiát követő (b) röntgenvizsgálat megállapította a jobb elülső lábon a laterális proximalis egyenlítőcsont törését

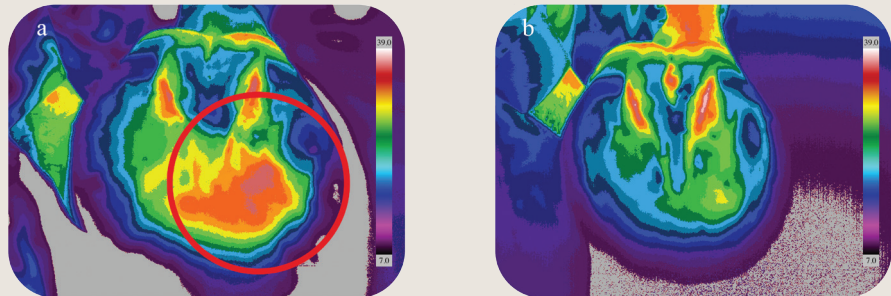
FIGURE 5. (a) The right forelimb had increased temperature around the proximal sesamoid bones. The increased heat in the left hoof suggests that the horse allocates more weight to the left side, sparing the opposite, diseased leg. A subsequent (b) X-ray analysis of the right forelimb revealed a chip fracture of the lateral proximal sesamoid bone

A hőkamerás vizsgálat patatályog esetén mind a kórjelzés, mind a kezelés nyomon követeése esetén hasznos volt

5. ESET: PATATÁLYOG

A ló egy 16 éves lipicai kanca, amely Sükösdön, Magyarországon él egy farmon. A jobb elülső végtagnál heveny sántaságot mutatott 4 nappal patkolás után. A kórelőzmény és a tünetek a patairha helyi heveny gyulladását valószínűsítették. Hőkamerás vizsgálat készült a pata talpi felületéről, amely megemelkedett hőmérsékletet mutatott a pata központi régiójában (6a ábra). A ló három napon át Phenylbutazon injekciós kezelést és nedves kötést kapott. Négy nap múlva

a kezelés és a gyógyulás nyomon követése miatt újabb hőkamerás vizsgálatra került sor (6b. ábra), amely azt mutatta, hogy a kezelés sikeres volt, mivel a korábbi rendellenesen magas hőmérséklet jelentősen csökkent a talpi régióban. A felvételek az istálló folyosóján készültek. A környezet hőmérséklete 15 °C, a kamera érzékenységi határai 7 és 39 °C között voltak. A pata képei 0,5 m távolságból és 90°-os szögben készültek.



6. ÁBRA. (a) A patairha helyi heveny gyulladásának hőkamerás felvétele a jobb elülső végtagban
(b) Kezelés után az érintett terület hőmérséklete jelentősen csökkent

FIGURE 6. (a) Thermogram of an acute hoof abscess in the right forelimb
(b) After treatment, the temperature of the affected region markedly declined

MEGVITATÁS

Öt esettanulmányon keresztül bemutattuk, hogy miként használható az infravörös thermográfia lovakat érintő betegségek megelőzésére, észrevételére és nyomon követésére. Az IRT-nek nagy az érzékenysége, de kis specificitású (7, 17), azaz bár segítségével patológiás elváltozások korai szakaszban észrevehetőek, kevésbé alkalmas a rendellenes hőmérséklet-változás okának pontos meghatározására. Ezért a módszer leginkább prediagnosztikai szerepre alkalmas. Miután az IRT-vizsgálat során egy patológiás állapot megállapítást nyer, az állattulajdonosnak nagyobb bizonyossággal javasolható további komplexebb (és költségszebb) diagnosztikai eljárások (pl. röntgen, ultrahang, CT, MRI, PET, szcintigráfia). Így alkalmazva az IRT segíthet a fals pozitív esetek csökkentésében, ami mérsékelheti az állattulajdonos költségeit. Továbbá segíthet meggyőzni az állattulajdonost a további diagnosztikák és kezelések szükségességéről. Az IRT nagy előnye, hogy könnyen és költséghatékonyan használható folyamatosan; segítségével nagy értékű állatok, pl. versenylovak időszakos jelleggel vizsgálhatóak (monitoring). Emellett a módszer képes látszólag egészséges állatokban akár hetekkel a klinikai tünetek vagy radiológiai elváltozások megjelenése előtt kóros hőmérséklet-változásokat kimutatni (7). Az állat kezelését követő IRT-vizsgálattal felügelhető a kezelés eredményessége és a gyógyulás folyamata.

