

Valutazione dell'accuratezza diagnostica di un borescopio flessibile per la diagnosi della dermatite digitale in sala di mungitura



SALVATORE FERRARO^{1,2,*}, MARJOLAINE ROUSSEAU¹, SIMON DUFOUR³, JOCELYN DUBUC¹, JEAN-PHILIPPE ROY¹, ANDRÉ DESROCHERS¹

¹ Département de sciences cliniques, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, 3200 rue Sicotte, St-Hyacinthe, Québec, J2S 2M2, Canada

² Department of Clinical Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, P.O. Box 7054, SE-750 07 Uppsala, Sweden.

³ Département de pathologie et microbiologie, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, 3200 rue Sicotte, St-Hyacinthe, Québec, J2S 2M2, Canada

SUMMARY

Digital dermatitis causes lameness, discomfort, and economic losses worldwide. The test considered the 'gold standard' for diagnosis of digital dermatitis is the visual inspection of the feet into a trimming chute. However, this test is challenging to perform in daily operations. For this reason, several alternative methods to diagnose digital dermatitis in the milking parlor have been explored in the last years. The use of a rigid borescope was one of them but its use has been limited because of its laborious use in the milking parlor and its high cost. Several and affordable models of flexible borescope are now available on the market. Our study objective was to quantify the accuracy of a flexible borescope for diagnosing digital dermatitis in a milking parlor. The study was conducted in a commercial free-stall herd milking approximately 200 cows. The borescope evaluation of hind feet was performed in the milking parlor 24-48 hours before the routine preventive hoof trimming. The same observer was used to diagnose the disease. The lesions at both evaluations were scored using the classification described by Döpfer and modified by Berry (2001).

Data were analyzed using two statistical approaches. In the first one, data were dichotomized as digital dermatitis lesions (M1, M2, M3, M4, M4.1) vs. no lesions (M0). In the second one, data were dichotomized as active lesions of digital dermatitis (M1, M2, M4.1) vs. chronic lesions/no lesions of digital dermatitis (M3, M4, M0). Sensitivity, specificity, and predictive values of both models were computed. Data from 870 hind feet were analyzed. Using the first approach, sensitivity, specificity, positive and negative values were 64% (95% C.I.: 57%-69%), 91% (95% C.I.: 88%-93%), 97% (95% C.I.: 91%-99%) and 80% (95% C.I.: 78%-83%), respectively. Using the second approach, the values were 39% (95% C.I.: 32%-45%), 99% (95% C.I.: 98%-100%), 97% (95% C.I.: 91%-99%) and 80% (95% C.I.: 77%-83%), respectively.

Based on these results, it was concluded that a flexible borescope can be used to diagnose the digital dermatitis lesions in the milking parlor. However, the ability of this test to diagnose active lesions of digital dermatitis appears to be limited. This means that it could result in an underestimation of the true prevalence of active lesions compared with the gold standard technique.

KEY WORDS

Dairy cattle, digital dermatitis, flexible borescope, lameness, milk parlor.

INTRODUZIONE

La dermatite digitale (DD) del bovino è una malattia infettiva diagnosticata per la prima volta in Italia nel 1974; da allora, questa malattia si è diffusa in tutto il mondo [1]. La prevalenza della DD varia nei vari Paesi e nelle diverse realtà zootecniche ed è stimata essere attorno al 20-30% [1, 2]. I fattori di rischio dell'insorgenza della DD sono molteplici e tra di essi vi sono lo stadio di lattazione, l'età degli animali, la nutrizione, l'igiene dell'allevamento e la biosicurezza [1]. L'eziologia della DD non è stata ancora completamente chiarita, ma è certo che i batteri appartenenti al genere *Treponema* giocano un ruolo importan-

te nell'insorgenza della stessa [3]. L'aspetto delle lesioni della DD è solitamente vario (le lesioni possono variare da necrotico-ulcerativo a papilliforme-proliferativo). In letteratura sono descritte diverse classificazioni della DD, ma quella più usata è la classificazione descritta da Dopfer nel 1997 e che è stata successivamente modificata da Berry nel 2001 [4, 5]. Secondo questa classificazione si riconoscono sei stadi della DD e cinque tipi di lesioni (Figura 1):

- La lesione M0 rappresenta la cute integra senza traccia di DD;
- M1 è una lesione ulcerativa di colore rossastro, dolorosa avente un diametro inferiore a 2 cm;
- M2 è una lesione ulcerativa, di colore rossastro, dolorosa avente un diametro superiore a 2 cm;
- M3 è caratterizzata da una lesione indolore che ha l'aspetto di una crosta nerastra
- M4 è una lesione indolore cronica, proliferativa, dall'aspetto a cavolfiore e di colore grigiastro;

Corresponding Author:

Salvatore Ferraro (salvatore.ferraro@slu.se).

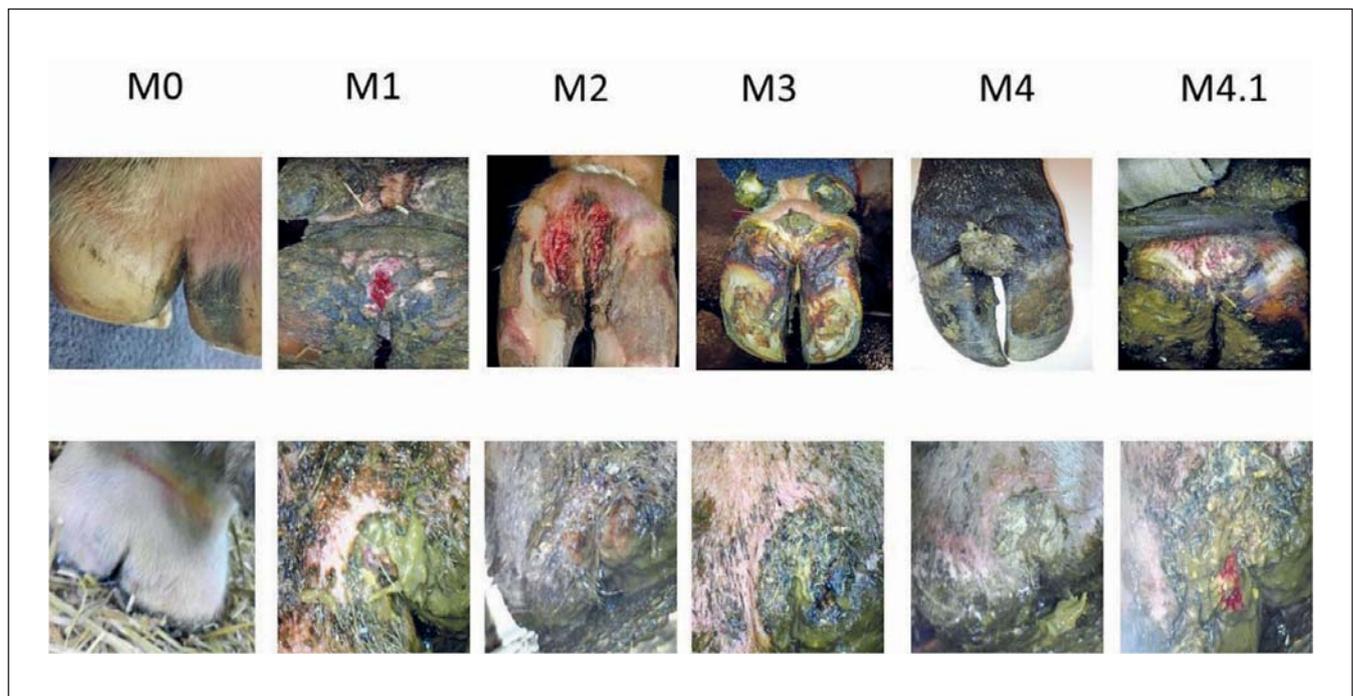


Figura 1 - Classificazione delle lesioni come descritta da Dopfer (1997) e successivamente modificata da Berry (2001). Nella prima linea della foto si può vedere l'aspetto delle lesioni usando la visualizzazione diretta nel travaglio. Nella seconda linea si può vedere l'aspetto delle lesioni quando viene usato il borescopio flessibile in sala mungitura (le immagini della prima linea sono state gentilmente concesse dal Dr. André Desrochers)

- M4.1 è una lesione indolore cronica, proliferativa dall'aspetto a cavolfiore di colore grigiastro in cui sono presenti dei punti rossastri di riattivazione [3, 6].

