

Utilizzo della tecnica termografica per il rilevamento della temperatura della corona come fattore di rischio per la laminite nel cavallo Uno studio preliminare

La diagnosi precoce di laminite è fondamentale per la cura di questa patologia e l'utilizzo della tecnica termografica può rappresentare un valido metodo di screening per le sue caratteristiche di rapidità e non invasività.

La laminite è una patologia dello zoccolo che deriva da una congestione acuta dei tessuti parietali del piede, che evolve verso lo scollamento necrotico della podofilla dalla cheratilla e si concretizza in una perdita di coesione tra la scatola cornea e la falange distale (Deniau *et al.* cit. da Luxardo e Rognoni, 2004). La laminite si manifesta classicamente con una zoppia acuta degli arti anteriori o dei quattro arti, più raramente di singoli arti. I sintomi di questa malattia sono in genere gravi (causa dolore forte e persistente), l'evoluzione è rapida e la prognosi è spesso riservata. Le cause possono essere molteplici, quali turbe metaboliche gravi legate a uno stato di endotossiemia o squilibri endocrini, infiammazione locale di origine infettiva o traumatica, brusco o cronico eccesso di carico esercitato su uno o più piedi, ecc.

I sovraccarichi alimentari di idrati di carbonio o di azoto sono la causa più frequente di laminite "metabolica" (bruschi eccessi di concentrati o di pascolo primaverile), o anche una estesa infezione micotica può essere causa di laminite. La laminite sistemica è correlata a endotossiemia e ha come prima alterazione identificabile una vasocostrizione venosa digitale che comporta una congestione passiva del podofilloso dorsale ed edema parietale. Questo processo si evolve con rilascio di mediatori chimici dell'infiammazione e progressione della turbe vascolari che portano all'arresto della perfusione parietale.

Tuttavia recenti osservazioni portano ad escludere che le cause che portano allo sviluppo della laminite siano prettamente vascolari, evidenziando il ruolo di alcuni enzimi tissutali (metalloproteasi) come responsabili del degrado epidermico (Pollit, 2000 cit. da Luxardo e Rognoni, 2004). Una qualsiasi infiammazione locale che causi errata perfusione del piede ha sintomi e sviluppo molto simili alla laminite metabolica. La laminite meccanica ha come causa eziologica il sovraccarico globale dell'arto o particolari sollecitazioni indotte dalla conformazione del piede: i piedi lunghi e piatti sono più soggetti a questo tipo di sollecitazioni in quanto il centro delle pressioni esercitate sulla superficie soleare è più vicino alla punta quindi le tensioni esercitate sul tendine perforante alla fine della propulsione sono maggiori.

Lo scollamento tra podofilla e cheratilla costituisce una tappa fondamentale nello sviluppo della laminite in quanto demarca uno stato infiammatorio reversibile rispetto alla laminite cronica con rotazione della terza falange o collasso della stessa all'interno della scatola cornea (rifondimento). La perdita di coesione tra il derma e la parete dorsale e l'azione di trazione esercitata dal tendine del muscolo flessore profondo del dito causano in fase avanzata di laminite una rotazione della punta della terza falange in direzione caudale. L'entità della rotazione dipende dalla gravità della patologia (quindi dall'entità

Veronica Redaelli*, **Emanuela Valle****,
Cristina Solimeno***, **Maria Cristina Cozzi****, **Alberto Arrigoni******, **Fabio Luzi*******, **Domenico Bergero*******

*PhD, Assegnista, Dipartimento di Medicina Veterinaria, Università degli Studi di Milano
** Ricercatore Confermato, Dipartimento di Scienze Veterinarie, Università degli Studi di Torino, Grugliasco (TO)

***Dottore Zoonomo, Laureato presso il Dipartimento di Medicina Veterinaria, Università degli Studi di Milano

****Dottore Zootecnico, Allievo Maniscalco, Castello d'Agogna (PV)

*****Professore Associato, Dipartimento di Medicina Veterinaria, Università degli Studi di Milano

*****Professore Ordinario, Dipartimento di Scienze Veterinarie, Università degli Studi di Torino, Grugliasco (TO)

dello scollamento parietale). Nel caso più grave la rotazione è tale da comportare lo sfondamento della suola da parte della terza falange (Deniau *et al.* cit. da Luxardo e Rognoni, 2004).

La diagnosi precoce è fondamentale per la cura della laminite e l'utilizzo della tecnica termografica può rappresentare un valido metodo di screening per le sue caratteristiche di rapidità e non invasività nei confronti dell'animale. Uno dei sintomi tipici della laminite subacuta e acuta è difatti l'ipertermia della corona, la cui temperatura è però soggetta anche a variazioni nell'arco della giornata. Questo lavoro si propone di analizzare l'andamento circadiano della temperatura della corona in cavalli sani, in particolare in vicinanza dei pasti, per poter escludere questo fattore di variazione durante un ipotetico *screening* volto alla diagnosi precoce della laminite.

LA TERMOGRAFIA

La termografia, o termovisione, è una tecnica di indagine non invasiva che fornisce in tempo reale una "mappatura termica" di qualsiasi corpo opaco alle radiazioni nell'infrarosso, consentendone quindi la misurazione a distanza della temperatura superficiale (Redaelli, 2010). Essa si fonda sul principio fisico secondo cui qualunque corpo con una temperatura maggiore degli 0 K - zero assoluto- (che corrisponde a circa -273,15°C) emette energia sotto forma di radiazione infrarossa. L'energia termica o infrarossa consiste in radiazione elettromagnetica la cui lunghezza d'onda risulta troppo grande per essere percepita dall'occhio umano; si tratta della porzione dello spettro elettromagnetico che viene rilevata come calore (Chiminelli, 2009).

Le onde elettromagnetiche nell'infrarosso sono caratterizzate, secondo la classificazione standard DIN/CIE da lunghezza d'onda (λ) compresa tra 0.7 μm e 1000 μm (1 mm) e frequenza (ν) compresa tra 428 THz e 300 GHz. Sono tuttavia utilizzati anche altri metodi di classifica-

zione con parametri leggermente diversi. La radiazione infrarossa emessa da un corpo dipende dalla sua temperatura e lo strumento che converte tale energia in un segnale digitale è appunto la telecamera termografica o termocamera.

I termogrammi ottenuti possono poi essere elaborati con appositi programmi informatici dedicati.

La tecnica termografica vanta innumerevoli campi d'applicazione tra cui si ricordano la certificazione energetica degli edifici, la manutenzione predittiva nell'industria, la medicina.

Bisogna però considerare che la radiazione proveniente da un corpo non è necessariamente emessa dallo stesso. È difatti possibile che la radiazione infrarossa ambientale venga riflessa dai diversi materiali e ciò può costituire un fattore critico nella lettura dei termogrammi.

La temperatura superficiale dei corpi è estremamente variabile ed è facile ottenere termogrammi errati e fuorvianti. Anche una semplice corrente d'aria potrebbe alterare le misure termografiche. Un buon metodo per prevenire errori è quello di redigere rigidi protocolli di lavoro e applicarli scrupolosamente, tenendo conto delle condizioni esterne (meteorologiche, stabulative, ecc.) in cui vengono realizzate le misure.

MATERIALI E METODI

Per la prova sono stati presi in considerazione 6 soggetti di sesso maschile, di età compresa tra i 5 e i 14 anni stabulati su lettiera di truciolo depolverizzato presso un Centro Ippico in provincia di Torino. Tutti i cavalli utilizzati per la prova non manifestavano patologie conclamate, erano regolarmente vaccinati e sottoposti a trattamenti sanitari di routine. I cavalli svolgevano quotidianamente 40 minuti di lavoro alla corda e trascorrevano quotidianamente 2 ore circa in paddock a fondo sabbia. I cavalli erano alimentati con fieno polifita di prato stabile e pastone di avena, in quantità variabile in base alle esigenze di ogni singolo cavallo e somministrati come indicati in tabella

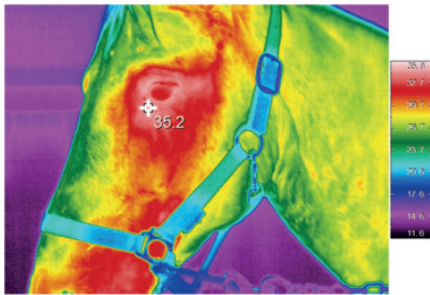


Foto 1. Esempio di immagine termografica per il rilievo della temperatura perioculare.

TABELLA 2. Orari dei rilievi

Numero rilievo	Ora
1	7.50
2	8.10
3	9.00
4	11.00
5	12.00
6	13.10
7	14
8	16.00
9	17.00
10	17.40
11	18.45
12	20.45
13	21.45
14	00.00
15	1.45
16	3.45
17	6.30

1. La prova è stata condotta nel periodo estivo, nei mesi di luglio e agosto. I rilievi termografici sono stati effettuati con una termocamera modello AVIO TVS 500, dotata di sensore microbolometrico con 320x240 pixel, risoluzione termica migliore di 0,08 °C e spaziale di 1,67 mrad. Per l'acquisizione e l'elaborazione informatica dei termogrammi è stato utilizzato il software IRT Analyzer della Goratech.

I rilievi, di cui si riportano alcuni esempi nelle immagini 1, 2 e 3, sono stati svolti all'interno della scuderia seguendo un preciso ordine degli animali. L'illuminazione era naturale non diretta, o fornita da luci al neon. La temperatura ambientale presente durante le misure è stata rilevata. La termocamera era accesa trenta minuti prima dell'inizio di ogni rilievo e i soggetti avevano zoccoli opportunamente pulite da residui di terra, lettiera o sabbia e non bagnati. Sono state rilevate con la termocamera la tem-

TABELLA 1. Orari di somministrazione pasti

	Orario	Alimento somministrato
Pasto 1	8.00	Fieno e concentrato
Pasto 2	13.00	Concentrato
Pasto 3	17.30	Fieno e concentrato

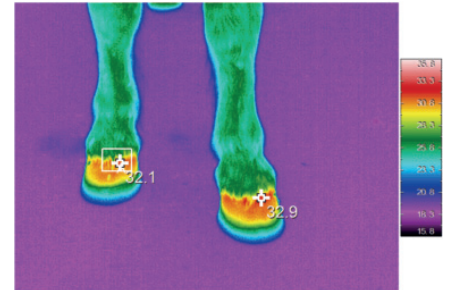
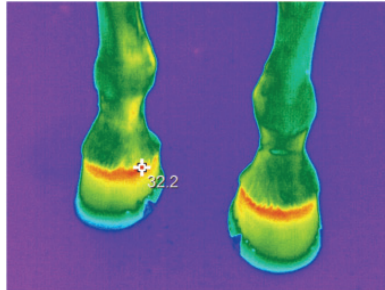


Foto 2 e 3. Esempi di immagini termografiche per il rilievo della temperatura delle corone.

peratura massima a livello delle quattro corone e la temperatura massima perioculare di entrambi gli occhi (come valore di controllo per escludere stati fisiologici alterati dell'animale) (foto 1, 2 e 3).

Ogni cavallo è stato monitorato per 24 ore consecutive, a intervalli regolari e tenendo conto dell'orario dei pasti, come indicato in tabella 2. I dati rilevati sono stati archiviati ed elaborati su foglio di calcolo Excel.

RISULTATI OTTENUTI

Le medie e le deviazioni standard dei dati raccolti sono riportate in tabella 3 e visualizzate nel grafico 1. Le variazioni della temperatura rispetto al rilievo delle ore 7.50 (considerato basale) sono invece riportate nel grafico 2.

Dall'analisi dei dati raccolti si evidenzia che, per quanto riguarda la temperatura delle corone anteriori, i valori medi sono compresi tra un minimo di 31,9 °C e un massimo di 34,7 °C, mentre i valori medi delle corone posteriori oscillano tra 32 °C e 34,3 °C. I valori medi di temperatura delle corone anteriori sono risultati essere nella maggior parte dei casi superiori ai valori di quelle posteriori e l'andamento circadiano delle temperature appare molto simile. Nel corso della giornata, le temperature registrate al primo rilievo basale (dopo il digiuno *overnight*) presenta-

TABELLA 3. Medie e deviazioni standard delle temperature rilevate

Ora	Media corone ant.	ds ant	Media corone post.	ds post	Media perioculare	ds perioculare
7.50	32,3	1,1	32,6	0,8	35,0	0,3
8.10	31,9	0,5	32,0	0,6	35,2	0,3
9.00	33,1	0,4	33,2	0,3	35,6	0,3
11.00	33,3	0,5	33,1	0,4	35,3	0,2
12.00	33,7	0,5	33,5	0,5	35,5	0,3
13.10	33,7	0,5	33,6	0,4	35,7	0,4
14.00	33,8	0,5	33,8	0,5	35,6	0,3
16.00	33,8	0,2	33,6	0,5	35,7	0,3
17.00	34,1	0,6	33,7	0,6	35,8	0,2
17.40	34,2	0,3	34,0	0,4	36,0	0,4
18.45	34,7	0,8	34,3	0,6	36,0	0,2
20.45	33,6	0,5	33,2	0,3	35,8	0,4
21.45	33,6	0,7	33,2	0,5	35,5	0,3
00.00	32,5	0,9	32,4	0,9	34,9	0,4
01.45	33,5	0,8	33,2	0,5	35,5	0,4
3.45	33,1	1,0	32,8	0,7	35,3	0,6
6.30	32,7	0,8	32,3	0,3	34,8	0,2

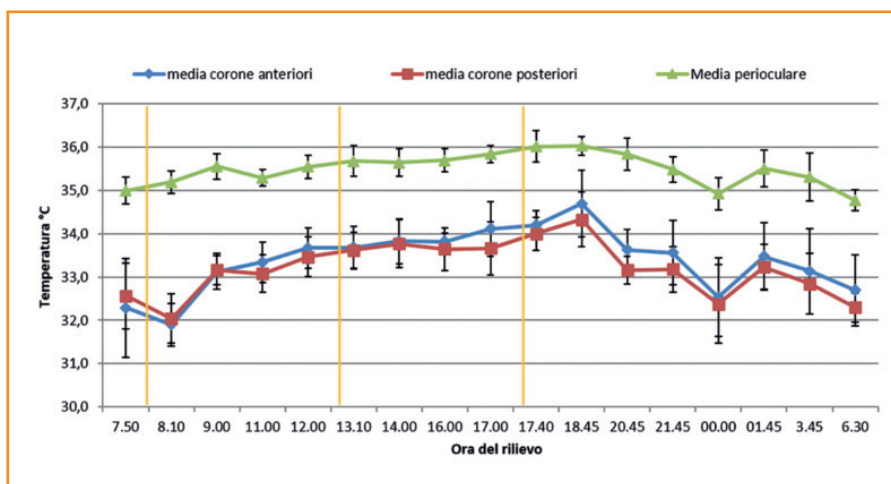


Grafico 1. Medie delle temperature rilevate sulle corone (ant. e post.) e della temperatura perioculare. Le linee verticali arancio rappresentano gli orari dei pasti.

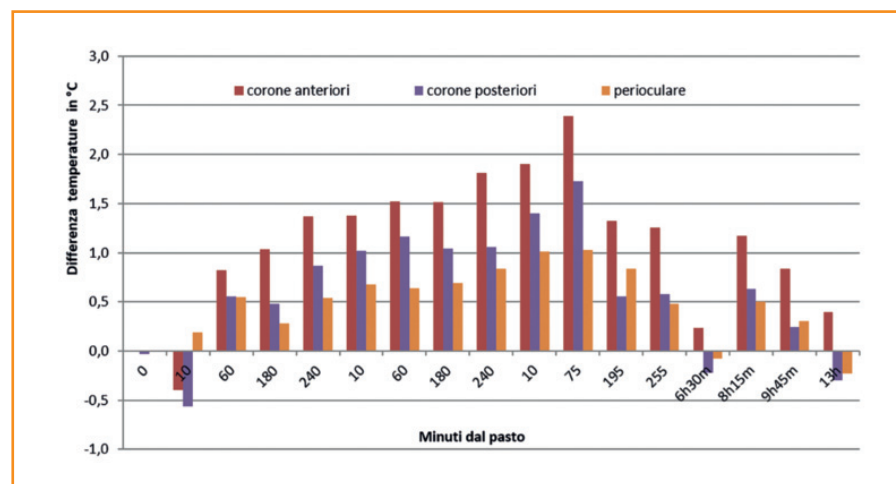


Grafico 2. Differenze di temperatura delle corone e dell'area perioculare rispetto al rilievo delle ore 7.50 considerato basale.

no valori medi complessivi di 32,4 °C; i valori tendono a crescere dopo il primo pasto fino a un picco relativo di circa 33 °C a 60 minuti dopo di esso, per poi stabilizzarsi o decrescere di qualche decimo di grado a 120 minuti dopo il primo pasto. Tuttavia, nell'intervallo tra le ore 8.00 e le ore 13.00 le temperature sono in complessivo aumento e, dopo il secondo pasto, i valori sono ancora in crescita ma solo di qualche decimo di grado. Il picco massimo giornaliero si riscontra al rilievo delle 18.45 (circa 60 minuti dopo il terzo pasto) con medie complessive di circa 34,5 °C, per poi tendere a decrescere continuamente durante la sera e la notte fino al ritorno alla temperatura considerata basale di 32,5 °C. La temperatura perioculare media, rilevata come valore di controllo, rispecchia l'andamento della temperatura delle corone con oscillazioni comprese tra 34,8 °C e 36 °C.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Obiettivo di questo lavoro era quello di valutare l'andamento circadiano della temperatura della corona in cavalli sani, in particolare in vicinanza dei pasti, per poter tenere in considerazione queste variazioni fisiologiche.

che nell'utilizzo della termocamera come ausilio alla diagnosi precoce della laminite.

Dopo i pasti è stato possibile riscontrare un aumento ben marcato della temperatura delle corone. Tra i pasti consumati dai cavalli quello delle ore 13.00 è quello in cui si riscontrano variazioni di minore entità. Il pasto delle ore 8.00 è quello che dà luogo a variazioni più consistenti, probabilmente a causa del digiuno overnight. A livello delle corone si raggiungono variazioni molto significative a 60 minuti dopo il pasto (0,8 °C). La variazione di temperatura a livello perioculare è meno ingente e compresa tra 0,5 °C e 1 °C, a 60 minuti dopo i pasti.

Concludendo, in caso di utilizzo della tecnica termografica sulle corone come tecnica di screening per la diagnosi precoce della laminite, è importante tenere conto dell'orario del rilievo, sia rispetto al momento della giornata sia rispetto al tempo trascorso dall'ultimo pasto. Il momento migliore potrebbe essere quello delle ore mattutine prima della somministrazione del primo pasto della giornata. È inoltre indispensabile seguire un protocollo di lavoro che tenga conto e possibilmente elimini tutti i possibili fattori di disturbo (irraggiamento solare, fonti esterne di riscaldamento o raffrescamento, acqua o sporco sugli arti, ecc.).

BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV. (Luxardo M., Rognoni C., a cura di), Il piede del cavallo, Milano, Point Vétérinaire Italie, 2004.
2. Arrigoni A.; Applicazioni della tecnica termografica in mascalcia e podologia equina; Elaborato Finale; Dipartimento di Scienze Veterinarie Per la Salute, la Produzione Animale e la Sicurezza Alimentare; Corso di Laurea in Produzioni Animali, Alimenti e Salute; Facoltà di Medicina Veterinaria; Università degli Studi di Milano; Anno Accademico 2014-2015.
3. Biacca C.; Laminite equina: L'importanza della collaborazione tra veterinario, maniscalco e proprietario; in "Veterinaria Pratica Equina" anno XVIII n°3; settembre 2016.
4. Chiminelli E., Utilizzo della telecamera termografica in ippatria, Tesi di Laurea, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università degli Studi di Milano, Anno Accademico 2008-2009.
5. Cuevas Ramos, G., La crioterapia continua: un trattamento necessario per prevenire la laminite e limitarne le conseguenze; in "Veterinaria Pratica Equina" anno XVIII n°3; settembre 2016.
6. Duff A., A Systematic approach to foot lameness in horses, in "Veterinary Times" n° 21, 25-05-2015.
7. Ludwig N., Luzi F., Ricca R., La termografia: teoria e applicazioni, Milano, Point Vétérinaire Italie, 2015.
8. Luzi F., Mitchell M., Nanni Costa L., Redaelli V., Thermography: Current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine, Brescia, Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche, 2013.
9. Papa M., Sistemi non invasivi per il rilievo dell'attività metabolica nel cavallo: la termografia, Tesi di Laurea, Dipartimento di Scienze Animali - Sezione di Zootecnica Veterinaria, Corso di Laurea in Biotecnologie Veterinarie, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università degli Studi di Milano, A/A 2009-2010.
10. Redaelli V., Bergero D., Zucca E., Ferrucci F., Nanni Costa L., Crosta L., Luzi F., Use of Thermography Techniques in Equines: Principles and Applications, in "Journal of Equine Veterinary Science" n° 34, 2014, pag. 345-350.
11. Redaelli V., Utilizzo della tecnica termografica come strumento non invasivo per lo studio del benessere e dello stato sanitario nelle specie animali di interesse zootecnico e da affezione, Tesi di Dottorato di Ricerca, Scuola di Dottorato in Sanità e Produzioni Animali: Scienza, Tecnologia e Biotecnologia, Università degli Studi di Milano, A/A 2009-2010.
12. Solimeno C.; Applicazione della tecnica termografica per il rilevamento della temperatura della corona come risk factor per la laminite nel cavallo sportivo; Tesi di Laurea; Dipartimento di Scienze Veterinarie Per la Salute, la Produzione Animale e la Sicurezza Alimentare; Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie delle Produzioni Animali; Facoltà di Medicina Veterinaria; Università degli Studi di Milano; Anno Accademico 2013-2014.
13. Valle E., Redaelli V., Papa M., Bergero D., Luzi F. (2011) Infrared thermography: a non invasive technique to asses metabolic activity in horses. Intervento presentato al 5. convegno 5th International Conference on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level tenutosi a Guelph nel 2011.

RIASSUNTO

Questa ricerca ha l'obiettivo di valutare l'andamento circadiano della temperatura delle corone in cavalli sani per poter escludere questi fattori di variazione durante gli screening termografici per la diagnosi precoce della laminite. La temperatura delle corone appare influenzata dai pasti e dall'orario di rilevamento.

PAROLE CHIAVE: laminite, termografia, diagnosi precoce, cavallo.

SUMMARY

Aim of this research was to evaluate the circadian variation of the temperature on the coronary band in healthy horses, in order to use thermographic technique for the early diagnosis of laminitis. The time of day and the distance from the feed can influence the temperature of the coronary band.

KEYWORDS: laminitis, infrared technique, early diagnosis, horse.