Az IRT hazai állatorvos szakmában való szélesebb körű elismertségének és használatának érdekében javasoljuk a módszer oktatását (már meglévő más képalkotó diagnosztikai módszerek mellett) az állatorvosi képzésben, továbbá az állatorvosok ösztönzését, hogy humánorvosi képalkotó képzéseken vegyenek részt, ahol az IRT szakmai elfogadottsága jobb (22). A legtöbb humánorvoslással kapcsolatos IRT-módszer közvetlenül hasznosítható az állatgyógyászatban is. Az állatorvosi IRT egyik komoly hiányossága, hogy nem alakult ki egy egységesen elismert faj és kor szerint lebontott protokoll. Ezért a különböző forrásokból származó eredmények összehasonlítása körülményes. Humánorvosi alkalmazásra már léteznek protokollok (8, 29); és ezek átültetése elősegítheti az esetek összehasonlítását és az állatorvosok közötti kommunikációt. Ezek a protokollok

Az IRT-nek nagy az érzékenysége, de kis specificitású, kevésbé alkalmas a rendellenes hőmérséklet-változás okának pontos meghatározására

A módszer képes látszólag egészséges állatokban akár hetekkel a klinikai tünetek vagy radiológiai elváltozások megjelenése előtt kóros hőmérséklet-változásokat kimutatni

Az IRT használata hatékonyan segítheti a kóros elváltozások megelőzését, észrevételét és nyomon követését a lógyógyászatban

többek között kitérnek a hőkamera előírányzott paramétereire, biztonsági intézkedésekre, a páciens felkészítésére és a vizsgálati környezetre (pl. napszak, levegő-hőmérséklet). A kamerakezelés szabályai szintén fontosak; a helyes távolság és a vizsgált terület által bezárt szög megválasztása, a megfelelő képminőség és dokumentáció kiemelt fontossággal bírnak. Ezek átvétele a humán orvosi irodalomból (8, 29) potenciális alapot biztosíthat az IRT szabványosított állatorvosi keretrendszerének. Ezenfelül egy nemzetközi protokoll fokozhatja a hazai és külföldi állatorvosok együttműködését; előremozdítva az új technológiák magyarországi bevezetését.

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy az IRT használata hatékonyan segítheti a kóros elváltozások megelőzését, észrevételét és nyomon követését a lógyógyászatban. A technológia még viszonylag ismeretlen Magyarországon, ami korlátozza az állatorvosok és ügyfelek által való elfogadottságát. Mindazonáltal az állatorvosi IRT irodalma folyamatosan bővül. Ahogy a kapcsolódó berendezések elérhetősége növekszik és költsége csökken, az infravörös thermográfia előreláthatóan a már meglévő diagnosztikai technológiák meghatározó kiegészítő módszerévé fog válni a közeljövőben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak DR. TÓTH JÓZSEF professzor úrnak (Tierärztliche Klinik Domäne Karthaus) a 3. és 4. esetben bemutatott egyéb diagnosztikai technikák biztosításáért. DR. BAKOS ZOLTÁN, DR. TÓTH PÉTER (Állatorvostudományi Egyetem) és DR. JONATHON DIXON (Royal Veterinary College) képeket biztosítottak a különböző képalkotó diagnosztikák bemutatásához. Köszönettel tartozunk DR. DONNA L. HARPERNEK (Vet-Therm LLC), aki bevezetett minket az infravörös diagnosztikába. Továbbá hálásan köszönjük DR. MANUEL SILLERO-QUINTANA professzor úr (Universidad Politécnica de Madrid), DR. KURT AMMER professzor úr (University of South Wales), DR. JASMINA STEVANOV (Johannes Gutenberg-Universität Mainz), DR. JOHN FENNELL (University of Bristol), DR. SZEGHŐ ZSOLT (Észak-magyarországi Lógyógyászati Kft.) és DR. TÁLASNÉ JURÁNOVICS CSILLA (IRT Diagnose KG) a cikkhez nyújtott kiváló javaslatait.

IRODALOM

1. BIONDI, F. – DORNBUSCH, P. T. et al.: Infrared ocular thermography in dogs with and without keratoconjunctivitis sicca. *Vet. Ophthalmol.*, 2015. 18. 28–34.
2. BOWERS, S. – GANDY, S. et al.: Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. *Theriogenology*, 2009. 72. 372–377.
3. CHURCH, J. S. – HEGADOREN, P. R. et al.: Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. *Res. Vet. Sci.*, 2014. 96. 220–226.
4. COOK, N. J. – CHABOT, B. et al.: Infrared thermography detects febrile and behavioural responses to vaccination of weaned piglets. *Animal*, 2015. 9. 339–346.
5. DE MORAES MARCONDES, G. – NÓBREGA, F. S. et al.: Use of non-invasive imaging methods for evaluation of bone regeneration in bone defects induced experimentally in III/IV metacarpus of sheep. *Acta Sci. Vet.*, 2015. 43:1319.
6. DYSON, S. – GREVE, L.: Saddle slip and hindlimb lameness in sports horses. *Equine Health*, 2014. 18. 46.
7. EDDY, A. L. – VAN HOOGMOED, L. M. et al.: The role of thermography in the management of equine lameness. *Vet. J.*, 2001. 162. 172–181.
8. FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. – MARINS, J. C. B. et al.: Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys. Techn.*, 2015. 71. 28–55.
9. FONSECA, B. P. A. – ALVES, A. L. G. et al.: Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *J. Equine Vet. Sci.*, 2006. 26. 507–516.
10. GRAF VON SCHWEINITZ, D.: Thermographic diagnostics in equine back pain. *Vet. Clin. N. Am. Equine Practice*, 1999. 15. 161–177.
11. GREVE, L. – DYSON, S.: Saddle fit and management: An investigation of the association with equine thoracolumbar asymmetries, horse and rider health. *Equine Vet. J.*, 2015. 47. 415–421.
12. HARMAN, J. C.: Measurements of the pressures exerted by saddles on the horses' back using a computerized pressure measuring device. *Pferdeheilkunde*, 1997. 13. 129–134.

13. HARPER, D. L.: The value of infrared thermography in the diagnosis and prognosis of injuries in animals. In: *Proceedings of Inflammation*, 2000. 115–122.
14. HILDEBRANDT, C. – ZEILBERGER, K. et al.: The Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine. In: ZASLAV, K. R. (ed.): *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury*. InTech, 2012. 257–274.
15. HURLEY-SANDERS, J. L. – LARSEN, R. S. et al.: Fungal Osteomyelitis in two bufflehead ducklings (*Bucephala albeola*). *J. Zoo Wildl. Med.*, 2015. 46. 613–616.
16. HURLEY-SANDERS, J. L. – SLADKY, K. K. et al.: Use of cortical bone fenestration, autogenous free skin graft, and thermography for wound treatment and monitoring in a red wolf (*Canis rufus gregoryi*). *J. Zoo Wildl. Med.*, 2015. 46. 617–620.
17. INFERNUSO, T. – LOUGHIN, C. A. et al.: Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament-deficient stifles in dogs. *Vet. Surg.*, 2010. 39. 410–417.
18. JONES, B.: A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *IEEE Trans. Med. Imaging*, 1998. 17. 1019–1027.
19. KENNEDY, D. A. – LEE, T. et al.: A comparative review of thermography as a breast cancer screening technique. *Integr. Cancer Ther.*, 2009. 8. 9–16.
20. KOBLUK, C. N.: Exercise intolerance and poor performance in western performance horses. *Vet. Clin. N. Am. Equine Practice*, 1996. 12. 581–606.
21. KOTSCHWAR, A. – BALTACIS, A. et al.: The effects of different saddle pads on forces and pressure distribution beneath a fitting saddle. *Equine Vet. J.*, 2010. 42. 114–118.
22. LAHIRI, B. B. – BAGAVATHIAPPAN, S. et al.: Medical application of infrared thermography: A review. *Infrared Phys. Techn.*, 2012. 55. 221–235.
23. LLOYD-JONES, J. L. – PUROHIT, R. C. et al.: Use of thermography for functional evaluation of stallion scrotum and testes. *J. Equine Vet. Sci.*, 2015. 35. 488–494.
24. LONARDI, C. – SCOLLA, A. et al.: Can novel methods be useful for pain assessment of castrated piglets? *Animal*, 2015. 9. 871–877.
25. MELERO, M. – RODRÍGUEZ-PRIETO, V. et al.: Thermal reference points as an index for monitoring body temperature in marine mammals. *BMC Res. Notes*, 2015. 8:411.
26. METZNER, M. – SAUTER-LOUIS, C. et al.: Infrared thermography of the udder after experimentally induced *Escherichia coli* mastitis in cows. *Vet. J.*, 2015. 204. 360–362.
27. PUROHIT, R. C.: Use of thermography in veterinary medicine. In: COHEN, J. M. – LEE, M. H. M. (eds.): *Rehabilitation medicine thermography*. Impress Publications. Wilsonville, OR, USA, 2008. 135–147.
28. REKANT, S. I. – LYONS, M. A. et al.: Veterinary applications of infrared thermography. *Am. J. Vet. Res.*, 2016. 77. 98–107.
29. RING, E. F. – AMMER, K.: Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol. Meas.*, 2012. 33. R33–46.
30. SCHAEFER, A. L. – COOK, N. J. et al.: The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Res. Vet. Sci.*, 2007. 83. 376–384.
31. STEWART, M. – WEBSTER, J. et al.: Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Anim. Welfare*, 2005. 14. 319–325.
32. STOKES, J. E. – LEACH, K. A. et al.: An investigation into the use of infrared thermography (IRT) as a rapid diagnostic tool for foot lesions in dairy cattle. *Vet. J.*, 2012. 193. 674–678.
33. TRAVAIN, T. – COLOMBO, E. S. et al.: Hot dogs: Thermography in the assessment of stress in dogs (*Canis familiaris*) – A pilot study. *J. Vet. Behav.*, 2015. 10. 17–23.
34. TURNER, T. A. – PUROHIT, R. C. et al.: Thermography: a review in equine medicine. *Compend. Contin. Educ.*, 1986. 8. 855–861.
35. TURNER, T. A.: Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.*, 1991. 7. 311–388.
36. TURNER, T. A.: Thermography. In: HENSON F. M. D. (szerk.): *Equine Back Pathology: Diagnosis and Treatment*. Wiley-Blackwell. Chichester, UK, 2009. 125–132.
37. VADLEJCH, J. – KNÍŽKOVÁ, I. et al.: Thermal profile of rabbits infected with *Eimeria intestinalis*. *Vet. Parasitol.*, 2010. 171. 343–345.
38. VAINIONPÄÄ, M. – SALLA, K. et al.: Thermographic imaging of superficial temperature in dogs sedated with medetomidine and butorphanol with and without MK-467 (L-659'006). *Vet. Anaesth. Analg.*, 2014. 40. 142–148.
39. WESTERMANN, S. – STANEK, C. et al.: The effect of airflow on thermographically determined temperature of the distal forelimb of the horse. *Equine Vet. J.*, 2013. 45. 637–641.

Közlésre ér.: 2016. nov. 1.