Il 94% delle lesioni è localizzato nei piedi posteriori e l'85% di esse è localizzato nella faccia plantare del piede [1, 7]. Le lesioni della DD sono causa di zoppie dei bovini e di conseguenza, la presenza della DD ha un impatto negativo sul benessere degli animali. La DD ha anche dei costi che sono dovuti al suo controllo, alla riduzione della produzione latte e della fertilità associate alla malattia [1, 8-10]. Il trattamento della DD è basato sulla terapia individuale delle bovine che ne sono affette e sull'utilizzo dei pediluvii collettivi per il suo controllo [2].

L'ispezione visiva delle lesioni nel travaglio per il pareggio è considerata il test 'gold standard' per la diagnosi della DD [7, 11]. Ma l'ispezione visiva delle lesioni nel travaglio è un esame diagnostico laborioso e, inoltre, può inficiare il benessere e la produttività delle bovine [12]. Per questi motivi esso è difficilmente integrabile nelle operazioni quotidiane dell'allevamento delle bovine da latte [12].

A causa delle difficoltà di sottoporre frequentemente le bovine all'ispezione visiva nel travaglio, negli ultimi anni sono stati descritti diversi metodi alternativi per la diagnosi della DD. Tra i diversi metodi diagnostici proposti vi è la visualizzazione delle lesioni in sala di mungitura [13], che può essere diretta o indiretta tramite l'aiuto di uno specchio [7, 11]. La valutazione in sala mungitura può anche essere fatta tramite l'utilizzo di un boroscopio rigido [14, 15]. L'utilizzo del boroscopio rigido in sala mungitura in passato ha dato dei buoni risultati ma il suo uso è stato limitato dalla sua scarsa maneggevolezza e dal suo alto costo [7, 11, 13]. Ma negli ultimi anni sul mercato sono presenti diversi modelli di boroscopi dai prezzi contenuti e che hanno la possibilità di essere collegati, tramite wireless, con un cellulare o un tablet. Inoltre, alcuni modelli di boroscopi presenti sul mercato sono flessibili e quindi poten-

zialmente il loro utilizzo potrebbe migliorare la visualizzazione delle lesioni in sala di mungitura (Figura 2).

L'obiettivo del presente studio è stato quello di valutare l'accuratezza diagnostica del boroscopio flessibile per la diagnosi della DD nelle bovine da latte in sala mungitura. La nostra ipotesi è stata quella di ritenere il boroscopio flessibile un valido metodo diagnostico della DD delle bovine da latte in alternativa all'utilizzo dell'ispezione visiva delle lesioni nel travaglio.

MATERIALI E METODI

Management degli animali arruolati

I dati dello studio sono stati tratti da un più ampio progetto di ricerca sulla diagnosi e controllo della DD nelle bovine da latte. Il progetto è stato approvato dal Comitato Etico per l'Utilizzazione degli Animali per la Ricerca Scientifica dell'Université de Montréal (protocollo CÉUA: # 16-RECH-1826). Lo studio è stato condotto in un allevamento commerciale di bovine da latte. Le bovine presenti in allevamento erano tutte di razza Frisone Canadese. In allevamento erano presenti, al momento dello studio, circa 200 vacche in lattazione. Le bovine erano munte tre volte al giorno in una sala mungitura rotativa obliqua. La produzione media delle bovine per una lattazione standard di 305 giorni era di 11800 kg. L'allevamento era a stabulazione libera con cuccette. Le cuccette erano provviste di lettiera fatta di paglia e calce. La lettiera era aggiunta giornalmente e cambiata completamente ogni due settimane, le corsie di alimentazione e di movimentazione erano costituite da pavimento fessurato e pulite tramite robot semovibile. Il pareggio funzionale era effettuato regolarmente sulle vacche in lattazione e in asciutta tre volte l'anno. Le manze, invece, erano sottoposte a pareggio funzionale due volte l'anno. Le bovine che presentavano una zoppia erano trattate individualmente secondo la causa della pa-



Foto 1 - Nella foto 1 è riportato il modello del boroscopio flessibile che è stato usato durante lo studio. Da notare che questo modello di boroscopio è formato da una base solida, in cui sono contenute delle batterie e in cui è possibile inserire uno smartphone per la visualizzazione delle immagini, e da un cavo flessibile alla cui estremità è presente una videocamera e una sorgente di luce LED (foto tratta da www.amazon.ca).

tologia specifica. Le bovine affette da DD erano trattate con tetraciclina in polvere. Il controllo della DD delle bovine in lattazione era effettuato tramite pediluvio (due volte a settimana) contenente una soluzione al 5% di solfato di rame. La soluzione veniva cambiata regolarmente dopo ogni giornata di trattamento. L'unità di campionamento dello studio era la faccia plantare dei piedi posteriori [7, 11].

Campionamento

La valutazione delle lesioni in sala mungitura è stata fatta tramite l'utilizzo di un boroscopio flessibile (WF200 WiFi Endoscope, Teslong Technology Ltd., Shenzhen, Guangdong, China (foto 1), connesso tramite wireless ad un tablet (iPad, Apple Inc, Cupertino, CA, USA). Le immagini derivate dal boroscopio sono state visualizzate sul tablet e valutate da due veterinari (SF e AD). Durante la valutazione in sala mungitura è stata utilizzata la luce LED prodotta dal boroscopio per visualizzare le lesioni (foto 2). La valutazione in sala mungitura è stata fatta 24-48 ore prima del pareggio funzionale. I piedi non sono stati lavati prima della valutazione, né sono stati manipolati in alcun modo. I risultati della valutazione sono stati raccolti in fogli di carta prestampati e successivamente copiati su un foglio di calcolo Excel. La valutazione delle lesioni durante il pareggio funzionale è stata fatta dal primo autore (SF) ponendosi a circa 50 cm dalla superficie plantare del piede posteriore della bovina contenuta nel travaglio. Durante la valutazione i piedi non sono stati lavati né sono stati sottoposti ad alcuna manipolazione. La valutazione è stata fatta con la luce naturale. I dati sono stati raccolti su fogli di carta prestampati e successivamente copiati su un foglio di calcolo Excel.

Analisi statistiche

I dati provenienti dallo studio sono stati analizzati utilizzando due modelli. Nel primo modello è stata valutata la capacità del



Foto 2 - Utilizzo di un boroscopio flessibile in sala mungitura fatta durante lo studio. Da notare la presenza sulle braccia dell'operatore dell'ipad usato come schermo per la visualizzazione delle lesioni della dermatite digitale. L'utilizzo dell'ipad può essere sostituito da uno smartphone montato direttamente sul boroscopio flessibile (vedi foto 1).

boroscopio di diagnosticare le lesioni della DD in sala mungitura. Per questo motivo i dati sono stati dicotomizzati in due categorie: lesioni della DD (M1, M2, M3, M4, M4.1) versus assenza delle lesioni (M0) [16]. Nel secondo modello è stata valutata la capacità del boroscopio di diagnosticare, in sala mungitura, le lesioni attive della DD. Per questo motivo i dati sono stati dicotomizzati in due categorie: lesioni attive della dermatite (M1, M2, M4.1) versus assenza delle lesioni e/o lesioni croniche (M0, M3, M4) [16]. I dati raccolti sono stati sintetizzati due tavole di contingenza 2x2 (Tabella 1 e 2). I dati provenienti dalla valutazione fatta tramite il boroscopio in sala mungitura (index test) sono stati comparati ai dati della valutazione effettuata nel travaglio (reference test). La valutazione delle lesioni nel travaglio è stata considerata come il test 'gold standard'. L'accordo tra la valutazione effettuata in sala mungitura tramite boroscopio e la valutazione fatta nel travaglio è stato valutando il Kappa di Cohen (k) [17]. I risultati sono stati interpretati seguendo le linee guida riportate da Doho e colle-

Tabella 1 - Tavola di contingenza 2x2 dei risultati dell'esame fatto con il boroscopio flessibile e la visualizzazione diretta delle lesioni nel travaglio fatta su 870 piedi secondo il primo modello: lesioni della dermatite digitale (M1, M2, M3, M4, M4.1) versus assenza delle lesioni (M0).

	Boroscopio +	Boroscopio -	Totale
Visualizzazione nel travaglio +	183	105	288
Visualizzazione nel travaglio -	52	530	582
Totale	235	635	870

Tabella 2 - Tavola di contingenza 2x2 dei risultati dell'esame fatto con il boroscopio flessibile e la visualizzazione diretta delle lesioni nel travaglio fatta su 870 piedi secondo il primo modello: lesioni attive della dermatite digitale (M1, M2, M4.1) versus assenza delle lesioni o lesioni croniche (M0, M3, M4).

	Boroscopio +	Boroscopio -	Totale
Visualizzazione nel travaglio +	94	148	242
Visualizzazione nel travaglio -	3	625	628
Totale	97	773	870

ghi (2009) [17]: ≤ 0 = accordo molto scarso, 0.01 to 0.2 = leggero accordo, 0.21 to 0.4 = accordo equo, 0.41 to 0.6 = accordo moderato, 0.61 to 0.8 = accordo sostanziale, 0.81 to 1 = accordo quasi perfetto [17]. La concordanza tra la valutazione fatta in sala mungitura utilizzando il boroscopio flessibile e la valutazione fatta nel travaglio è stato calcolato usando SAS 9.4. L'accuratezza diagnostica del boroscopio flessibile è stata valutata usando Rstudio 4.0 [19] utilizzando il package «epiR» (Package epiR 2.0.19) e sono stati calcolati i seguenti parametri: la prevalenza, la sensibilità, la specificità, i valori predittivi (positivo e negativo) e rapporti di verosimiglianza (positivo e negativo). L'area sotto la curva è stata calcolata utilizzando Rstudio (R version 4.0.4) [20] con la funzione «accuracy» del package «rfutilities». I dati sono stati analizzati utilizzando un intervallo di confidenza del (I.C.) del 95%.

RISULTATI

Un totale di 1064 piedi posteriori è stato valutato nel travaglio durante il pareggio funzionale. Un totale di 904 piedi posteriori è stato valutato utilizzando il boroscopio flessibile in sala mungitura. Un totale di 870 osservazioni è stato utilizzato per l'analisi dell'accuratezza diagnostica del boroscopio flessibile. Trenta quattro valutazioni sono state escluse perché non era stato possibile fare la valutazione della faccia plantare dei piedi posteriori. I risultati della analisi statistiche dell'accuratezza diagnostica del boroscopio flessibile in sala mungitura per la diagnosi delle DD sono sintetizzati nelle tabelle 3 e 4.

L'accordo (k) tra i risultati della valutazione delle lesioni in sala di mungitura con il boroscopio e la valutazione nel travaglio durante il pareggio funzionale riguardo la detenzione delle lesioni della DD (M1, M2, M3, M4 e M4.1 versus M0) si è attestata a 0.57 (95% CI: 0.051, 0.63). La concordanza (k) tra i risul-

Tabella 3 - Sintesi dei risultati dell'accuratezza diagnostica dell'esame con boroscopio flessibile in sala mungitura. Modello 1: lesioni della dermatite digitale (M1, M2, M3, M4, M4.1) vs assenza delle lesioni della dermatite digitale (M0).

Misura	Risultato (%)	Intervallo di confidenza (%)
Prevalenza apparente	27,0%	24,0-30,0%
Prevalenza reale	33,0%	29,0-36,0%
Sensibilità boroscopio	64,0%	57,0-69,0%
Specificità boroscopio	91,0%	88,0-93,0%
Valore predittivo positivo	77,0%	72,0-83,0%
Valore predittivo negativo	83,0%	80,0-86,0%
Likehood ratio positivo	7,1%	5,4-9,3%
Likehood ratio negativo	4,0%	3,4-4,6%
Indice di Youden	54,0%	46,0-62,0%
Accuratezza diagnostica	81,9%	-
Area sotto la curva (AUC)	77,3%	-
Cohen's Kappa	0,57	-

Tabella 4 - Sintesi dei risultati dell'accuratezza diagnostica dell'esame con boroscopio flessibile in sala mungitura. Modello 1: lesioni della dermatite digitale (M1, M2, M4.1) vs assenza delle lesioni della dermatite digitale (M0, M3, M4).

Misura	Risultato (%)	Intervallo di confidenza (%)
Prevalenza apparente	11,0%	9,0-13,4%
Prevalenza reale	27,0%	25,0-30,0%
Sensibilità boroscopio	39,0%	33,0-45,0%
Specificità boroscopio	99,0%	98,0-100%
Valore predittivo positivo	96,0%	91,0-99,0%
Valore predittivo negativo	80,0%	77,0-83,0%
Likehood ratio positivo	81,0%	26,0-254%
Likehood ratio negativo	61,0%	55,0-67,0%
Indice di Youden	38,0%	31,0-45,0%
Accuratezza diagnostica	82,6%	-
Area sotto la curva (AUC)	69,1%	-
Cohen's Kappa	0,47	-

tati della valutazione dei piedi in sala mungitura con il boroscopio flessibile e la valutazione nel travaglio durante il pareggio funzionale riguardo la detenzione delle lesioni attive (M1, M2 e M4.1 versus M0, M3 e M4) era di 0.47 (95% IC: 0.40, 0.54). Utilizzando il primo modello (presenza di almeno una lesione dovuta alla DD (M1, M2, M3, M4, M4.1) versus assenza delle lesioni da DD (M0)), la prevalenza apparente delle lesioni della DD era di del 27% (I.C.95%=24%-30%). La prevalenza reale delle lesioni della DD era del 33% (I.C.95%=30%-36%). La sensibilità della valutazione dei piedi posteriori in sala di mungitura utilizzando il boroscopio flessibile era del 64% (I.C.95%=57%-69%) e la specificità era del 91% (I.C.95%=88%-93%). Il valore predittivo positivo era del 97% (I.C.95%=91%-

99%) e il valore predittivo negativo era del 80% (I.C.95%=78%-83%). L'accuratezza diagnostica delle lesioni in sala mungitura era del 82%. L'Area sotto la curva era del 77%.

Utilizzando il secondo modello (lesioni attive della DD (M1, M2, M4.1)) versus lesioni croniche della DD/assenza delle lesioni della DD (M3, M4, M0) la prevalenza apparente delle lesioni attive era del 11% (I.C.95%=9%-13%) e la prevalenza reale delle lesioni attive era del 27% (I.C.95%=25%-30%). La sensibilità del boroscopio flessibile per la detenzione delle lesioni attive in sala mungitura era del 39% (I.C.95%=32%-45%). La specificità era del 99% (I.C.95%= 98%-100%). Il valore predittivo positivo era del 97% (I.C.95%=91%-99%) e il valore predittivo negativo 80% (I.C.95%=77%-83%). L'accuratezza diagnostica del boroscopio flessibile per la detenzione delle lesioni era del 82%. L'area sotto la curva era del 69%.

DISCUSSIONE

I risultati del nostro studio dimostrano che il boroscopio ha una buona accuratezza diagnostica per la diagnosi delle lesioni della DD in sala mungitura, ma l'accuratezza diagnostica del boroscopio flessibile per quanto riguarda la diagnosi delle lesioni attive della DD è limitata.

Per discutere i risultati del nostro studio bisogna considerare tre fattori che possono aver avuto un impatto su questi: la qualità del boroscopio, la distribuzione delle lesioni e il design dello studio.

Sul mercato sono presenti diversi tipi di boroscopio che sono utilizzati in idraulica e in meccanica, ai diversi tipi di boroscopi corrispondono diversi prezzi e una diversa qualità tra i boroscopi che sono disponibili in commercio. Nel nostro studio abbiamo scelto un modello con un costo medio-basso (circa 70 euro) e questo può avere avuto un impatto sui risultati del nostro studio. Nel concetto di qualità di un boroscopio flessibile bisogna anche considerare la capacità di risoluzione delle immagini. La risoluzione delle immagini del boroscopio flessibile che abbiamo usato nel nostro studio dipendeva anche dal dispositivo portatile (cellulare, tablet) che veniva usato come schermo per la visualizzazione delle immagini (Figura 2). Nel nostro caso bisogna considerare che abbiamo usato un vecchio modello di iPad che aveva una minore risoluzione che i nuovi modelli iPadpro (2,048 × 1,536 vs 3,264 × 2,448 pixels) [16]. La qualità della risoluzione delle immagini può aver influito sui risultati del nostro studio. Anche la distribuzione delle lesioni può aver avuto un impatto sui risultati del nostro studio. In particolare, la detenzione delle lesioni classificate come M1 può essere molto difficile [16]. La definizione delle lesioni M1 è vaga poiché include delle lesioni con un diametro inferiore a 2 cm e questo significa che in questa categoria sono comprese anche lesioni che possono avere un diametro di qualche millimetro e che dunque sono difficili da diagnosticare [7, 11,19]. Questi primi due punti ci portano al terzo punto di discussione che è lo study design. Come è stato riportato nei materiali e metodi, i dati analizzati fanno parte di un più ampio progetto di ricerca sul controllo della DD. Nello studio, oltre alla valutazione dell'accuratezza diagnostica del boroscopio flessibile si è valutata anche l'efficacia di un prodotto per il suo utilizzo nei pediluvii collettivi (dati non pubblicati). Per non influire sui risultati della valutazione di questo prodotto per i pediluvii si è deciso di non lavare i piedi prima della valutazione, cosa che invece è stato fatto in altri studi nella quale sono stati valutati altri metodi dia-

gnostici della DD in sala mungitura [7,11]. Ma questa decisione è stata dettata anche dalla riluttanza degli allevatori a lavare i piedi delle bovine durante la mungitura per paura di una possibile contaminazione dei gruppi di mungitura, e quindi un possibile aumento del rischio di mastite nelle bovine. Un altro timore del proprietario della stalla dove è stato fatto lo studio era che il lavaggio dei piedi in sala mungitura avrebbe potuto rallentare le operazioni di mungitura.

La scelta di non lavare i piedi delle bovine prima della valutazione è a nostro avviso la parte dello study design che probabilmente ha avuto il maggiore impatto sui risultati dello studio. In uno studio neozelandese è stato riportato che lavare i piedi prima della valutazione in sala mungitura quasi raddoppia la capacità di detenzione delle lesioni della DD. Però bisogna anche considerare che la scelta di non lavare i piedi prima della loro valutazione ha reso più realistico il nostro studio e di conseguenza ne ha aumentato la validità esterna. Quindi questo può essere considerato uno dei punti di forza del nostro studio. Un altro punto di forza dell'utilizzo del boroscopio flessibile è la sua semplicità di utilizzo e la possibilità di acquisire delle foto delle lesioni. La possibilità di acquisire delle foto delle lesioni, e potenzialmente di conservarle, potrebbe permettere la valutazione a distanza delle stesse e questo potrebbe giustificare l'utilizzo del boroscopio sia in ambito della ricerca sia per la pratica quotidiana. Inoltre, è stato riportato che l'utilizzo frequente del boroscopio (cinque valutazioni in sala mungitura a frequenza settimanale) incrementa la sensibilità della boroscopia sino all'85% (95% CrI: 50, 99) [16].

CONCLUSIONI

Possiamo concludere dicendo che l'utilizzo di un boroscopio flessibile permette la valutazione delle lesioni della DD nelle bovine da latte in sala mungitura quindi può essere un valido strumento per la valutazione e il monitoraggio della prevalenza della DD in stalla. Ma bisogna anche considerare che la sua limitata capacità di diagnosi delle lesioni attive può ritardare il trattamento di questo tipo di lesioni.

Ulteriori studi, con un differente «study design» e un diverso modello di boroscopio flessibile, sarebbero auspicabili per la valutazione dell'accuratezza diagnostica di questo utensile per la diagnosi delle lesioni della DD in sala mungitura.

Bibliografia

1. Evans NJ, Murray RD, Carter SD. (2016). Bovine digital dermatitis: Current concepts from laboratory to farm. *Vet J*, 211: 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.028>.
2. Plummer PJ, Krull A. (2017). Clinical Perspectives of Digital Dermatitis in Dairy and Beef Cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 33: 165-181. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.02.002>.
3. Orsel K, Plummer P, Shearer J, et al. (2018). Missing pieces of the puzzle to effectively control digital dermatitis. *Transbound Emerg Dis*, 65 Suppl 1: 186-198. <https://doi.org/10.1111/tbed.12729>.
4. Dopfer D, Koopmans A, Meijer FA, et al. (1997) Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet Rec*, 140: 620-623. <https://doi.org/10.1136/vr.140.24.620>.
5. Berry SL, Read DH, Famula TR, et al. (2012). Long-term observations on the dynamics of bovine digital dermatitis lesions on a California dairy after topical treatment with lincomycin HCl. *Vet J*, 193: 654-658. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.06.048>.
6. Biemans F, Bijma P, Boots NM, et al. (2018). Digital Dermatitis in dairy cattle: The contribution of different disease classes to transmission. *Epi-*

- demics, 23: 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2017.12.007>.
7. Solano L, Barkema HW, Jacobs C, et al. (2017). Validation of the M-stage scoring system for digital dermatitis on dairy cows in the milking parlor. *J Dairy Sci*, 100:1592-1603. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11365>.
 8. Cha E, Hertl JA, Bar D, et al. (2010). The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev Vet Med*, 97: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.07.011>.
 9. Relun A, Lehebel A, Chesnin A, et al. (2013). Association between digital dermatitis lesions and test-day milk yield of Holstein cows from 41 French dairy farms. *J Dairy Sci*, 96: 2190-2200. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4054>.
 10. Gomez A, Cook NB, Socha MT, et al. (2015). First-lactation performance in cows affected by digital dermatitis during the rearing period. *J Dairy Sci*, 98: 4487-4498. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-9041>.
 11. Relun A, Guatteo R, Roussel P, et al. (2011). A simple method to score digital dermatitis in dairy cows in the milking parlor. *J Dairy Sci*, 94: 5424-5434. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4054>.
 12. Van Hertem T, Parmet Y, Steensels M, et al. (2014). The effect of routine hoof trimming on locomotion score, ruminating time, activity, and milk yield of dairy cows. *J Dairy Sci*, 97: 4852-4863. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7576>.
 13. Thomsen PT, Klaas IC, Bach K. (2008). Short communication: scoring of digital dermatitis during milking as an alternative to scoring in a hoof trimming chute. *J Dairy Sci*, 91: 4679-4682. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1342>.
 14. Stokes JE, Leach KA, Main DC, et al. (2012). The reliability of detecting digital dermatitis in the milking parlour. *Vet J*, 193: 679-684. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.06.053>.
 15. Laven RA. (1999). The environment and digital dermatitis. *Cattle Practice*, 7: 349-354.
 16. Ferraro S, Buczinski S, Dufour S, et al. (2020). Bayesian assessment of diagnostic accuracy of a commercial borescope and of trimming chute exams for diagnosing digital dermatitis in dairy cows. *J Dairy Sci*; 103: 3381-3391. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17129>.
 17. Dohoo IR, Martin SW, Stryhn H. (2009). *Veterinary epidemiologic research*. 2nd ed. Charlottetown, P.E.I.: VER, Inc.
 18. R Core Team. (2020). *A Language and Environment for Statistical Computing*. <https://www.R-project.org/>.
 19. Cramer G, Winders T, Solano L, et al. