

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra speciální zootechniky**



**Termografie jako diagnostická metoda v chovu koní  
Bakalářská práce**

**Autor práce: Gabriela Tunová**

**Obor studia: ABPH**

**Vedoucí práce: Ing. Martina Janošíková**

© 2018 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Termografie jako diagnostická metoda v chovu koní" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11.04.2018

\_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí Ing. Martině Janošíkové za věcné poznámky, odborné rady a pomoc při výběru tématu mé bakalářské práce.

# Termografie jako diagnostická metoda v chovu koní

## Souhrn

Při použití termografie je nejzásadnější dodržení přísných pravidel měření, aby se zabránilo špatně naměřeným hodnotám a zároveň i špatné interpretaci výsledného obrazu. Využití termografie vychází ze skutečnosti, že teplo je hlavním ukazatelem zánětu a naopak nižší teplota může znamenat otok kolem místa zranění.

Termografie se hojně využívá jako pomocná diagnostická metoda k dalším metodám. Těmito metodami jsou ultrasonografie, radiografie a jiné. V tomto případě termokamera označí místo zvýšené nebo naopak snížené teploty a jiná ze zobrazovacích metod může dokončit finální obraz poškození a zvolit správný typ léčby.

Termografie je výjimečná svou neinvazivitou, díky čemuž nepůsobí zvířeti žádný stres, a vysokou citlivostí na změny teplot, které se pohybují v řádech desetin stupně Celsia. Díky této vlastnosti jsme schopni zachytit jakýkoli zánět už v jeho subklinickém stavu, snížit zátěž a indikovat vhodnou léčbu. Toho se využívá převážně v diagnostice onemocnění končetin. Jsou to například poraněné šlachy, vazy, svaly, ale i kosti, ty však musejí být v blízkosti kůže. Hluboko situované kosti termografie není schopna zachytit.

Další oblastí využití je chov. Ten zahrnuje hodnocení životních podmínek, jako jsou tepelné ztráty v chladném počasí, nebo diagnostiku stresu. Stres mohou zvířeti způsobit špatné životní podmínky nebo špatná jezdecká výstroj. V této situaci se zvýšená teplota projevuje hlavně v oblasti oka. Může být využita pro hodnocení sportovního a chovného koně. U sportovního od tréninku za určitých podmínek prostředí až po nezbytnou péči po tréninku. U chovného diagnostiku březosti u klisen a diagnostiku plodnosti u hřebců.

Další možností je sledování klinických postupů, jako je podávání léků nebo analgetik, účinků anestézie, v antidopingových programech, nebo detekce místa vpichu, které by mohlo znamenat nedovolené podávání analgetik před soutěží.

Dále se ukázala jako užitečný nástroj při hodnocení interakční asymetrie sedel.

Díky přibývajícím vědeckým studiím se termografie v chovu koní, ale i jiných zvířat, využívá stále více. Můžeme očekávat další rozšíření mezi chovatelskou veřejnost.

**Klíčová slova:** termografie, kůň, diagnostika, chov, onemocnění

# Thermography as a diagnostic method in horses breeding

## Summary

When we use thermography, it is essential to adhere strict measurement rules to avoid wrong measured values and wrong interpretations of the resulting image. The use of thermography is based on the fact that heat is the main indicator of inflammation and the lower temperature can cause swelling around the place of the injury.

Thermography is widely used as a diagnostic method which helps other methods. These methods are ultrasonography, radiography and others. In this case, the thermal camera marks an elevated or reduced temperature instead, and another of the methods can complete the final image of the injury and choose the right treatment.

Thermography is exceptional due to its non-invasiveness, which makes the animal no stress and high sensitivity to temperature changes in the order of tenths of a degree Celsius. Thanks to this feature, we are able to capture any inflammation in its subclinical condition, reduce the burden and indicate appropriate treatment. This is mainly used in the diagnosis of limb disease. These are, for example, injured tendons, ligaments, muscles, also bones, but they must be close to the skin. Deeply located bones are not able to be captured by thermography.

Another area of using is breeding of horses. This includes assessing living conditions such a heat lossing in cold weather or stress diagnostic. Stress can cause poor animal welfare or poor equestrian equipment. In this situation, the elevated temperature occurs mainly in the eyes. It can be used for the evaluation of racehorses and breeding horses. At racehorses, from training under certain weather and climatic conditions to the necessary care after training. Breeding horses for diagnosis of gestation in mares and fertility diagnostics in stallions. Another option is to monitor clinical procedures such as using drugs or analgetics, anesthesia effects, anti-doping programs, or injection sit detection, which could mean illegal analgetics before the competition. It has also been proved as a useful method in assessing the interaction asymmetry of saddles.

Thanks to increasing scientific studies, thermography in horse and other animals breeding is being used increasingly. We can expect further expansion among the community of breeders.

**Keywords:** thermography, horse, diagnostics, breeding, disease

## **Obsah**

<b>1 Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Termografie .....</b>	<b>3</b>
3.1 Principy.....	4
3.2 Pravidla správného měření .....	6
3.3 Nástroje .....	10
<b>4 Ostatní zobrazovací techniky v chovu koní .....</b>	<b>11</b>
<b>5 Termografie v léčbě koní.....</b>	<b>13</b>
5.1 Končetiny .....	14
5.1.1 Proximální končetina .....	15
5.1.2 Distální končetina .....	17
5.1.3 Kopyta .....	20
5.2 Oblast hřbetu .....	22
5.3 Hodnocení vhodnosti sedel.....	24
5.4 Reprodukční soustava .....	24
5.5 Chov, trénink a stres .....	26
5.6 Ostatní příklady využití.....	32
<b>6 Výhody a nevýhody termografie.....</b>	<b>36</b>
<b>7 Závěr.....</b>	<b>38</b>

# 1 Úvod

Termografie je neinvazivní diagnostická metoda, která využívá tepla emitovaného povrchem těla zvířete k sestavení termografického obrazu, tzv. termogramu. Využívá skutečnosti, že teplo je hlavním příznakem zánětu. Lze ji využít jako doplňkovou techniku k jiným metodám, nebo jako samostatnou zobrazovací techniku. Oblasti jejího zájmu se stále rozšiřují. Patří mezi ně z anatomického hlediska končetiny, hřbet, reprodukční soustava a mnohé další. V oblasti končetin se termografie zaměřuje na zranění šlach, vazů, svalů a kostí. Samostatným oborem měření je kopyto, kde termografie rozezná poškození jeho struktur. Další příklad využití je v chovu. Od tréninku sportovního koně až po hodnocení reprodukční soustavy chovného koně. K chovu sportovního koně neodmyslitelně patří i jeho výstroj. Špatné uzdění nebo sedlání může koni způsobit stres, stejně tak jako špatné životní nebo tréninkové podmínky. I tato odvětví souvisí s termografií. Ta dokáže podle teploty oka rozpoznat stresovou reakci. Lze ji využít i v antidopingových programech, při podávání anestetik a jiných léků.

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je sestavit literární přehled využití termografie jako diagnostické metody v chovu koní a uvést její výhody a nevýhody.



### 3 Termografie

Podle dvojice Soroko a Howell (2016) je infračervená termografie zobrazovací technika, která mapuje teplotu povrchu těla a její změny, které mohou naznačovat zánětlivé, vaskulární nebo neurologické poruchy. Správné využití termografie pro vyhodnocení povrchových tepelných vzorců vyžaduje řízené prostředí a přísné dodržování zobrazovacího protokolu, aby se odstranily chyby v interpretaci obrazu. Termografie také hraje důležitou roli jako doplňkový diagnostický nástroj ve veterinární medicíně, který naznačuje jakékoliv oblasti abnormality a také, kde se má soustředit další diagnostické zobrazování nebo léčba. Během léčebného procesu může kvantifikovat regresi zánětu nebo sledovat účinnost protizánětlivých léků. Nicméně specifická a citlivost termografie může být v mnoha případech omezena a je proto nejcennější jako doplněk k jiným modalitám.

Dyson a Head (2001) doplňují, že lékařské zobrazování využívá skutečnost, že teplo je jedním z hlavních příznaků zánětu, takže zvýšení povrchové teploty může znamenat zánět struktur blízko tohoto bodu. Avšak že u některých chorobných procesů dochází ke snížení průtoku krve do postižených tkání a to také způsobí změny povrchové teploty. Termografie by mohla teoreticky přidat další prvek fyziologického zobrazování tím, že nám umožní graficky znázornit zánět, sledovat jeho průběh a zjistit časnou recidivu. To je to, co nás zpočátku přitahovalo k této technice.

Je náchylná k artefaktům a v důsledku toho vedlo některé lidi k pochybám o její klinické použitelnosti. Se zkušenostmi a péčí o interpretaci může být termografie užitečnou metodou pro vyhodnocování kulhání (Soroko et al., 2013).

Podle McManus et al. (2016) tato neinvazivní technologie může být užitečným nástrojem a obecným indikátorem stresu, stejně jako indikací zánětlivých procesů, bolesti a onemocnění. Hodnocení povrchové teploty zvířete může být použito jako znak ukazatele pro přesné odhalení fyziologického stavu zvířat v případech stresu, plodnosti, welfare, metabolismu, detekce zdraví a onemocnění. Použití infračervené termografie v živočišné výrobě je inovativní, nízkonákladové, rychlé, účinné a poskytuje důležité informace bez nutnosti fyzického kontaktu se zvířaty. I když je citlivá při zjišťování změn teplotních vzorků zvířat, tato metodika nemusí být dostatečná k identifikaci jejích příčin.

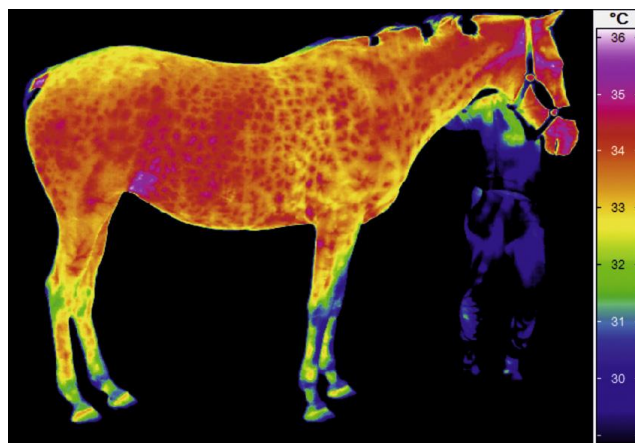
Pokud jde o fyziologické hodnocení, termografie se ukázala jako velmi užitečná při detekci teplotních změn určitých částí těla koně v určitých fyzikálních a environmentálních

podmínkách. Výsledky získané z těchto studií mohou být využity pro chov sportovního koně. Od tréninku za určitých environmentálních podmínek až po nezbytnou péči po něm. Dále bylo prokázáno, že rostoucí koně mají jinou termoregulační kontrolu než dospělí, tento výsledek by měl být vzat v úvahu při řízení období odstavu.

Schopnost termografie zjistit vývoj zánětu byla prokázána několika studiemi. Konkrétně jsme viděli, jak je tato technika schopna poukázat na vznik zánětu, zejména pokud jde o muskuloskeletální aparát, dříve než klinická vyšetření a jiné zobrazovací techniky. Další oblastí, ve které může být tato technika užitečná, je neurologie, kde se sleduje několik výzkumných studií s cílem porozumět tomu, jak lze termografii optimalizovat pro hodnocení neurologických stavů. Termografická metoda byla navíc účinnější v konkrétnějších aplikacích, jako je hledání zakázaných látek a při jezdeckých soutěžích nebo včasná diagnostika kostních úlomků a letní dermatitidy. Termografie je také užitečná ve farmaceutické oblasti jako prostředek pro hodnocení vazomotorických účinků způsobených použitím specifických látek, jako jsou kortikosteroidy (Radaelli et al., 2014).

### **3.1 Principy**

Ring a Howell (2009) uvádějí principy infračervené termografie pro zařízení a zajištění kvality. Tepelná kamera je zařízení, které zaostří infračervené záření na dvourozměrné pole detektorů, které poskytují elektrický výkon úměrný zjištěnému sálavému výkonu. Modifikovaná verze zákona Stefan-Boltzmann se pak používá k výpočtu teploty v každé části zorného pole a výstup je vyjádřen jako barva obrazu kódovaná pro teplotu známou jako termogram (obr. 1). Spolu s vizuální kontrolou mohou být termogramy zpracovány termografickým analytickým softwarem pro získání užitečných informací o teplotě z obrazu, jako je průměrná teplota v definovaných oblastech zájmu.



Obrázek 1: Infračervený termogram pravého bočního pohledu zdravého koně (Radealli et al., 2016).

Účinnost, se kterou povrch vyzařuje infračervené záření, se označuje jako jeho emisivita a teoreticky dokonalý emitor má emisivitu 1. Biologické materiály, jako je kůže a srst, mají obecně vysokou emisivitu, což činí tyto povrchy výkonnými infračervenými radiátory. Při kondiční termografii může nedostatek přesných znalostí o emisivitě povrchů koně omezit přesnost měření teploty. V praxi se však obvykle předpokládá, že emisivita je v rozmezí 0,98 až 1,0, což bude mít minimální vliv na přesnost teploty ( $<0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (McCafferty, 2007).

Teplo je generováno nepřetržitě tělem a je rozptýleno skrz povrch několika způsoby: radiací, konvekcí, vedením a odpařováním. Ve skutečnosti povrchová teplota je obecně o několik stupňů nižší než tělesná teplota. Obvykle je to o  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $9\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) chladnější než vnitřní teplota ( $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Povrchový ohřev je ovlivňován místním oběhem a tkáňovým metabolismem, který je obecně konstantní. Oblasti s vyšším metabolismem mají vyšší teplotu než oblasti s menší aktivitou tkáně. Žíly jsou obvykle teplejší než tepny, protože zajišťují odvod krve z metabolicky aktivních oblastí. Povrchové žíly zahřívají kůži více než povrchové tepny a žilní drenáž z tkání nebo orgánů s vysokou rychlostí metabolismu je teplejší než žilní drenáž z normálních tkání. Změny teploty povrchu jsou způsobeny změnami lokální perfúze. Cévnatost a její krevní zásobenění jsou základy reprezentace termografie; kůži pokrytým svalům se zvyšuje teplota během svalové aktivity a může být předpovězena struktura fyziologické termografické oblasti podle struktury jeho krevního řečiště.

Model oběhu a průtok krve diktují tepelný vzorec, který je základem pro termografickou interpretaci. Normální teplotní vzorec každé oblasti lze předpovědět na základě její vaskularity. Během svalové aktivity se také zvyšuje teplota pokožky pokrývající svaly. Na základě těchto zjištění lze učinit několik zobecnění týkající se tepelných modelů koně. Střední linie bude obecně teplejší. To zahrnuje záď, hrud', oblast mezi pánevními končetinami a podél břišní středové linie. Teplo oblasti nohou končetin má tendenci sledovat cesty hlavních tepen a žil (Soroko an Howell, 2016, Turner et al., 1986, Turner, 2003).

Teplo je také jedním z hlavních příznaků zánětu, protože zvýšený přívod krve způsobený zánětem vede ke zvýšení teploty. Trauma nebo tkáňové léze vždy způsobí změnu v cirkulaci a termografie dokáže rozpoznat horké místo, které je spojeno s místním zánětem, nebo zraněním, při kterém dojde ke snížení teploty způsobené venózní trombózou, reaktivním edémem, což je jev, který narušuje průtok krve. Poškozený orgán, který se chová jako skladiště krve bez průtoku, pak ztrácí teplo a je detekován jako bod nižší teploty. Tyto léze se objevují na termogramu jako tepelné ztráty a jsou často obklopeny samotným zvýšením teploty kvůli odklonu toku z poškozené oblasti do přilehlých oblastí. Pro krevní oběh v dané oblasti lze podle termogramu provést několik úvah. Proto budou poskytnuty cenné informace, aby klinik mohl zjistit diagnózu nebo alespoň provést fyziologické hodnocení (Kastberger, Stachl, 2003).

### **3.2 Pravidla správného měření**

Pro správnost získaných výsledků je důležité dodržet pravidla správného měření. Termografie je nejméně 10 krát citlivější než palpace lidské ruky při detekci změny teploty. Získané obrazy musí být dále zkoumány, aby se zjistily příčiny změn teploty. Vnitřní a vnější faktory mají významný vliv na teplotu povrchu těla. Správné využití termografie k vyhodnocení povrchových teplotních vzorců proto vyžaduje kontrolované prostředí a fyziologický stav koně, který může způsobit určitou variabilitu a tím vznik chyb v interpretaci. Proto byly ve veterinární praxi zavedeny standardy (Soroko et al., 2016).

Spolehlivá interpretace termografických odchylek závisí na důkladném pochopení normálního rozložení teploty na povrchu těla, pravděpodobného dopadu environmentálních faktorů a přísné dodržování zobrazovacích protokolů, aby se omezil jakýkoli vliv prostředí (Head a Dyson, 2001).

Je důležité, aby termografické obrazy byly správně zaostřeny, protože to nelze v softwaru při zobrazování opravit. Paleta barev a rozsah teplot zahrnutých v každém

termogramu lze obvykle měnit pomocí počítačového softwaru navrženého pro zpracování termogramů dodávaných s termo kamerou. Obvykle paleta barev "duha" umožňuje optimální interpretaci termogramů, přestože jsou k dispozici alternativní palety. Teplotní rozsah by měl být zvolen tak, aby zahrnoval celý rozsah teplot, který se vyskytuje u koně, a měl by být aplikován na každý obraz konzistentně, zejména při porovnávání kontralaterálních částí těla. Mělo by se zabránit automatickému nastavení teplotního rozsahu aplikovaného fotoaparátém pro každý snímek, protože neumožňuje uživatelské ovládání teplotní stupnice (Ring and Ammer, 2012, Soroko et al. 2016).

Soroko a Howell (2016) uvádí, že kůň připravený na termografické měření by měl mít čistou a suchou srst i kůži a měl by být ošetřen alespoň 1 hodinu před vyšetřením, aby se odstranily artefakty vyplývající ze změn povrchové emisivity. Podobně by měly být i nohy čisté, kartáčované s vybranými kopyty, aby se odstranila vnější kontaminace. Turner et al. (1983) dodávají, že zimní srst by mohla mást snímky. K vytvoření spolehlivých termografických obrazů se holení nevyžaduje, je však nutné, aby byla srst krátká, rovnoměrné délky a byla položena na pokožku, aby byla umožněna tepelná vodivost.

Deky by měly být odstraněny nejméně 30 minut před termografickým vyšetřením a všechny obvazy by měly být odstraněny nejméně 2 hodiny před zobrazením.

Termografické vyšetření by mělo být prováděno v uzavřených prostorech, v místech chráněných před slunečním zářením a za nepřítomnosti průvanu vzduchu. Obvykle se termografie ve venkovním prostředí nedoporučuje, protože dopad vnějšího prostředí poskytne nespolehlivé termogramy (Turner et al., 2001, Pavelski et al., 2015).

Minimální doporučená doba aklimatizace koně před měřením je 30 minut. Pokud je však kůň přepravován z extrémně chladného nebo horkého prostředí, bude vyžadována delší doba rovnováhy. Podle jiných autorů se termografický vzorec během aklimatizace výrazně nemění, ale čas potřebný k stabilizaci absolutní teploty povrchu těla je mezi 39 a 60 minutami. Hlavním faktorem ovlivňujícím tento čas, potřebný pro získání rovnováhy, je teplotní rozdíl mezi původním prostředím a teplotou, ve které mají být snímky získány (Pavelski et al., 2015; Palmer, 1983; Tunley and Henson, 2004).

Měla by být zaznamenána teplota a vlhkost prostředí uvnitř a vně vyšetřovací místnosti. Bylo zjištěno, že atmosférický tlak a vlhkost nemají významný vliv na teplotu distálního končetiny, ale je třeba se vyvarovat vysoké vlhkosti (Kameya and Yamaoka, 1968).

Současná literatura naznačuje, že termografické zobrazování koní by mělo být prováděno v místnosti bez průvanu. Cílem Westermann et al. (2012) bylo prozkoumat účinky proudění vzduchu na termograficky stanovenou teplotu předních končetin koní, vyhodnotit vztah rychlosti větru, rektální teploty, okolní teploty a vlhkosti. Byly naměřeny termografické snímky předních končetin 6 koní v místnosti bez průvanu. Poté byly provedeny tři měření s definovanými rychlostmi větru (R1, 0,5-1,0 m / s, R2, 1,3-2,6 m / s a R3, 3,0-4,0 m / s). Každé měření se skládalo z výchozího obrazu, fáze s větrem a fáze po vypnutí větru. Proudění vzduchu odhalili pouze pravou končetinu a stanovili termografickou teplotu s větrem a bez větru. Teplotní rozdíly mezi výchozím stavem a větrem, mezi větrem a bezvětřím s různými rychlostmi větru byly analyzovány. Po náporu větru se teplota v pravé přední končetině snížila za 1 - 3 minuty a to přibližně o 0,6 ° C při R1, 1,5 ° C při R2 a 2,1 ° C u R3. Po vypnutí větru se teplota zvýšila během 3 minut zase zpět přibližně o 1,2 ° C při R1, 1,7 ° C při R2 a 2,1 ° C u R3. Výsledkem tedy je, že s rostoucí rychlostí větru se výrazně zvýšily teplotní rozdíly mezi všemi kategoriemi. Dokonce i sotva znatelné změny rychlosti větru způsobily pokles nebo zvýšení termograficky stanovených teplot předních končetin koně. Další výzkum je zapotřebí k posouzení vlivu proudění vzduchu na jiné části těla a při různých teplotách okolí, stejně jako vlivu na koně se zánětlivými lézemi, zejména distálních končetin. Je nezbytné, aby odborníci prováděli termografie na koních v prostředí bez průvanu, aby se zabránilo falešně pozitivním nebo negativním diagnózám.

Podle Palmera (1983) má okolní teplota významný vliv na povrchovou teplotu distálních částí končetin. Při nízkých okolních teplotách dochází k poklesu krevního oběhu v distálních částech. Při okolní teplotě nad doporučeným rozmezím způsobuje vazodilatace všeobecné oteplení končetin a podporuje tepelné ztráty. Při vysokých teplotách dochází ke ztrátě kontrastu mezi koněm a pozadím a lokální zánět může být maskovaný. Mogg a Pollitt (1992) ukázali, že pro interpretaci účinků vazokonstrikčních činidel je doporučená teplota vzduchu > 20 ° C a pro studium vazodilatačních činidel by měla být teplota okolního vzduchu ideálně < 18 ° C.

Zobrazování by mělo být provedeno před aplikací nezbytných systémových nebo lokálních léků. Protizánětlivé léky, regionální a lokální anestezie, sedace a uklidňovací látky by měly být vyloučeny z důvodu jejich vlivu na povrchovou perfuzii. Kůň by neměl absolvovat žádnou fyzikální terapii do 24 hodin před termografickým vyšetřením a během předchozího týdne by neměl prodělat v oblasti vyšetření akupunkturu. Pokud se neobjeví specifický zájem,

vyvarujte se zobrazování oblastí s blokadí kloubu, kožními lézemi, jako jsou jizvy nebo puchýřky nebo chirurgicky pozměněné oblasti (Westermann et al., 2013, Turner, 1991, Soroko and Howell, 2016, Palmer, 1981).

Poznámky k termografickému vyšetření by měly zahrnovat věk, pohlaví a plemeno koně, typ výkonnosti a intenzitu výcviku, který kůň absolvuje a také informace o padnutí sedla. Je zapotřebí také anamnéza, včetně výsledků dalších veterinárních vyšetření, jako je radiografie, ultrasonografie a palpace. To je klíčové, protože mnoho zranění pohybového ústrojí může být detekováno termografií nejen v akutním nebo chronickém, ale i v subklinickém stadiu (Vaden et al., 1980).

Termografické vyšetření koně pro veterinární diagnózu by mělo začít z laterálního pohledu celého těla a z obou stran za předpokladu, že rozlišení tepelného snímače je dostatečně vysoké, aby poskytlo dostatečné podrobnosti na termogramu. Všechny čtyři končetiny by měly být rovnoměrně zatíženy a laterální a mediální pohledy distálních částí končetin by měly být viditelné z obou stran. Vzdálenost mezi koněm a kamerou by měla být přibližně 7 m. Obraz celého těla pomáhá při nastavení teplotní stupnice pro pozdější snímky a udává celkové rozložení teploty koně. Takový obraz však nemusí být vhodný pro detekci jemných teplotních rozdílů spojených se specifickými patologiemi (Eddy et al., 2001; Soroko and Howell, 2016).

Obrazy distálních částí předních a zadních končetin by měly zahrnovat dorzální, palmární / plantární, laterální a mediální aspekty. Vzdálenost mezi kamerou a koněm by měla být nastavena na 1,5 - 2 m. Kontralaterální končetiny zobrazené společně pro palmární nebo dorzální aspekty v jednom termografickém obraze by měly být umístěny vedle sebe a koně by měli stát rovně s minimální laterální a mediální rotací. Pokud existuje podezření na patologii muskuloskeletu, termogramy by měly rovněž zahrnovat laterální horní část hrudní a pánevní oblasti a také laterální část krku, hlavy a trupu a to z obou stran. Vzdálenost mezi kamerou a koněm pro tyto části těla by měla činit asi 3 metry (Van Hoogmoed and Snyder, 2002; Soroko and Howell, 2016; Turner, 1996).

Soroko a Howell (2016) zdůrazňují, že stejná vzdálenost pro snímání kontralaterálních částí těla zaznamenaných v samostatných snímcích je zásadní pro správné porovnání levé a pravé strany. Nekonzistentní zobrazovací vzdálenost může ovlivnit měření teploty v důsledku odchytky objektivu a rozdílů v počtu pixelů, které zahrnují měřenou oblast. Chcete-li zachovat konzistentní vzdálenost mezi kamerou a koněm, označte na podlaze polohu kamery

a koně. Úhel pohledu také ovlivňuje zaznamenanou teplotu; kdykoli je to možné, by regiony podléhající termografickému vyšetření měly být přibližně kolmé k ohniskové rovině tepelné kamery. Westermann a kol. však doplňují informaci, že termograficky stanovené povrchové teploty přední končetiny nebyly ovlivněny změnami úhlu kamery až na 20 °.

Thorakolumbární a křížové části hřbetu by měly být zobrazeny z dorzálního pohledu z výšky přibližně 2 m a ve vzdálenosti 1,5 m. V případě potřeby lze získat zblízka obrazy oblastí, které nás zajímají z různých aspektů. Opakované kontroly podezřelých oblastí mohou poskytnout spolehlivější informace (Von Schweinitz, 1999; Turner, 1991).

### **3.3 Nástroje**

Dyson a Head (2001) publikovali, že moderní termografické kamery detekují infračervené záření a nedávné pokroky způsobily, že jsou skutečně přenosné (nevyžadují chlazení). Termografické kamery pro veterinární účely jsou nyní vyráběny a zaměřeny konkrétně na veterinární trh.

Soroko a Howell (2016) uvedli několik bodů, kterými se ideální termo kamera vyznačuje. Je přenosná a robustní, protože bude použita v náročných prostředích. Má vysoké prostorové rozlišení, protože termografie velkých zvířat se často provádí ve vzdálenosti několika metrů od subjektu. Vysoké rozlišení umožňuje maximální obrazové detaily a to znamená více pixelů, které jsou zahrnuty v analýze konkrétních oblastí zájmu. Cenově dostupný vstupní snímač může mít velikost pole detektoru 320 x 240 pixelů. Dokonalý detail obrazu lze získat pomocí modelu 640 x 480 pixelů. Má vysokou teplotní citlivost, což je vlastnost, která popisuje nejmenší teplotní rozdíl, který může tepelný snímač zachytit mezi dvěma body v obraze. Mnoho moderních přenosných kamer má tepelnou citlivost <0,05 ° C. A její tepelný snímač by měl procházet průběžným programem zajištění kvality, který zajistí, aby jeho výstup zůstal přesný podle specifikací výrobce a opakovatelný. Tento postup by měl být proveden alespoň jednou ročně výrobcem kamery.

Dále zmínili, že zobrazovací techniky jsou rozděleny do dvou kategorií, anatomické a fyziologické. Termografie patří do druhé skupiny fyziologických technik, protože je schopná detekovat metabolickou aktivitu, čímž poskytuje dynamický obraz v reálném čase zkoumaného objektu. Tepelné snímky jsou získány infračervenými kamerami. První přístroje používaly specializované kapalně krystalové prvky, které měnily velikost při kontaktu se zdrojem tepla. Protože jejich schopnost odrážet světlo byla ovlivněna jejich strukturou, mohli jsme ohodnotit



teplotu podle barvy, která se odrážela v různých krystalech. V současné době se používají nové kamery s neochladitelnými čidly a jsou přenosné, čímž dosahují významných praktických výhod.

Infračervený detektor měří intenzitu infračerveného záření; tento signál je pak převeden do elektrické formy katodou, která vytváří obraz zkoumaného objektu. Intenzita infračerveného záření je převedena do stupní šedi a poté pomocí speciálního softwaru je termografický obraz zpracováván a produkován ve falešném barevném měřítku (Kastberger and Stachl, 2003).

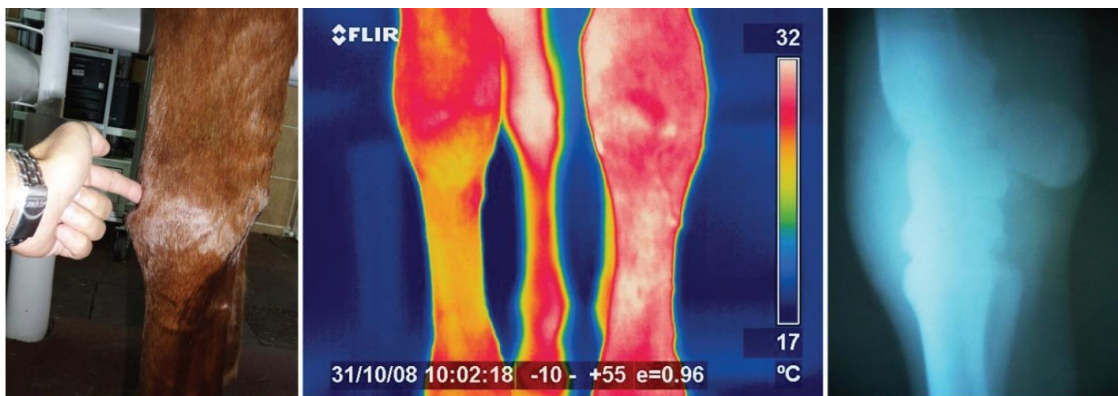
Nedávné vylepšení technologie tepelných kamer, tzn. vyšší prostorové rozlišení, lepší teplotní přesnost a lepší software pro analýzu obrazu, umožňují získání dobrých kvantitativních dat. Moderní termografie umožňuje přesnou kvantifikaci povrchové teploty pokožky z uživatelsky definovaných oblastí zájmu, ale omezení mnoha raných studií o teplotě končetiny je jejich kvalitativní nebo částečná kvantitativní povaha (Soroko et al., 2017).

## **4 Ostatní zobrazovací techniky v chovu koní**

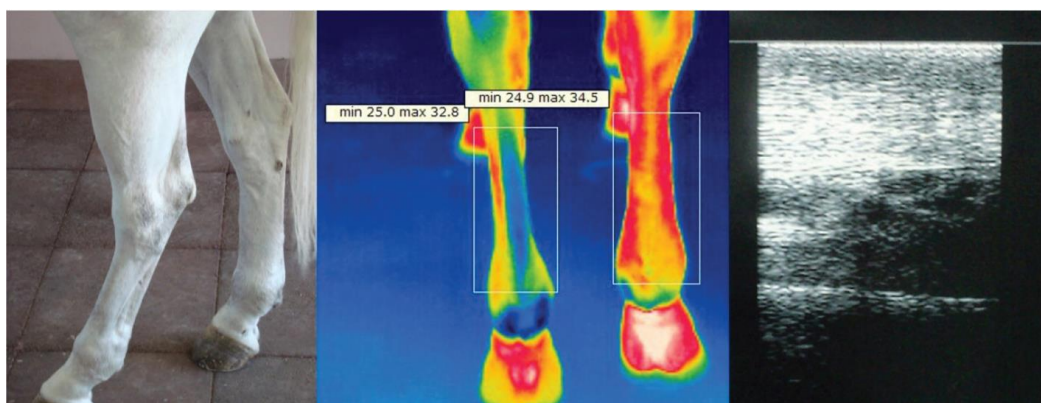
Jak již bylo řečeno, zobrazovací techniky spadají do dvou kategorií, anatomické a fyziologické zobrazování. Anatomické zobrazování, jako je rentgenografie, ultrasonografie, počítačová tomografie a zobrazování pomocí magnetické rezonance, s moderním vybavením a digitalizací, produkují vysoce kvalitní a vysoce detailní obraz o vlastnostech tkání. V případě skeletárního zobrazování jsou tyto informace často základním kamenem diagnostiky, avšak v některých případech mohou poskytnout pouze záznam o tom, co se stalo v minulosti. Fyziologické zobrazování na druhé straně umožňuje operátorovi "vidět" činnost v konkrétních tkáních. Nukleární scintigrafie se běžně provádí u koní, nejčastěji s použitím intravenózního technecia pro diagnostiku kostí a méně často měkkých tkání. Občas u koní, ale častěji u malých zvířat a lidí, je jaderná scintigrafie použita pro hodnocení celé řady tkání, od mozku, plic, jater, ledvin, štítné žlázy, srdce a spoustu dalších (Dyson a Head, 2001).

S tímto vyvstala otázka, k čemu se každá tato zobrazovací technika hodí a k čemu může být nejužitečnější.

Çetinkaya a Demirutku (2012) ve své studii porovnávali diagnostické výsledky termografie, ultrasonografie a radiografie. Výsledkem bylo, že počítačový software infračervené termokamery prokázal zvýšenou lokální teplotu o 0,5 - 1,5 ° C mezi srovnávanými normálními a podezřelými oblastmi v případě akutních případů. Avšak v chronických případech nebyly s její pomocí detekovány žádné místní teplotní rozdíly. To bylo pravděpodobně kvůli skutečnosti, že povrchová teplota se v případě chronického kulhání stala normální. Radiografie byla také užitečná metoda pro diagnostiku kulhání, ale nepomohla k diagnóze ústřelů. Ultrasonografické zobrazování podezřelých oblastí bylo užitečné pro případy společného výskytu náplně kloubu a tendonitidy (obr. č. 3). Naproti tomu nebylo užitečné pro diagnostiku ústřelů, infekce pojivové tkáně nebo případů osteoartrózy kyčelního kloubu.



Obrázek 2 Klinický, termografický a radiografický obraz koně s kloubním výpotkem karpálního kloubu po cvičení (Çetinkaya and Demirutku, 2012).



Obrázek 3 Klinické, termografické a ultrasonografické zobrazení koně s akutní tendonitidou ohybače prstu (Çetinkaya and Demirutku, 2012).

S jinými zobrazovacími metodami pracovali ve své studii také Douthit et al. (2014). Cílem bylo, zhodnotit korelaci mezi teplotou povrchu kopyta a ultrasonografickými měřeními digitálních krevních cév a průtoku krve skrze ně u koní a vyhodnotit potenciál měření jako prediktora klinického kulhání. Výsledkem však bylo, že byla zjištěna jen malá korelace mezi těmito jednotkami. Tato malá korelace mohla být způsobena provozovatelem, stejně jako variabilita způsobená environmentálními efekty.

Dalšími, kteří porovnávali různé zobrazovací techniky, byli Vaden et al. (1980). Jejich vědecká práce se zaměřila na termografické a radiografické hodnocení hlezna u koní aktivně sportujících. Teplotu hlezenního kloubu měřili před a po tréninku. Termografické obrazy zdravých koní, které byly pořízeny před cvičením, odpovídali normální tarzální vaskulatuře. Obrazy pořízené po cvičení naznačovaly oteplovací trend, ale nárůsty byly stejné. Abnormální tepelné vzorce byly lokalizovány a neodpovídaly normálnímu podkladovému vaskulárnímu rozdělení.

Z dvaceti koní úspěšně sportují pouze čtyři, další 4 byli příliš pomalí a všichni z nich měli termografické nálezy na hleznu. Pouze jeden kůň z těchto dvaceti klinicky kulhal a jeho pravé hlezno vykazovalo termografický nález stejně jako radiografický. Zbývající koně byli z tréninku vyřazeni z jiných důvodů. Výsledkem této studie je, že většinu problémů v tarzálním kloubu nebylo možné diagnostikovat radiograficky, nýbrž pouze termograficky.

## **5 Termografie v léčbě koní**

Existuje několik způsobů jak termografii využít. Jednou cestou je použití termografie jako diagnostického nástroje. V tomto případě se tato technika používá jako diagnostický zobrazovací nástroj, kde má význam jak zvýšení, tak pokles teploty. Termogram označuje oblast zájmu, kde mohou být k dokončení analytického rámce použity jiné diagnostické techniky, jako je ultrasonografie nebo rentgenografie (Arruda et al., 2011).

Druhý způsob využití této techniky je v programu hodnocení dobrých životních podmínek zvířat, protože variace teploty pokožky způsobené periferní vazokonstrikcí závisí na fyziologickém a emočním stavu zvířete (Fleischmann et al., 2009).

A dalšími jsou například využití při sledování dalších klinických postupů, jako je použití některých léků, šoková terapie a hodnocení kostních úlomků a nakonec i v antidopingových programech (Erber et al., 2012).

Ukázala se také jako užitečný nástroj pro diagnostiku interakční asymetrie sedel (Arruda et al., 2011).

Může být využita pro chov sportovního koně, od cvičení za určitých environmentálních podmínek až po nezbytnou péči po tréninku (Radaelli et al., 2014).

## 5.1 Končetiny

Zánět kloubů vytváří charakteristické teplotní vzorce. Nejlepší pohled pro studium většiny kloubů je dorzální. Obvykle je normální kloub v porovnání s okolními strukturami chladnější. Výjimkou tohoto pravidla je hlezno, které má vertikální horkou skvrnu z mediálního aspektu, který odpovídá velké skryté žíle. Teplota kloubu se zdá být spojena s mnoha faktory. Příkladem je chronicita problému, čím chroničtější je problém, tím je teplo méně intenzivní, stupeň synoviálního postižení, skutečné množství poškození chrupavky a nakonec přítomnost nebo nepřítomnost osteochondrálních fragmentů. Tyto faktory mají komplikovanou interakci a všechny ovlivňují zánětlivou odezvu teploty kloubu.

Bylo prokázáno, že tepelné modely kloubů se změnily dva týdny před nástupem klinických příznaků kulhání. Tímto způsobem může být termografie použita k podpoře výcviku a pomáhá předcházet vážným zraněním. Tím, že se objeví záněty dříve, než se objeví klinické příznaky, mohou být tréninkové programy změněny, aby se snížila zátěž na zanícené oblasti a zabránilo tak vážnému zranění (Vaden et al., 1980; Turner, 2003).

Termografie má menší význam při diagnostice nejčastějších problémů s dlouhými kostmi. Vzhledem k tomu, že termografie vyhodnocuje teplotu pokožky, kost musí být v relativně blízkém kontaktu s kůží, aby byla ovlivněna její teplota. V důsledku toho nemohou být přesně vyhodnoceny termografií kosti, které jsou silně pokryty svaly. Z běžných problémů s dlouhými kostmi koní se termografie nejlépe využívá k hodnocení šimbajnu nebo stresových zlomenin kosti vřetenní a holenní (Goodman et al., 1985; Turner, 2003).

Využívá se však k hodnocení šlach. Tepelné modely normálních flexorových šlach jsou si vzájemně symetrické. Nejnižší teplota je soustředěna na plantární aspekt šlach a oblasti v blízkosti karpálního a spěnkového kloubu jsou přibližně o 1 ° C teplejší. Akutní tendinitida způsobuje horké místo nad místem zranění šlachy. Skvrna může být obvykle demonstrována

až dva týdny před fyzickým důkazem otoku a bolesti kolem šlachy. S touto vylepšenou schopností detekce lze identifikovat léze s potenciálně klinickým významem a lze provést úpravy ve výcvikovém protokolu, aby se zabránilo dalšímu poškození šlachy. I když se šlacha léčí a její termogram se stává chladnějším, je oproti zdravé šlaše stále teplejší (Stromberg, 1973; Stein et al. 1988; Turner, 2003).

Poranění šlach je termograficky velmi podobně jako poranění vazů. Můžeme očekávat, že horké skvrny budou také soustředěny nad zraněnou oblastí. Výjimkou jsou některá poranění metakarpu. Dorzální obraz zraněné nohy ukazuje ohniskovou horkou skvrnu nacházející se v blízkosti metakarpální kosti. Klinicky je termografie nejužitečnější, když se snažíme zjistit, jestli je teplo spojené s citlivostí vazů. Citlivost vazů může být často palpována, avšak klinický význam může být sporný, termografie může určit, zda mezi horkostí a citlivostí (Turner 2003).

### **5.1.1 Proximální končetina**

Termografie může mít svou největší klinickou aplikaci při hodnocení jednotlivých svalových poranění, která jsou obtížně diagnostikovatelná. I když zvýšení hladiny svalového enzymu nespecificky naznačuje poškození svalů, může být obtížné určit jeho specifické poškození. Termografie nabízí dva typy informací důležitých při hodnocení poranění svalů. Nejprve může nalézt oblast zánětu, která je spojena se svalem nebo svalovou skupinou. A druhý je, že ilustruje atrofii ještě předtím, než se objeví klinicky.

Zánět svalů se nejčastěji objevuje termograficky jako horká skvrna v kůži přímo nad postiženým svalovým svazkem. Ve vzácných případech se objeví otok. Ten je natolik závažný, že brání prokrvení svalů. V tomto případě bude zraněný sval termograficky viděn jako chladný bod. Termografické hodnocení svalů musí být provedeno z párových vzorků, což je srovnání pravé a levé strany. Tyto porovnávané snímky by měly být téměř totožné. Konzistentní odchylky ze strany na stranu znamenají poškození svalů. Nejčastější příčinou zánětu svalů je svalové přetížení (Turner, 1989; 2003).

Diagnóza kulhání může být velice frustrující, když se zdroj bolesti nachází v horní části nohy a není spojen se synoviální strukturou. Nebo když je kulhání příliš jemné k použití diagnostických analgetických injekcí, pokud pacient není schopen tyto injekce snést, nebo když je těžké problémy lokální analgetickou injekcí eliminovat. Tyto případy obvykle vyžadují

od praktického lékaře, aby ošetřoval koně symptomaticky nebo provedl další diagnostické techniky, aby se pokusil určit možné oblasti zranění. Termografie je jedna z těchto technik.

Výsledkem jedné ze studií bylo že, příkladem využití je vyšetřování problémů předních končetin, tj. 45 z 254 případů (18 %). Nejčastější problémy předních končetin byly nalezeny nad velkými svalovými masami a myšlenkou bylo, že důvodem jsou svalová přetížení, nebo záněty svalů. V horní části přední končetiny byly nejčastější oblasti teplotní asymetrie nalezeny u svalů prsních nebo dvojhlavých svalů pažních. Dalším případem využití, ve kterém byla nejčastěji používána, je hodnocení koní s kulháním od zad nebo zadních končetin, tj. 151 z 254 případů (59 %).

V horní části zadní nohy byly běžně pozorovány abnormální teplotní modely tří odlišných oblastí, kraniální oblasti stehna, kaudální oblasti stehna a oblasti zádě. V kraniální oblasti stehna byly zřetelné horké skvrny spojené se svalovinou kvadricepsů, která se nacházela těsně u upnutí na patelu.

V každém z těchto případů následně našli důkaz poškození svalů pomocí ultrasonografie. Termografie kaudální oblasti stehna ukázala několik společných oblastí nadměrného tepla. Nejběžnější byl u spojení svalu a šlachy pološlašitého svalu. Zranění v oblasti zádě zahrnovaly horké skvrny přes bederní oblast, přes křížovokyčelní kloub, přes tělo hýžděvého svalu a přes třetí chocholík. V těchto případech byla použita ultrasonografie k charakterizaci svalových křečí (zvýšená echogenicita/ odrazivost v porovnání s opačnou stranou), zánětu nadtrnového vazy a zánětu křížokyčelního kloubu. Zánět povázky byl diagnostikován v jednom případě na základě biopsie svalů. Při hodnocení koní termografie naznačila, že oblasti s dlouhým svalstvem a hýžděvými svaly vykazovaly nejvíce intenzivní teplo.

Posledním nejčastějším použitím termografie, které se objevilo ve výsledcích této studie, bylo zhodnocení výkonnosti nebo při koupi, tj. 58 z 254 případů (23 %). V tomto případě byli koně vyšetřeni, aby se zjistilo, zda by mohla být nalezena nějaká oblast zánětu, která by znamenala snížení výkonu nebo změnu chování koně při práci.

Závěrem Turner uvádí že, termografie poskytla významné informace o 218 z 254 (86 %) vyšetřovaných koní. Změny teploty byly zjištěny buď jako horké nebo studené skvrny. Termografický obraz byl velmi užitečný při lokalizování oblasti poranění, ale neoznačil specifickou povahu nebo etiologii poranění. V oblasti předních končetin byla termografie

nejužitečnější, ze 254 zkoumaných koní mělo 152 termografický důkaz poranění (Turner, 1998).

### 5.1.2 Distální končetina

Soroko et al. (2013) provedli studii, která byla provedena za účelem stanovení specifické prahové hodnoty změny teploty indikující subklinický zánět dolních částí koňské končetiny. Studie zahrnovala sledování 20 závodních koní po dobu 10 měsíců. Koně byli rozdělení do dvou skupin. První skupina koní trpěla diagnózou klinické tendinitidy ohýbače prstu, přetížení šlach, mechanické zranění třetí metakarpální oblasti a šimbajny.

Onemocnění zvané šimbajny je rozříděno do tří stupňů. První stupeň je charakterizován bolestí při palpaci metakarpu, ale nelze radiograficky identifikovat důkazy kostní patologie. Druhý stupeň je charakterizován bolestí metakarpální kosti, ale existují radiografické důkazy o kostním svalku. A konečně, třetí stupeň je charakterizován bolestmi metakarpální kosti a radiografickým důkazem stresové nebo únavové fraktury. Stupeň druhý a třetí může být nerozlišitelný a radiografické potvrzení stresové fraktury nemusí být možné po dobu dvou až tří týdnů. Teplotní odchylky mezi těmito dvěma typy je mohou pomoci odlišit dříve než rentgenové snímky. Onemocnění stupně prvního a druhého je charakterizováno horkými místy, které se nacházejí na přední hraně metakarpu. Tato místa jsou obvykle o 1 - 2 ° C teplejší než okolní tkáň. Naproti tomu, horké skvrny onemocnění třetího stupně nejsou umístěny v centrální poloze, jsou naopak vidět z laterálního a mediálního pohledu. Tyto oblasti jsou typicky o 2 - 3 ° C teplejší než okolní tkáň. Jak již bylo uvedeno výše, termografické změny typicky předcházejí radiografickým změnám o dva týdny (Nordwood et al., 1982; Stromberg, 1974; Turner, 2003).

Teploty třetí metakarpální oblasti byly měřeny každé tři týdny, což umožnilo zjistit průměrné teplotní rozdíly mezi stejnými oblastmi předních končetin z dorzálních a palmárních aspektů při každém měření. Navíc byla provedena ultrasonografická a radiografická standardní vyšetření palmární části předních končetin, aby se diagnostikovaly jakékoli patologické stavy. Pro určení prahové hodnoty teplotního rozdílu byla použita metoda charakteristiky křivky přijímače, založené na termografických vyšetřeních stejné měřené plochy u dvaceti koní. Prahová hodnota teplotního rozdílu indikujícího subklinický zánět byla zjištěna jako 1,25 ° C. Tato teplota byla charakterizována vysokou specifičností (0,95 %), což umožnilo identifikovat 5 % zraněných koní ve skupině nezraněných koní (Soroko et al., 2013).

Tým Michelotto et al. (2016) se ve své vědecké práci také věnovali studiu šimbajňů, jako nejčastějšího problému omezujícího výkon, který postihuje závodní koně. Tato studie měla za cíl zjistit, zda infračervená termografie může předpovědět klinické projevy tohoto onemocnění u těchto koní. Metakarpální teplota během studie kolísala. Největší nárůst vykazovala v týdnu po cvalovém tréninku. Nevykazovali však žádné klinické příznaky a trénovali pravidelně. Jejich zjištění tedy naznačují, že šimbajny se mohou vyskytnout tiše, začínají v raných fázích tréninku a že termografie je velmi citlivá technika pro jejich predikci. Dokonce, i když klinický lékař provádí rutinní sledování závodních koní, muskuloskeletální palpaci se nevykonává každý týden, proto se rané postižení může přehlédnout.

Soroko et al. (2017) se ve své vědecké práci také zabývali předními končetinami. Konkrétním cílem bylo popsat závislost teploty distálních částí přední končetiny závodních koní na teplotě okolního prostředí a vliv rozdílných teplot okolí na teplotní rozdíl mezi klouby.

Výsledek studie potvrdil, že okolní teplota a absolutní teplota kloubu spolu korelovaly. Teplotní gradienty mezi klouby uvnitř stejné končetiny byly také korelovány s teplotou okolí. Rozložení teploty mezi předními končetinami zdravých koní bylo v průměru symetrické. Podle Soroko et al. (2013) je termografie citlivá na subklinický zánět, proto nemůžeme vyloučit možnost, že některá z extrémně vyšší teplotní asymetrie jím byla způsobena. Žádný z kloubů vyhodnocených během studie neměl v době zobrazování žádné klinicky zjevné abnormality. Teplotní rozdíly mezi karpem a spěnkovým kloubem byly nejmenší, když byly měřeny z dorzálního aspektu. Naopak největší teplotní rozdíl byl zaznamenán z mediálního a laterálního aspektu.

Vaden et al. (1980) a Turner et al. (1998) doplňují, že to je pravděpodobně způsobeno s vaskulární anatomii distální končetiny. Tepelné obrazy laterálního a zejména mediálního aspektu končetin odhalují mnohem více detailů vaskulatury končetin než přední strana. (obr. č. 4, 5) To znamená, že povrchová teplota měřená z laterálních a mediálních aspektů pravděpodobně bude více ovlivněna vazomotorickými změnami, než je teplota dorzální plochy končetiny. Dorzální a palmární / plantární aspekty končetin jsou relativně chladné, protože jsou umístěny mimo hlavní krevní cévy. Nízké okolní teploty mohou vést k periodické kožní vazodilatační činnosti v končetinách. Mogg a Pollitt (1992) uvádějí při nízkých okolních teplotách asymetrii distálních končetin a Webbon (1978) naznačuje, že tato asymetrie je snížena při vyšších okolních teplotách. Období zvláště rychlé změny teploty okolí mohou způsobit termoregulační aktivitu, která by mohla způsobit atypická měření teploty v distální

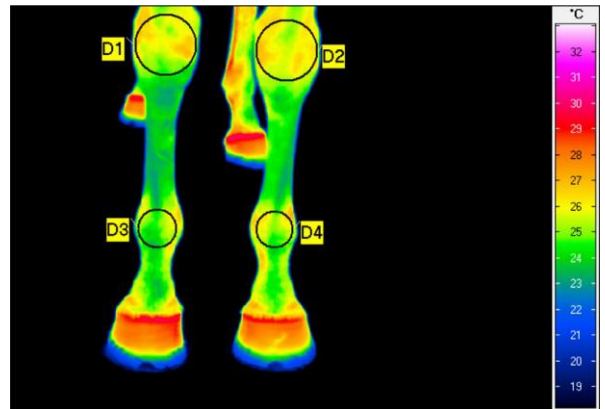


končetině. Je zapotřebí více výzkumu, aby se zjistilo, jak lze překonat omezení vazomotorickou aktivitou (Soroko et al., 2017).

Jejich výsledky potvrzují potřebu zohlednit vliv okolní teploty na termografii distální končetiny koní. Při jakékoliv okolní teplotě by měla být asymetrie kloubních teplot větší než několik desetin stupňů Celsia považována za potenciálně patologickou, zvláště pokud zjištění přetrvává na opakovaném měření. Jeden z důležitých poznatků je, že dorzální aspekt předních



Obrázek 5 Termogram laterálního aspektu levé končetiny a mediálního aspektu pravé končetiny (Soroko et al., 2017).



Obrázek 4 Termogram dorzálního aspektu distální části přední končetiny (Soroko et al., 2017).

končetin se jeví jako nejlepší volba pro většinu výzkumů, protože při jeho použití neprokázali žádnou závislost na okolní teplotě (Soroko et al., 2017).

Purohit a McCoy (1980) provedli k vyhodnocení využití termografie u koní třífázovou studii. V první fázi bylo šest koní vyšetřeno termograficky před a po cvičení k určení normálního teplotního modelu. Ve druhé fázi bylo zkoumáno termograficky devět koní s akutními a chronickými zánětlivými procesy. Ve třetí fázi byla použita termografie pro hodnocení účinnosti protizánětlivých léků na chemicky vyvolané zánětlivé reakce.

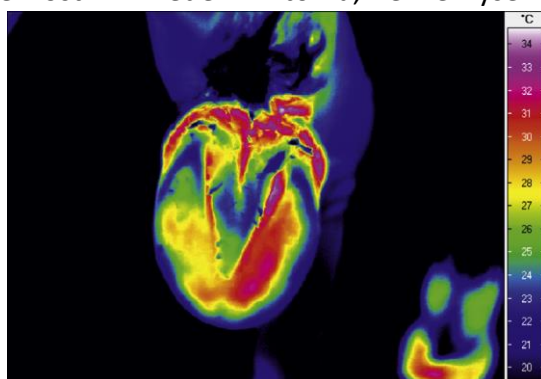
Výsledkem bylo, že všichni normální testovaní koně měli podobné infračervené emisní modely. Teplejší oblasti termogramu měly tendenci sledovat hlavní cévní struktury. Korunkový okraj byl nejteplejší oblastí nohy. Zvýšení tepla v důsledku cvičení podstatně nezměnilo normální termografický vzorec. Použití termografie v klinických případech úspěšně odhalilo subluxaci třetího bederního obratle, absces, zánět okostice, laminitidu, artritidu kolenního kloubu a tendinitidu. Termografie byla účinná při kvantitativním

a kvalitativním hodnocení protizánětlivých sloučenin při léčbě chemicky indukovaného zánětu.

### 5.1.3 Kopyta

Termografie kopyta může posoudit asymetrické zatížení končetiny. Po klusání na tvrdém povrchu může zvýšení teploty znamenat, která strana kopyta má největší zátěž. Nicméně, mediolaterální nerovnováha v kopytech může být kvantifikována pouze radiografií (Weil et al., 1998).

Termografie je také vynikající metodou pro hodnocení pacienta s podotrochlózou. Nikdy nebyl identifikován konzistentní termální vzorec spojený s těmito případy, ale dokázali charakterizovat snížený průtok krve do kopyta a identifikovat tepelné modely namáhání spojené s nevyvážeností kopyt. Termografie je jednou z mála metod, jak snadno stanovit průtok krve do oblasti nemocného kopyta. Pro posouzení toku krve je noha termograficky hodnocena před a po námaze. Normální kopyto zvýší po cvičení svoji teplotu o 0,5 ° C, ale asi u 50% koní s podotrochlózou se zvýšení teploty kopyta vůbec neobjeví kvůli sníženému průtoku krve. To je v ostrém kontrastu k jiným ohniskovým zánětlivým stavům kopyt, jako jsou abscesy (obr. č. 6) nebo zlomeniny, které jsou charakterizovány ohniskovými oblastmi zvýšené teploty. Selhání zvýšení teploty koreluje s radiografickým důkazem zvětšení vaskulárního otvoru ve střílkové kosti. Vzhledem k tomu, že nezvýšení teploty pokožky po cvičení je



Obrázek 6 Infračervený termogram chodidla levého kopyta.

Absces na pravé straně chodidla (Soroko and Howell, 2016).

důsledkem nízkého průtoku krve, může být zvětšený vaskulární otvor spojen se stavem nízkého průtoku krve (Turner et al., 1983; 2003; Weil et al., 1998).

Indický tým uvádí, že znalosti o vaskulárních otvorech střílkové kosti se tak stávají důležitými pro ortopedické a cévní chirurgy. Zlepšené poznatky o vaskulatuře a otvorech, skrze

jež prochází, pomáhají pochopit různé faktory, které hrají významnou roli ve vývoji osteonekrózy střílkové kosti (Prathapamchandra et al., 2017).

Nejteplejší oblastí nohy je obvykle korunkový okraj a z tohoto důvodu může být obtížné zánět v této oblasti zjistit. Kopyto by mělo být termograficky srovnáváno několika způsoby. Ideálně by měla být srovnávána všechna čtyři kopyta. V případech, kdy jsou zahrnuty všechny čtyři nohy, je třeba provést srovnání teploty kopyta s teplotou oblasti mezi patkovými valy. Rozdíl větší než 1 ° C mezi kteroukoli ze čtyř končetin je pokládán za potencionálně patologický (Turner, 2003; Purohit et al., 1980).

Termografie může být velmi prospěšná při diagnostice i léčbě laminitidy. Laminitida je charakterizována zánětem laminárních struktur kopyta. Změna tepelného modelu kopytní stěny je užitečná při jejím rozpoznávání. Jak již bylo poznamenáno korunkový okraj je obvykle o 1 - 2 ° C teplejší než zbytek kopyta. Jak se kopyto začíná přibližovat k jeho teplotě, naznačuje to zánětlivý problém. Termografie může být velmi prospěšná při rekonvalescenci kontralaterální končetiny ke zraněné končetině, která díky laminitidě nese mnohem větší zátěž než normálně. Umožňuje tak detekovat zánět v kontralaterální končetině předtím, než je zřejmý, Preventivní léčba proto může být zahájena dříve v průběhu onemocnění a doufejme dokonce dříve, než je postižení nevratné (Turner, 2003).

Weil et al. (1998) ve své studii termograficky měřili distální část předních končetin zahrnujících i karpus koní, kteří vykazovali klinické kulhání. Teplotní rozdíly odpovídajících oblastí obou předních končetin byly statisticky vyhodnoceny. U koní prostých kulhání byla teplota obou končetin kolaterálně symetrická a nebyl mezi nimi žádný významný teplotní rozdíl. Stejně tak u koní s laminitidou nebo zánětem okostice. Mírný teplotní rozdíl ve srovnání se zdravými koňmi byl v případě, kdy kůň trpěl podotrochlózou, tendopatií (onemocnění šlach vlivem přetížení) a pododermatitidou. Největší rozdíl však vykazovali koně se zlomeninou kopytní kosti nebo artropatií.

Teplotu kopyt zahrnovala i studie Douthit et al. (2013), jejíž cílem bylo posoudit korelaci mezi teplotou povrchu kopyta a ultrasonografickými měřeními digitálních cév u koní a vyhodnotit potenciál měření jako prediktory klinického kulhání. Dopplerova ultrasonografie byla použita k měření průměru střední palmární tepny v distální části levé přední končetiny a rychlosti proudění krve přes tuto tepnu. Velmi vysoká vzájemná korelace mezi rychlostí průtoku krve a teplotou kopyta ukazuje, že teplota kopyta může být použita

k předpovídání rychlosti průtoku krve na úrovni koně. Nebyla však zjištěna žádná významná souvislost mezi rychlostí, průměrem, objemem, teplotou a kulháním.

## 5.2 Oblast hřbetu

Poranění páteře, jako jsou luxace, subluxace a zlomeniny, mohou být vyšetřena termografií. Mnohá z těchto poranění jsou nediodagnostikovatelá nebo je diagnóza zpožděná, protože radiografie koní je obtížná a může vyžadovat celkovou anestezii. Termografie poskytuje zřetelnou výhodu, protože se nejlépe provádí na stojícím zvířeti a v podezřelých případech může být použita jako obecný screeningový test k určení, zda je žádoucí radiografie pod anestézií. Zranění obratlů jsou charakterizována buď horkými, nebo studenými skvrnami, podle výskytu otoku.

Termografické vyhodnocení hrudních, bederních a křížových obratlů se provádí z pohledu shora. Měření z levé a pravé strany se používají k hodnocení krčních obratlů. Úrazy se obvykle nacházejí podél středové čáry a tepelná oblast přímo odpovídá zranění. Studené skvrny mohou naznačovat novější zranění související s výrazným otokem (Stromberg, 1974; Turner, 2003).

Jeden z týmů vědců ve své studii zkoumal spolehlivost, opakovatelnost termografického vyšetření a normální termografický obraz torakolumbární oblasti koně. Jejich cíli bylo prozkoumat, zda je vyžadována rovnováha teploty termografického subjektu a pokud ano, jak dlouho by měla trvat, jaké faktory ovlivňují čas k jejímu vyrovnání. Ověřit opakovatelnost a spolehlivost techniky a získat topografickou termografickou mapu torakolumbárního regionu.

Tato studie ukazuje, že koně nepotřebují čas k vyrovnání před termografickými snímky, což jiné studie vyvrací, a že termografické obrazy jsou reprodukovatelné po dobu až 7 dnů. Byla získána topografická termografická mapa torakolumbárního regionu, jejíž potenciální význam je, že ji další vědci mohou využít k porovnávání s případy thoracolumbárních patologií (Tunley and Henson, 2004).

Stejnou situaci se zabýval brazilský tým Pavelski et al. (2015). Cílem jejich vědecké práce bylo stanovit ideální čas pro pobyt zvířat v kontrolované místnosti, aby se stihla vyrovnat jejich teplota a ověřit teplotu oblasti zad. Bylo studováno patnáct zdravých koní, přičemž byla prováděna termografie hrudní, bederní a pánevní oblasti ve čtyřech různých dobách. Mezi termografií prováděnou mimo a uvnitř místnosti s regulovanou teplotou došlo k významnému

rozdílu. Bylo zjištěno, že při porovnání termografických změn teploty spojených s různými dobami pobytu uvnitř místnosti s kontrolovanou teplotou (T30, T60, T90) nedošlo k statistickému rozdílu. Z toho vyplývá, že třicet minut uvnitř připravené místnosti s teplotou 21 ° C je dostatek času na vyvážení teploty pokožky koně a může následovat měření teploty hrudní, bederní a pánevní oblasti. Průměrná termografická teplota zdravých koní v řízené místnosti při 21 ° C byla  $29,5 \pm 0,2$  ° C pro hrudník,  $29,8 \pm 0,2$  ° C pro bederní oblast a  $28,2 \pm 0,2$  pro pánevní oblast. Tyto termogramy mohou být použity jako parametry k identifikaci zranění u ostatních koní. Tyto závěry vyvrací závěry studie uvedené výše.

Studie z roku 2006 stanovovala dobu potřebnou pro ustálení povrchové teploty hrudních a pánevních končetin u koní po vysokorychlostním cvičení na běžeckém pásu pomocí infračerveného termografického zobrazování.

Ve všech oblastech byly zjištěny významné rozdíly v povrchových teplotách mezi termogramy získané před cvičením a výsledky získané bezprostředně po 5 minutách a 15 minutách po ukončení cvičení. Mezi teplotními grafy získanými před cvičením a těmi, které byly získány po 45 minutách po ukončení cvičení, nebyly žádné významné rozdíly v teplotách povrchu. Z čehož vyplývá, že 45 minut stačí pro ustálení teploty povrchu těla koně na úroveň stejnou, jako byla před cvičením (Simon et al., 2006).

Termografie se velmi hojně využívá k pochopení celkové fyziologie zad.

Soroko et al. (2012) napsali, že termografie byla použita pro diagnostiku kolísání teploty pokožky způsobené přetížením muskuloskeletálního systému. Cílem jejich studie bylo zhodnotit efektivitu termografie při monitorování reakce muskuloskeletálního systému na zvýšení intenzity přetížení zad během tréninkového cyklu. Oblast zad byla rozdělena na 5 částí: hrudní obratle, bederní obratle, křížovokyčelní spojení a symetrické strany hrudních obratlů (pravá strana a levá strana). Z každé oblasti byla měřena průměrná teplota.

Výsledkem bylo, že stálé tréninkové přetížení muskuloskeletálního systému při náročném cvičení vedlo k zvýšenému krevnímu oběhu v oblasti zad. Analýza rozložení povrchové teploty na zádech koně umožní vyvinout model krevního oběhu v této oblasti v intenzivním tréninku. Tím pomůže odborníkům, chovatelům a veterinářům analyzovat základy fyziologické reakce muskuloskeletálního systému na intenzitu tréninku.

Brazilský tým se ve své studii z roku 2006 zabývali sportovními westernovými koňmi. Všichni koně byli podrobeni vyšetřením, aby se potvrdila existence thorakolumbálních změn. Termografie byla použita k mapování poškozených oblastí a ultrasonografie pro

charakteristiku lézí. Byly nalezeny léze se supraspinální desmitidou (zánět nadtrnových vazů), interspinální desmitidou (zánět krátkých vazů mezi trny), dorzální meziobratlovou osteoartritidou nebo kissing spines.

Byla zjištěna existence vztahu mezi typem sportovního využití koně a typem zjištěné léze. U koní, kteří soutěžili v Barell race, se vyskytla převaha lézí od kaudální hrudní oblasti po kraniální bederní, přičemž intervertebrální osteoartrtida a interspinální desmitida byly nejběžnější. U cuttingových koní byla většina lézí pozorována v kaudální bederní oblasti, zatímco koně soutěžící v reiningu vykazovali preferenční polohu pro léze ve střední oblasti beder, s převahou supraspinální desmitidy a myositidy (zánět svalů). Bylo prokázáno, že termografie spojená s ultrasonografií je účinná při diagnostice torakolumbárních lézí koní (Fonseca et al., 2006).

### **5.3 Hodnocení vhodnosti sedel**

Podle výsledků studie z roku 2011 se termografie ukázala jako užitečný nástroj pro diagnostiku interakční asymetrie sedel. Koně byli před a po tréninku podrobeni termografii jejich hrudní oblasti. Sedla byla hodnocena termografií brzy po jejich stažení ze zvířete a to ihned po tréninku. Získaný termografický obraz identifikoval oblast interakce mezi sedlovými panely a zády koně, asymetrii mezi panely a možnou přítomnost kontaktu s páteří. Asymetrie mezi panely byla identifikována na 62,8 % sedel a kontakt s hrudními a bederními obratli byl nalezen na 37,2 % sedel. Tepelné body na páteři byly zaznamenány u 28,7 % a na kohoutku u 33,3 % koní. Termografický obraz hrudní a bederní páteře po tréninku byl asymetrický u 55,8 % zvířat. Pouze panely poloviny sedel měly vzájemnou interakci 76 % až 100 % se zády koně. V klidu mělo 39,5 % koní teplou skvrnu kompatibilní s tlakovou oblastí ze sedla (Arruda et al., 2011).

### **5.4 Reprodukční soustava**

Několik vědeckých prací se věnovalo i samičím a samčím rozmnožovací soustavě.

Samičím se věnovala studie z roku 2009 a jejím cílem bylo zkoumat použití digitálního infračerveného tepelného zobrazování, aby bylo zjištěno, zda existují rozdíly v gradientu povrchové teploty mezi březími klisnami a klisnami, které březí nejsou. Využili termografii jako bezkontaktní metodou určující stav březosti.

Výsledkem bylo, že březí klisny měly vyšší teplotu boku než klisny, které březí nebyly ( $36,0 \pm 0,2$  ° C vs.  $34,2 \pm 0,2$  ° C), bez ohledu na okolní podmínky. Nicméně rozlišovací schopnosti byly větší, když byla teplota okolí nižší. Bylo tedy zjištěno, že termografické měření může mít hodnotu při potvrzování střední až pozdní březosti u klisen i jiných druhů (Bowers et al., 2009).

Šlechtitelské programy hřebců jsou nezbytné nejen z obchodního hlediska, ale také z hlediska zachování krevních linií, zejména pokud jde o vzácná plemena. Možnost zmrazit sperma nejen zajistí dodávky vzácných linií, ale také umožní, aby se sperma vyváželo po celém světě, což poskytuje majitelům a chovatelům možnost, aby zajistily dobrou zásobu kvalitního spermatu a současně udržovaly své hřebce v práci a na vrcholu svého výkonu.

Samčí reprodukční soustavou se zabýval tým vědců Lloyd-Jones et al. (2015), jejichž cílem bylo posoudit, zda existuje vztah mezi teplotou hřebčích varlat před odběrem a hodnocením motility, které bylo uděleno následně shromážděnému ejakulátu. Termografie byla použita jako neinvazivní prostředek pro zobrazení povrchové teploty šourku. Shromážděné termogramy byly nejprve analyzovány pro stanovení optimálního rozmezí varlat a zadruhé stanovit, zda lze zjistit vztah mezi teplotou varlat a hodnocením motility spermií.

Výsledky dokazují zřejmou souvislost mezi hřebci, kteří odpovídají optimálnímu rozmezí a vyšším hodnocením motility spermií. Obecně platí, že hřebci s relativně chladnějšími varlaty měli tendenci produkovat méně pohyblivé spermie ve srovnání s hřebci s teplejšími varlaty. Někteří hřebci vypadali, že mají jedno více dominantní varle, které zrušilo anomálie nalezené na druhém. Nicméně, bylo zjištěno, že když více dominantní varle začne vykazovat nesrovnalosti, výsledná motilita začne úměrně tomu klesat. Jako diskuzní bod pro budoucí studie může být pozorování, zda-li má plemeno vliv na celkové optimální teplotní rozmezí varlat. Toto doporučení je zdůvodněno na základě pozorování hřebce plemene Akhal-Teke, který je chován tak, aby odolal nejvyšším teplotám v poušti a působil pod tlakem po dlouhou dobu a to bez vody. Tito koně mají mnohem jemnější srst a obecně se jeví teplotně chladnější než většina hřebců jiných plemen. Při analýze výkonnosti tohoto hřebce však bylo dosaženo lepší motility, když byla varlata chladnější než optimum a obecně při nižší teplotě okolí.

Na základě výsledků se dospělo k závěru, že by termografie mohla být použita jako monitor pro poskytnutí neinvazivní indikace subklinických testikulárních faktorů, které mohou ovlivnit plodnost hřebce a poskytnout včasný signál, že může být vyžadováno další veterinární vyšetření.

## 5.5 Chov, trénink a stres

Další oblastí, ve které může být tato technika užitečná, je neurologie, kde se zkoumá několik výzkumných protokolů s cílem porozumět tomu, jak lze termografii optimalizovat pro hodnocení neurologických stavů (Radealli et al, 2014).

Geor a McCatcheon (1998) uvádějí, že velké metabolické tepelné zatížení vzniklé v důsledku svalové práce vyžaduje aktivaci termoregulačních mechanismů, aby se zabránilo nadměrnému a potenciálně nebezpečnému zvýšení tělesné teploty během cvičení. Přestože má kůň vysoce účinný mechanismus rozptylu tepla, existuje řada okolností, v nichž může být termoregulační systém přemožen, což vede ke vzniku kritické hypertermie. Riziko vývoje život ohrožující hypertermie je největší, pokud je kůň v nedostatečné kondici pro požadovanou úroveň fyzické výkonnosti, cvičení se provádí za tepla a zvláště za horkých a vlhkých okolních podmínek a při poškození termoregulačních mechanismů například závažná dehydratace, anhydróza.

Radealli et al. (2014) doplňují, že za těchto podmínek je kardiovaskulární odezva nedostatečná k vyrovnání tepelných ztrát skrze povrch kůže. Svaly nadále produkují teplo, které se šíří po celém těle přes krevní oběh a to je směřováno k subkutánním kapilárním lůžkům v pokusu o rozptýlení tepla a tím snížit teplotu. Proces konvekce se zpomaluje, když má průtok vzduchu nad pokožkou příliš vysokou teplotu (32 ° C - 34 ° C) a tím se teplo zvedá. Gradientní konvekce mezi prostředím a povrchem kůže může dosáhnout úrovně, která je obrácená, to znamená, že teplota pokožky je nižší než teplota prostředí a v tomto případě tělo získává teplo zvenčí, čímž se zvyšuje další hypertermie.

Dalším způsobem tepelné ztráty je odpařování. Při pohybu dochází k regulaci teploty prostřednictvím autonomního nervového systému do potních žláz, které produkují pot, aby pomohly rozptýlu tepla. Povrch pokožky odvádí teplo potem, což uvolňuje teplo odpařováním do okolního vzduchu. Procento relativní vlhkosti v prostředí je zásadní pro to, aby tento systém regulace teploty fungoval. Bylo prokázáno, že vysoká relativní vlhkost (RH ¼ 80 % -85 %) snižuje odpařování potu na úroveň, kde se odpařuje pouze 5 % tepla.

Jedna ze studií řešila ustájení odstavených koní na pastvě ve velmi chladných oblastech. Stanovili tepelnou ztrátu odstavných koní v chladném prostředí pomocí infračervené termografie a posoudili jejich termoregulační kapacitu. Výsledkem bylo, že tepelná ztráta byla vyšší u - 16 ° C než při 0 ° C a - 9 ° C, což naznačuje, že nižší kritická teplota



může být mezi - 9 ° C a - 16 ° C. Překvapivě byly tepelné ztráty menší v - 23 ° C než v - 16 ° C, což mohla zapříčinit jinovatka na povrchu srsti, která pravděpodobně narušila termografické vyšetření. Termografie proto nemusí být nutně vhodná pro stanovení tepelných ztrát při velmi nízkých teplotách. Avšak jejich výsledky zdůrazňují důležitost zohlednění teploty okolí při plánování krmení ustájených koní chovaných v zimě v severních šířkách (Autio et al., 2007).

Do kategorie tréninku bezpodmínečně patří i vybavení, které se při něm využívá. Jakýkoliv přístroj, který omezuje pohyb koně, může ohrozit jeho welfare. Při neumělém zacházení s nánosníky, které jsou v jezdeckém sportu naprosto běžné, se tak může stát. Nedávné důkazy naznačují, že tyto nánosníky mohou způsobit fyziologickou stresovou reakci a mohou ohrozit welfare koní.

Nánosníky jsou již dlouho oblíbeným jezdeckým vybavením. Nejjednodušší formou je nánosník anglický, tradičně volně nasazený a neomezující. Švédský nánosník, vyvinutý v osmdesátých letech a často používaný v jezdeckém sportu, je podobný jako obyčejný anglický s přidáním kladkového zapínání, aby bylo možné těsnější utažení.

V soutěži je prospěšné, aby byli koně submisivní, a nánosníky mohly být použity jako pomůcka. Myšlenkou je, že těsný nánosník omezuje pohyby jazyka, což jsou mechanismy, kterými se koně snaží rozptýlit tlak z udidla v ústní dutině. Výsledná neschopnost uniknout tlaku od udidla vede k senzibilizaci ústní dutiny koně, čímž zvyšuje reakci koně na zvýšení tlaku a tím se kůň zdá být citlivější. Současný švédský nánosník může být utažen do té míry, že může ohrozit vaskulární perfúzi (průtok krve) a může dokonce způsobit poškození nervů a kostí. Těchto nánosníků a jejich extrémního utažení je používáno stále víc a pravděpodobně to má vliv na pohodu koně (Manfredi et al., 2005; McGreevy et al., 2010; 2012; Fenner et al., 2016; Casey et al., 2013).

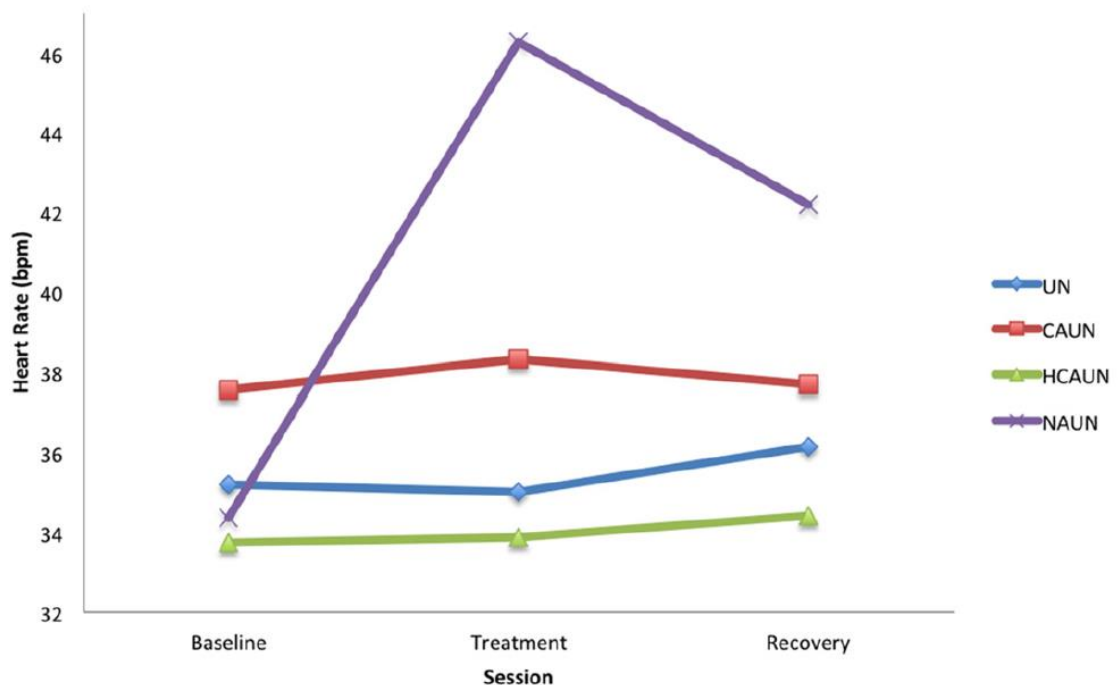
Jeden z týmů zkoumal vliv na teplotu očí a kůže hlavy koní, kteří nosí zařízení, která omezují pohyby čelistí. V některých jezdeckých disciplínách je nepřijatelná jakákoli ústní činnost koní. Bývá penalizována, protože odráží špatný výcvik a nedostatek souladu koně s jezdcem. To vysvětluje širokou škálu nánosníků a podbradních řemínek navržených k tomu, aby zabránili otevření úst. Některé z těchto nánosníků jsou zakázány ve vyšších soutěžích drezúry, kde jsou povinné uzdy s dvojitým udidlem. Je to možná proto, že jsou považovány za omezující. Současná mezinárodní pravidla však přehlížejí možnost, že nánosník může vypadat neškodně, přestože některé konstrukce, jako je švédský nánosník, mohou být zapnuty, aby se úplně spojily čelisti.

Některé jezdecké manuály a knihy pravidel soutěže navrhuje, aby se jako distanční vložka používaly "dva prsty", aby se zabránilo přílišnému utážení nánosníků, ale ne upřesňuje, kam by mělo být toto měřidlo aplikováno. Neurčitost této směrnice je vedla k provedení malého náhodného průzkumu rozměrů prstů dospělých mužů a žen. Mezi měřeními prstů dospělých došlo k významným rozdílům v pohlaví, což dokládá, že "pravidlo o dvou prstech" není spolehlivým návodem pro standardizované zapínání nánosníků. Tato studie také naznačuje, že koně, které nosí uzdu a těsné nánosníky, podléhají fyziologické stresové reakci a mohou mít ohroženou vaskulární perfúzi. Proto by z důvodů dobrých životních podmínek mělo být co nejdříve přezkoumáno používání nánosníků, které způsobují omezení pohybu čelisti (McGreevy et al., 2012).

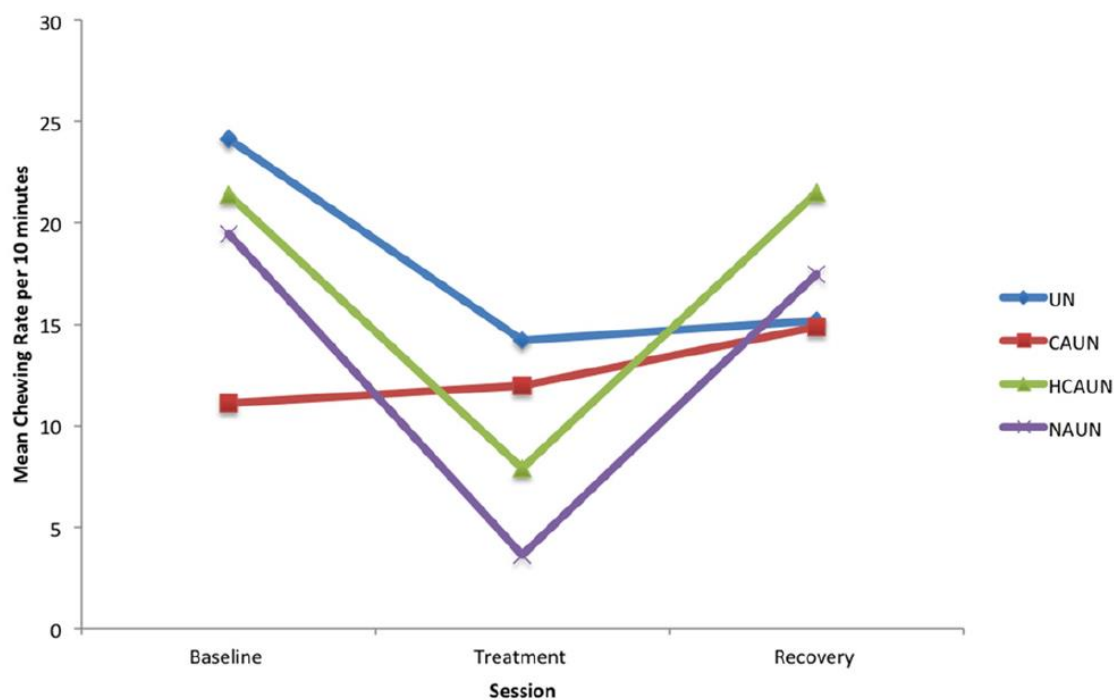
Stejnou situací se zabíral další tým Fenner et al. (2016), jehož cílem bylo prozkoumat vztahy těsně utážených nánosníků s orálním chováním a s fyziologickými změnami, které indikují reakci na stres. Takovými změnami jsou zvýšení teploty oka, měřené infračervenou termografií, a srdeční frekvence a snížení variability srdeční frekvence. Koně, kteří nosí dvojitou uzdu a švédský nánosník, jak je obvyklé v drezúrách na elitních úrovních, byly náhodně přiřazeny ke čtyřem typům uzdění. Prvním byl uvolněný nánosník, druhým utážení s prostorem na dva prsty, třetím utážení s prostorem na jeden prst a nejtěsnějším čtvrtým typem utážení bez prostoru pod nánosníkem.

K pokusu byli vybráni koně, kteří neměli žádnou zkušenost s uzdou ani švédským nánosníkem, a tím pádem výsledky nebyly ovlivněny habituací těchto koní. Během nejtěsnějšího uzdění došlo ke zvýšení srdeční frekvence koně (obr. č. 7), k poklesu variability srdeční frekvence a ke zvýšení teploty oka oproti výchozím hodnotám, což naznačilo fyziologickou stresovou odezvu. Výsledky chování naznačují také některé účinky samotných udidel, ale hlavními zjištěními jsou fyziologické odezvy, které odrážejí reakce na nejtěsněji utážené nánosníky. Během utážení s prostorem na jeden prst a nejtěsnějším utážením se snížila četnost žvýkání stejně jako olizování (obr. č. 8). Po odstranění nánosníku a dvojité uzdy se během regenerace v porovnání s výchozí hodnotou naopak četnost polykání a olizování zvýšila, což naznačovalo postinhibiční reakci. To naznačuje nárůst motivace k provedení tohoto chování a naznačuje, že jejich inhibice může koně vést ke stavu deprivace. Je zřejmé, že velmi těsný nánosník může způsobit fyziologické stresové reakce a potlačit projev ústního chování.

Závěrem je třeba říci, že tým zaznamenal, že teplota oka v se zřejmě normalizovala během doby regenerace rychleji než srdeční frekvence. To může znamenat, že jde o citlivější opatření než samotná srdeční odpověď. Problém vyvstává v případě dodržování pravidel drezury podle FEI, která vyžadují "poddajnost" koní, prokázanou ochotným přijetím udidel. Ta nemohou být řádně dodržována, jestliže použité zařízení zabraňuje vyjádření přirozeného chování, které by naznačovalo orální nepohodlí.



Obrázek 7 Průměrná srdeční frekvence u koní (tepy za minutu) při nošení uzdy a uvolněného švédského nosníku (UN), utaženého s prostorem na dva prsty (CAUN), s prostorem na jeden prst (HCAUN) a utaženého bez prostoru pod nánosníkem Fenner et al. (2016).



Obrázek 8 Průměrná míra žvýkání za 10 minut u koní (n = 12) jako odezva na nošení uzdy a uvolněného švédského nosníku (UN), utaženého s prostorem na dva prsty (CAUN), s prostorem na jeden prst (HCAUN) a utaženého bez prostoru pod nánosníkem Fenner et al. (2016).

Další z týmů se ve své studii zabýval lonžovacím postrojem Pessoa, který zvyšuje fyzickou výkonnost, ale je možné, že zvyšuje stresovou reakci při tréninku. Měřili teplotu oka pomocí termokamery a teplotu těla pomocí rektálního teploměru. Výsledky naznačují, že koně zažili více stresu, když se byli lonžováni s postrojem Pessoa, než bez něho. Zvýšená teplota oka, k níž došlo při chůzi, byla po naklusání nejvyšší a po následném použití přípravku Pessoa bylo zaznamenáno další zvýšení (Hall et al., 2011).

Stres u koní zkoumala i skupina Dai et al. (2014). Svou vědeckou práci zaměřili na tzv. strachový test pro koně. Cílem bylo posoudit proveditelnost a platnost zkoušky strachu u dospělých sportovních koní a zjistit, zda expozice pro koně děsivého podnětu způsobuje změnu teploty oka. Koně, kteří byli popsáni správci jako náchylnější k panice, ostražitosti, vzrušivosti a nervozitě, potřebovali výrazně delší dobu k tomu, aby se přiblížili k novému předmětu. Teplota oka byla po provedení strachového testu signifikantně vyšší než bazální hodnota. Závěrem lze říci, že infračervená termografie byla užitečná při hodnocení fyziologických reakcí strachu u koní.

Studium genetického předpokladu pro stres v drezurních soutěžích u koní plemena Pura Raza Española posuzovaného infračervenou termografií uvádí, že ve Španělsku se program chovu koní PRE zaměřuje především na volbu koní pro jejich uspokojivou drezurní výkonnost. Sánchez et al. (2016) navrhuje studium genetických parametrů teploty oka pomocí infračervené termografie jako indikátoru stresu u koní. To by mohlo zdůraznit vhodnost tohoto parametru, který by měl být zařazen jako kritérium výběru v šlechtitelském programu chovu. Jejich cílem bylo prozkoumat dědičnost parametrů teploty oka.

Výsledkem bylo, že heritabilita pro teplotní vlastnosti se pohybovala v rozmezí od 0,14 do 0,50. Zjištění tedy naznačují, že výběr nejlepších zvířat pro drezurní výkonnost by mohl zahrnovat také selekci zvířat s vyššími hodnotami parametrů teploty oka, které vykazují vyšší úroveň fyziologického stresu. Je však ještě zapotřebí více důkazů o jeho platnosti, citlivosti a specifičnosti, aby bylo možné zahrnout tento parametr jako další kritérium výběru do šlechtitelských programů.

Důležitou složkou jezdeckého sportu je dostihový sport, jehož nedílnou součástí je samotný dostih ale i trénink, který mu předchází. Podle Soroko et al. (2014) může být zdraví a výkonnost koní ovlivněna behaviorálními, hematologickými a biochemickými změnami v těle během fyziologické námahy. Turner et al. (2001) dodávají, že termografie byla velmi užitečná při hodnocení zranění závodních plnokrevníků. Měla vynikající korelaci mezi problémy vnímanými trenérem a diagnózami veterinářů a ukázala zvýšení teploty, ve většině případů dva týdny před tím, než se oblast stala problémem klinicky.

Plnokrevníky se též zabýval tým Turner et al. (2001), cílem této studie bylo zjistit užitečnost termografie pro hodnocení plnokrevníků v tréninku. Konkrétně zjistit, zda by termografie mohla předcházet zranění předtím, než se stanou klinicky zřejmými, určit, jak dobře termografie koreluje s obavami trenéra a, jak dobře termografie koreluje s nálezy ošetřujícího veterináře. Dále jsme chtěli zjistit přijatelnost termografie v závodním prostředí a vypracovat pokyny pro efektivní budoucí využití v závodním průmyslu.

Výsledkem bylo, že termografie souhlasila s obavou trenéra v 88 % případů a s veterinárním vyšetřením u 95 % vyšetřovaných koní. U každého zraněných koní bylo místo poškození zjištěno alespoň dva týdny před diagnostikovaním poranění. U tří koní, kteří vykazovali bolest, bylo zjištěno několik lokalit zánětu a místa byla zřejmá dva až čtyři týdny před vyřazením z tréninku. Během následných vyšetření se v každém z těchto případů místa zánětu dále zhoršovala.

Dále bylo zjištěno, že čím náročnější a rychlejší práci koně před měřením vykonávali, tím větší byl nárůst abnormalit. Oblasti zájmu byly holeně, šlachy, spěnky, karpý, hlezna a svaly zádě. Výskyt abnormální termografie na holeních korelovala s věkem koně, kdy největší problém měli dvouletí koně. V případě svalů zádě bylo zjištěno, že zvýšená teplota souvisela s novým povrchem tratě. A důležitým poznatkem je, že ze všech vyšetřovaných koní, jejichž termografický obraz zobrazil zvýšení teploty, jen malé procento vykazovalo klinické změny.

Shrnutí je, že výrazné zvýšení teploty (zřejmá změna tepelného vzoru) je důvodem k obavám. Tyto případy měly vždy významné problémy (kostní štěpky, zlomeniny stresu atd.). Koně, kteří vykazují mírné až střední změny v oblastech a vykazují tyto změny po dobu dvou týdnů nebo více, jsou také důvodem k obavám. Jejich data naznačují, že nejméně dvě hodiny by měly uplynout po maximálním výkonu před termografickým vyšetřením. Náhodným nálezem na koních bylo, že nohy zůstaly horké téměř 24 hodin po cvalu. To by byl další faktor, který je třeba vzít v úvahu při zkoumání.

Témata dostihových koní se Soroko et al. (2014) drželi i ve své další studii, ve které se zabývali jeho výkonností. Byla zaměřena na identifikaci klíčových termografických diagnostických oblastí nezbytných pro sledování účinku tréninku na dostihového koně.

Měření teploty bylo provedeno na celkem 46 oblastech zájmu v distálních částech končetin a na zádech. Během období výzkumu nebyl žádný z koní identifikován jako zraněný rutinním veterinárním vyšetřením. Úspěšní koně vykazovali výrazně vyšší teploty v oblastech zájmu, než jejich méně úspěšné protějšky v obou karpálních kloubech, třetí metakarpální kosti, levém spěnkovém kloubu, levé korunkové kosti na přední noze, levém tarzálním kloubu a kaudální části hrudních obratlů. Při analýze na základě sportovního výkonu protokol identifikoval čtrnáct oblastí zájmu, které byly spojeny s vynikající výkonností, z nichž většina byla na končetinách na levé straně.

## **5.6 Ostatní příklady využití**

Cílem studie z roku 2003 bylo zkoumat účinky perineurální anestézie na infračervené termografické obrazy předních končetin u normálních koní. Výsledky ukázaly, že neexistuje žádný významný rozdíl mezi léčbou, časem po injekci nebo interakcí času a léčby. Infračervené termografické zobrazování se zřejmě může provádět do 45 minut po aplikaci perineurální anestezie bez rizika umělých změn teploty povrchu končetiny (Holmes et al., 2003).

Další studie zkoumala schopnost termografie detekovat intrasynoviální injekce do spěnkového a karpálního kloubu. Termografické vyšetření bylo provedeno z dorzálního a palmárního pohledu před a po injekci. Zobrazení ukázalo, že intrasynoviální léčba vedla ke zvýšené teplotě končetin. Teplota spěnkového kloubu z dorzálního aspektu se zvýšila po 15, 30 a 60 minutách a nárůst byl rychlejší než z palmárního. Zvýšená karpální teplota byla zjištěna na dorzální straně po 60 a 90 minutách. Tento výsledek ukazuje, že termografie může být použita k detekci intrasynoviálních injekcí u koně (Figueiredo et al. 2012).

Podobné téma práce zvolili Hoogmoed a Snyder (2002). Cílem této studie bylo zjistit, zda by termografie mohla detekovat injekci analgetických a neurolytických látek a chirurgickou palmární digitální neurektomii. Hodnocené postupy zahrnují injekci bederní oblasti, suspenze vazů, tibiálního nervu, palmárních digitálních nervů a palmární digitální neurektomii. Termografické snímky byly získány před a po procedurách. Místní injekce bederní oblasti a suspenzního vazů způsobily dva dny detekovatelné teplotní vzorce. Analgezie palmárních nervů byla znatelná po dobu 24 hodin nebo 5 dní v závislosti na látce, která byla vpravena. Palmární digitální neurektomie produkovala více variabilních teplotních vzorků. I když je termografie dostatečně citlivá, aby detekovala změny v tepelných vzorcích z kontrolních oblastí, není dostatečně specifická k tomu, aby rozlišovala rozdíly mezi postupy a poraněními vyvolávajícími zánětlivou odezvu.

Předmětem vědecké práce zvolil tým Daghli et al. (2017). Jejich cílem bylo zjistit, zda je možné pořizováním sekvenčních termogramů levé a pravé strany krku detekovat změny povrchové teploty v kůži po jugulární venipunktuře (propíchnutí žíly).

Důvodem byla změna pravidel o podávání injekčních léků před a během soutěže Americkou jezdeckou federací. Současné pravidlo uvádí, že kůň by neměl dostávat žádnou injekci do 12 hodin před začátkem soutěže s výjimkou pouze terapeutických tekutin, antibiotik a dexamethasonu, který se využívá k léčbě zánětů očí.

Taddei et al. (2011) doplňují, že sportovní koně jsou náchylní k řadě ortopedických problémů, které mohou způsobit kulhání a špatný výkon, což vede k významným ekonomickým ztrátám a obrovské frustraci majitelů. Během posledních několika let se mnoho léků užívalo k potlačení muskuloskeletální bolesti. Použitím těchto určitých anestetik mohla být jejich schopnost soutěžit prodloužena, i když je tato léčba během soutěže eticky zakázána.

Zjistili, že delta T měřená v místě injekce se významně změnila po injekci jugulární žíly u koní udržovaných v konzistentních podmínkách prostředí a byla významně větší na injekčním

místě než na kontralaterálním místě kontroly. Srovnatelně se delta T vzdáleného místa jugulární injekce významně lišila od výchozí hodnoty 2 hodiny po injekci. Důvod tohoto zjištění je v tuto chvíli nejasný. Účinnost denní doby na povrchovou teplotu pokožky byla zjištěna vyhodnocením rozdílů průměrné teploty vzdáleného místa měřeného v rámci stejného obrazu. To prokázalo změnu teploty pokožky v důsledku doby pořízení snímku.

Účinek injekce (ve srovnání s kontrolním kontralaterálním místem) mohl být detekován pouze na základě delta T a po analýze požadované oblasti, což omezilo použitelnost termografie v polních podmínkách, protože měření hodnot před podáním injekce bylo nezbytné pro výpočet delta T a to v jiných případech nebude k dispozici.

Termografické skenování poskytuje objektivní metodu detekce sympatického autonomního stavu vazomotorického tonu u koně zobrazením tepelných gradientů. Při pozorování přetrvávajícího abnormálního sympatického nervového tónu způsobujícího hypotermickou nebo hypertermickou oblast je klinický lékař schopen diagnostikovat neuromuskulární onemocnění, což je běžná, ale častá nerozpoznaná příčina chronické bolesti a problémů s výkonem u koní. Místu vpichu, tentokrát akupunkturních jehliček, se věnovala termografická studie demonstrující, že akupunktura často opravuje abnormální vazomotorický tón za půl až tři a půl hodiny vpichování. Tepelné zobrazování může poskytnout objektivní, měřitelné důkazy o schopnosti akupunktury obnovit normální homeostázu při autonomní regulaci vazomotorického tónu a naznačuje, že může současně zmírnit asociovanou nemoc senzomotoriky (Schweinitz, 1998).

Cílem studie Rushtona et al. (2015) bylo zjistit, zda je oční teplota vyšší u akutních očí trpících zánětem živnatky ve srovnání se zdravými očima, a porovnat dostupné termometrické zařízení s termografickým zařízením. Výsledkem bylo, nebyl zjištěn žádný vliv teploty těla na obě metody. Termografie byla méně ovlivněna okolní teplotou než termometrie. Závěrem lze říci, že oči se zánětem živnatky nejsou výrazně teplejší než zdravé oči. Navzdory nedostatku významnosti byla zaznamenána tendence ke zvýšené oční teplotě u nemocných očí ve srovnání se zdravými očima. Proto je zapotřebí více výzkumu na toto téma.

V úplně jiném duchu proběhla studie z roku 2014. V tomto experimentu měřili teplotu rohovky a končetin a zkoumali její závislost na plemeni, barvě srsti a chovu. Výsledkem bylo, že nebyl rozdíl v teplotách rohovky v důsledku plemene, barvy pleti ani účelu chovu, její průměrná teplota byla  $32,58 \pm 0,13$  °C. Teplota povrchu kůže se měnila podle oblasti



končetin. Nejvyšší teplota byla měřena v patkovém valu, následoval korunkový okraj. V jiných oblastech, včetně karpální, metakarpální, flexorové šlachy, spěnkového kloubu, sezamských kostí, tarzální a metatarzální teploty se teplota pohybovala v rozmezí od 23, 62 do 29, 31 ° C. Všechna měření byla provedena na předních končetinách, teploty předních částí a mediálních částí byly o 1 ° C vyšší než u zadních končetin, zadních částí a laterálních částí.

Nebyly žádné rozdíly plemen v teplotách povrchu kůže v krajních oblastech. Pouze teplota korunkového okraje na předních nohách u běloušů byla nižší než u hnědáků a ryzáků (Yanmaz and Okumus, 2014).

Teplota oka se zkoumala i v další studii. Abychom zjistili, zda je termografická teplota oka spojena s teplotou těla a tím by mohla být termografie použita k detekci poníků s horečkou. Naměřili termograficky teploty očí a rektální teploty. Bylo zjištěno, že citlivost a specifická termografického zařízení používaného k detekci horečky u poníků činí 74 % a 92 % při použití maximální hodnoty teploty oka. Závěrem lze říci, že teplota očí může být předběžným screeningovým nástrojem, který určuje, zda je pro ověření horečky oprávněná časově náročnější laboratorní a invazivní metoda (Johnson et al., 2011).

Vyhodnocení použití slinného a plazmatického kortizolu pro hodnocení aktivity nadledvin a infračervené termografického měření vyzařované teploty pro stanovení metabolických odpovědí na stimulaci ACTH u koní vedl tým Cook et al. (2001). Koním bylo podáno 200 IU intramuskulárního ACTH. Poté byly odebrány vzorky krve a slin. Obecně se zjistilo, že slinný kortizol prokázal maximální odpověď na stimulaci ACTH. Kdežto průměrná vrcholová odezva pro plazmatický kortizol byla naměřena nižší. Celkově existuje souvislost mezi koncentrací kortizolu a teplotou oka. Hladiny plazmatického a slinného kortizolu pozitivně korelovaly s maximální teplotou očí. Avšak ve všech případech byla korelace mezi hladinou kortizolu a teplotou oka pro slinný kortizol silnější (3 ze 6 koní pro slinný kortizol a 1 ze 6 pro plazmatický kortizol).

Tyto údaje ukazují, že slinný kortizol je citlivější marker aktivity nadledvin než plazmatický kortizol a infračervená termografie oka je vhodná pro stanovení metabolických odpovědí na stimulaci ACTH u koní.

## 6 Výhody a nevýhody termografie

Radaelli et al. (2014) se domnívají, že díky své univerzálnosti, neinvazivitě a vysoké citlivosti má termografie řadu aplikací. Nicméně paradoxně hlavním limitem techniky je ve veterinární oblasti její horší snadnost použití. Ve skutečnosti termální obraz zvířete v pohybu často vykazuje abnormality, které nejsou přímo spojeny s fyzickým problémem nebo závislé na různých vnějších příčinách, včetně podmínek prostředí a měření.

Je definována jako neinvazivní zobrazovací metoda, protože neznamena žádný chirurgický zásah do těla pacienta. Navíc také nemůže způsobit žádné poškození ani pacienta, ani obsluhy. Termografické vyšetření nepoužívá žádné pronikavé záření, jako je tomu v radiografii nebo počítačové tomografii. Anatomická část, která je zkoumána, nezachytí žádné ultrazvukové vlny, jako v ultrasonografii, a není umístěna v elektromagnetickém poli, jako v magnetické rezonanci. Dále termografie nepoužívá žádné radioaktivní látky, jako v scintigrafii.

Okumus et al. (2007) popsali, že termografie může být považována za fyziologickou metodu, protože poskytuje v reálném čase vyhodnocení změn v průběhu času a vytváří dynamický obraz objektu. Tato charakteristika představuje značnou výhodu oproti jiným zobrazovacím technikám, které nabízejí pouze statické zobrazení, jako jsou radiografie, tomografie a zobrazování magnetickou rezonancí. Může detekovat povrchovou teplotu mnohem objektivněji a citlivěji než klinické palpce. Jeví se jako velmi citlivá technika, protože detekuje záření vyzařované předmětem, přeměňuje ho na teplotu a fyzikální zákony o emisi tepla, dokonce i při malých změnách teploty.

Turner (2003) uvádí, že termografie poskytuje možnost prozkoumat celého koně. Při kombinaci s důkladným klinickým vyšetřením jsou tyto metody velmi užitečné při identifikaci poškození měkkých tkání, které by jinak nebyly zjištěny.

Další klíčovou výhodou této techniky je její schopnost být používána jako preventivní metoda v tom smyslu, že může zvýraznit změny, které ještě nevedou ke klinickým příznakům. Detekce změn teploty u klinicky zdravého subjektu je užitečným nástrojem k odhadu možného vývoje budoucích onemocnění a může poskytnout signály včasného varování, které umožňují poskytovateli zdravotní péče rozhodovat o sportovním programu či řízení zvířete.

Je také užitečnou metodou k monitorování odpovědi na léčbu bez zásahu do léčby. Termografie má také určitá omezení. Zaprvé, kvalitní termokamery mohou být velmi drahé a údržba kamery může být také drahá. Zadruhé, i když termografie může lokalizovat patologickou oblast a je schopna poskytnout informace o fyziologickém a patofyziologickém stavu, což umožňuje značnou diagnostickou podporu, technika však nemůže nahradit jiné diagnostické postupy. Dále není schopna poskytnout informace o původu nebo příčině onemocnění (Redaelli et al., 2014).

## 7 Závěr

Termografie je jednou z diagnostických metod, kterou mohou majitelé koní využít k hodnocení zdravotního stavu svých koní. Ať se jejich problém týká šlach, svalů, vazů, kostí, nebo jiných anatomických struktur těla. Lze ji využít i při hodnocení vhodnosti sedla pro daného koně nebo určení míry stresové reakce na okolní prostředí a nevhodné životní podmínky.

Její aplikace má řadu výhod, například je neinvazivní, velmi citlivá na změny teplot, tělo pacienta není při měření vystaveno žádnému záření a spoustu dalších. Jednou z jejích nevýhod je, že není schopna poskytnout informace o příčině onemocnění. Tudíž musí být doprovázena dalšími diagnostickými metodami. Další nevýhodou je, že je nutné striktní dodržení rozsáhlých pravidel měření, aby nedošlo ke špatné interpretaci obrazu.

Její pole působnosti se stále rozšiřuje, avšak pořízení termokamery je stále velmi finančně náročné. Až se stane termokamera více finančně dostupnou, má velkou šanci, najít si své oprávněné místo mezi ostatními diagnostickými metodami a také uznání veterinárních lékařů.

## **Použitá literatura**

- Arruda, T. Z., Brass, K. E., De La Corte, F. D. 2011. Thermographic Assessment of Saddles Used on Jumping Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*. 31 (11). 625 - 629. ISSN: 0737 - 0806.
- Autio, E., Heiskanen, M. L., Mononen, J. 2007. Thermographic evaluation of the lower critical temperature in weanling horses. *Journal of Applied Animal Welfare Science*. 10 (3). 207–216.
- Bowers, S., Gandy, S., Anderson, B., Ryan, P., Willard, S. 2009. Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. *Theriogenology*. 72 (3). 372 – 377. ISSN: 0093 - 691X.
- Casey, V., McGreevy, P. D., O'Muiris, E., Doherty, O. A. 2013. Preliminary report on estimating the pressures exerted by a crank noseband in the horse. *Journal of Veterinary Behavior Clinical Applications and Research*. 8(6). 479 – 484. ISSN: 1558 - 7878.
- Cook, N. J., Schaefer, A. L., Warren, L., Burwash, L., Anderson, M., Baron, V. 2001. Adrenocortical and metabolic responses to ACTH injection in horses: an assessment by salivary cortisol and infrared thermography of the eye. *Canadian Journal of Animal Science*. 81 (4). 621.
- Daglish, J., Jeune, S. S., Pypendop, H. B., Ramirez, M. E., Turner, T. A. 2017. Use of infrared thermography to detect jugular venipuncture in the horse. *Journal of Equine Veterinary Science*. 59. 1 – 6. ISSN: 0737 - 0806.
- Dai, F., Cogi, H. N., Heinzl, E. U. L., Costa, E. D., Canali, E., Minero, M. 2014. Validation of a fear test in sport horses using infrared thermography. *Journal of Veterinary Behavior Clinical Applications and Research*. 10 (2). 128 – 136. ISSN: 1558 - 7878.
- Douthit, L. T., Bormann, M. J., Bello, M. N. 2014. Assessing the Association Between Hoof Thermography and Hoof Doppler Ultrasonography for the Diagnosis of Lameness in Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34 (2). 275 - 280. ISSN: 0737 - 0806.
- Erber, R., Wulf, M., Becker-Birck, M., Kaps, S., Aurich, J. E., Möstl, E., Aurich, C. 2012. Physiological and behavioural responses of young horses to hot iron branding and microchip implantation. *Veterinary Journal*. 191 (2). 171 – 175. ISSN: 1090 - 0233.
- Fenner, K., Yoon, S., White, P., Starling, M., McGreevy, P. 2016. The Effect of Noseband Tightening on Horses' Behavior, Eye Temperature, and Cardiac Responses. *PLoS ONE*. 11(5).

- Fleischmann, T., Siewert, C., Staszky, C., Schulze, M., Stadler, P., Seifert, H. 2009. Thermal imaging as an aid to the diagnosis of pain in horses – first results. *IFMBE Proceedings*. 25 (2). 277 – 280.
- Fonseca, B. P. A., Alves, A. L. G., Nicoletti, J. L. M., Thomassian, A., Hussini, C. A., Mikaik, S. 2006. Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *Journal of Equine Veterinary Science*. 26 (11). 507 – 516. ISSN: 0737 - 0806.
- Geor, J, R, McCutcheon, J, L. 1998. Thermoregulatory adaptations associated with training and heat acclimation. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice*. 14 (1). 97-120. ISSN: 0749 - 0739.
- Goodman, P. H., Healset, M. W., Pagliano, J. W., Rubin, B. D. 1985. Stress fracture diagnosis by computer-assisted thermography. *The Physician and Sportsmedicine*. 13 (4). 114 – 132.
- Hall, C., Burton, K., Maycock, E., Wragg, E. 2011. A preliminary study into the use of infrared thermography as a means of assessing the horse's response to different training methods. *Journal of Veterinary Behavior Clinical Applications and Research*. 6 (5). 291 – 292. ISSN: 1558 - 7878.
- Head, J., Dyson, S., 2001. Taking the temperature of equine thermography. *Veterinary Journal*. 162 (3). 166 – 167.
- Holmes, L. C., Gaughan, E. M., Gorondy, D. A., Hogge, S., Spire, M. F. 2003. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. *Canadian Veterinary Journal*. 44 (5). 392 – 396.
- Hoogmoed, L. M., Snyder, J. R. 2002. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. *Veterinary Journal*. 164 (2). 129 - 141. ISSN: 1090-0233.
- Johnson, R. S., Rao, S., Hussey, B. S., Morley, P., Traub-Dargatz, L. J. 2001. Thermographic Eye Temperature as an Index to Body Temperature in Ponies. *Journal of Equine Veterinary Science*. 31 (2). 63 – 66. ISSN: 0737 - 0806.
- Kameya, T., Yamaoka, S. 1968. Effect on atmospheric conditions on skin temperature in horses. *Experimental Reports of Equine Health Laboratory*. 5. 1 – 12.
- Kastberger, G, Stachl, R. 2003. Infrared imaging technology and biological applications. *Behavior research methods, instruments, & computers: a journal of the Psychonomic Society*. 35 (3). 429 - 439.

- Lloyd-Jones, L. J., Purohit, R. C., Boyle, M., Shepherd, C. 2015. Use of Thermography for Functional Evaluation of Stallion Scrotum and Testes. *Journal of Equine Veterinary Science*. 35 (6). 488 – 494. ISSN: 0737 - 0806.
- Manfredi, J., Clayton, H. M., Derksen, F. J. 2005. Effects of different bits and bridles on frequency of induced swallowing in cantering horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology*. 2(4). 241 – 244.
- McCafferty, D. J. 2007. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Review*. 37 (3). 207 – 223.
- McGreevy, P. D., McLean, A. N. 2010. *Equitation Science*. Wiley-Blackwell. United Kingdom. P. 314. ISBN: 978 – 1 – 405 – 18905 - 7.
- McGreevy, P., Warren-Smith, A., Guisard, Y. 2012 The effect of double bridles and jaw-clamping crank nosebands on temperature of eyes and facial skin of horses. *Journal of Veterinary Behavior Clinical Application and Research*. 7 (3). 142 – 148. ISSN: 1558 - 7878.
- McLean, A. N., McGreevy, P. D. 2010. Horse-training techniques that may defy the principles of learning theory and compromise welfare. *Journal of Veterinary Behavior Clinical Applications and Research*. 5(4). 187 – 195. ISSN: 1558 - 7878.
- McManus, C., Tanure, B. C., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, M. A., Menegassi R. O. S., Stumpf, T. M., Kolling J. G., Dias, E., Costa Jr., g. B. J. 2016. Infrared thermography in animal production: An overview. *Computers and Electronics in Agriculture*. 123. 10 – 16. ISSN: 0168 - 1699.
- Michelotto, L. B., Rocha, R. M. V. M., Michelotto Jr. P. V. 2016. Thermographic Detection of Dorsal Metacarpal/Metatarsal Disease in 2-Year-Old Thoroughbred Racehorses: A Preliminary Study. *Journal of Equine Veterinary Science*. 44. 37 – 41. ISSN: 0737 - 0806.
- Mogg, K.C., Pollitt, C.C. 1992. Hoof and distal limb surface temperature in the normal pony under constant and changing ambient temperatures. *Equine Veterinary Journal*. 24 (2). 134 – 139.
- Norwood, G. L., Haynes, P. F. 1982. Dorsal metacarpal disease. In: Mansmann, R. A., McAllister, E. S. (eds.) *Equine Medicine and Surgery*, American Veterinary Publications, Santa Barbara. p. 1110 - 1117.
- Redaelli, V., Bergero, D., Zucca, E., Ferrucci, F., Costa, N. L., Crosta, L., Luzi, F. 2014. Use of Thermography Techniques in Equines: Principles and Applications. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34 (3). 345-350. ISSN: 0737 - 0806.

- Ring, E. F. J., Thomas, R., Howell, K. 2009. Sensors for medical thermography and infrared radiation measurements. In: Jones, D. P. (ed.) Biomedical Sensors. New York. p. 417 – 441. ISBN: 9781606500569.
- Ring, F. J., Ammer, K. 2012. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological Measurement*. 33 (3). 33 – 46.
- Rushton, J. O., Tichy, A., Nell, B. 2015. Introduction of the use of thermography and thermometry in the diagnosis of uveitis in horses: a pilot project. *Veterinary Record Open*. 2 (1).
- Okumus, Z, Yanmaz, L, E, Dogan, E. 2007. Instrumentation of thermography and its applications in horses. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 6 (7). 858 – 862.
- Palmer, S. E. 1981. Use of portable infrared thermometer as a means of means of measuring limb surface temperature in the horse. *American Journal of Veterinary Research*. 42 (1). 105 – 108.
- Palmer, S. 1983. Effect of ambient temperature upon the surface temperature of equine limb. *American Journal of Veterinary Research*. 44 (6). 1098 – 1101.
- Pavelski, M., Silva, M., Basten, M. S., Busato, E., Dornbusch, P. T. 2015. Infrared thermography evaluation from the back region of healthy horses in controlled temperature room. *Ciência Rural*. 45 (7). 1274 – 1279. ISSN: 1678 - 4596.
- Prathapamchandra, V., Ravichandran, P., Shanmugasundaram, J., Jayaraman, A., Salem, R. S. 2017. Vascular foramina of navicular bone: a morphometric study. Prathapamchandra V, Ravichandran P, Shanmugasundaram J, Jayaraman A, Salem RS. Vascular foramina of navicular bone: a morphometric study. *Anatomy & Cell Biology*. 50 (2). 93 – 98.
- Purohit, R. C., McCoy, M. D. 1980. Thermography in the diagnosis of inflammatory processes in the horse. *American Journal of Veterinary Research*. 41 (8). 1167 – 1174.
- Sánchez, J. M., Bartolomé, E., Valera, M. 2016. Genetic study of stress assessed with infrared thermography during dressage competitions in the Pura Raza Español horse. *Applied Animal Behaviour Science*. 174. 58 – 65. ISSN: 0168 - 1591.
- Simon, E. L., Gaughan, E. M., Epp, T., Spire, M. 2006. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 229 (12). 1940 – 1942. ISSN: 0003 - 1488.



- Soroko, M., Jodkowska, E., Zabłocka, M. 2012. The use of thermography to evaluate back musculoskeletal responses of young racehorses to training. *Thermology International*. 22 (3). 152–156.
- Soroko, M, Henklwski, R, Filipowski, H, Jodkowska, E. 2013. The Effectiveness of Thermographic Analysis in Equine Orthopedics. *Journal of Equine Veterinary Science*. 33. 760-762. ISSN: 0737 - 0806.
- Soroko, M., Dudek, K., Howell, K., Jodkowska, E., Henklewski, R. 2014. Thermographic Evaluation of Racehorse Performance. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34 (9). 1076-1083. ISSN: 0737 - 0806.
- Soroko, M., Howell, K. 2016. Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. *Jurnal of Equine Veterinary Science*. 60. 90 – 96. ISSN: 0737 - 0806.
- Soroko, M., Howell, K., Dudek, K. 2017. The effect of ambient temperature on infrared thermographic images of joints in the distal forelimbs of healthy racehorses. *Journal of Thermal Biology*. 66. 63-67. ISSN: 0306 - 4565.
- Stein, L. E., Pijanowski, G. J., Johnson, A. L., MacCoy, D. M., Chato, J. C. 1988. A comparison of steady state and transient thermography techniques using a healing tendon model. *Veterinary Surgery*. 17 (2). 90 – 96.
- Strömberg, B. 1973. Morphologic, thermographic and <sup>133</sup>Xe clearance studies on normal and diseased superficial digital flexor tendons in race horses. *Equine Veterinary Journal*. 5 (4). 156 – 161.
- Strömberg, B. 1974. The use of thermography in equine orthopedics. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. 15 (1). 94 – 97.
- Taddei, L., Benoit, M., Sukta, A., Peterson, J., Gaensslen, R.E., Negrusz, A. 2011. Detection of various performance enhancing substances in specimens collected from race horses in Illinois: A five-year experience. *Journal of Analytical Toxicology*. 34 (7). 438 - 443.
- Tunley, B. V., Henson, F. M. 2004. Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. *Equine Veterinary Journal*. 36 (4). 306 – 312.
- Turner, T. A., Fessler, J. F., Lamp, M., Pearce, J. A., Geddes, L., A. 1983. Thermographic evaluation of horses with podotrochlosis. *American Journal of Veterinary Research*. 44. 535 – 539. ISSN: 0002 - 9645.

- Turner, T. A., Purohit, R. C., Fessler, J. F. 1986. Thermography: A review in equine medicine. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian - North American Edition*. 8 (11).855 – 862. ISSN: 0193 - 1903.
- Turner, T. A. 1989. Hindlimb muscle strain as a cause of lameness in horses. *Proceedings of the Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*. 35 (18). 281 – 290. ISSN: 0065 - 7182.
- Turner, T. A. 1991. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Veterinary Clinics of North American Equine Practice*. 7 (2). 311 – 338. ISSN: 0749 - 0739.
- Turner, T. A. 1996. Thermography as an aid in the localization of upper hindlimb lameness. *Pferdeheilkunde*. 2 (4). 632 – 634. ISSN: 1047 - 8620.
- Turner, T., A., Pansch, J., Wilson, H. J. 1998. The use of thermography in lameness evaluation. *Proceedings of the American Association of Equine Practitioners*. 44. 224 – 226.
- Turner, T. A. 2001. Diagnostic thermography. *Veterinary Clinics of North American Equine Practice*. 17 (1). 95 – 113.
- Turner, T. A., Pansch, J., Wilson, J. H. 2001. Thermographic assessment of racing thoroughbreds. *The American Association of Equine Practitioners*. 47. 344 – 346.
- Turner, T. 2003. Thermography: Use in Equine Lameness. In: Ross, M., Dyson, S. J. (eds.). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Elsevier Saunders. 236-239. ISBN: 978 – 0 – 7216 – 8342 – 3.
- Vaden, M. F., Purohit, R. C., McCoy, D., Vaughan, J. T. 1980. Thermography: a technique for subclinical diagnosis of osteoarthritis. *American Journal of Veterinary Research*. 41 (8). 1175 – 1179.
- Von Schweinitz, D. G. 1998. Thermographic evidence for the effectiveness of acupuncture in equine neuromuscular disease. *Acupuncture in Medicine*. 16 (1). 14 – 17.
- Von Schweinitz, D. G. 1999. Thermographic diagnosis in equine back pain. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 15 (1). 161 – 177. ISSN: 0749 - 0739.
- Webbon, P. M. 1978. Limb skin thermometry in racehorses. *Equine Veterinary Journal*. 10 (3). 180 – 184.
- Weil, M., Litzke, L. F., Fritsch, R. 1998. Diagnostic validity of thermography of lameness in horses. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 26 (6). 346 – 354.
- Westermann, S., Buchner, H. H. F., Schramel, J. P., Tichy, A., Stanek, C. 2013. 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 American Veterinary Medical Association*. 242 (3). 388 – 395.

Westermann, S., Stanek, C., Schramel, J. P., Ion, A., Buchner, H. H. 2013. The effect of airflow on thermographically determined temperature of the distal forelimb of the horse. *Equine Veterinary Journal*. 45 (5). 637 – 641.

Yanmaz, L. E., Okumus, Z. 2014. Using infrared thermography to detect corneal and extremity temperatures of healthy horses. *Israel Journal of Veterinary Medicine*. 69 (1). 20 – 23.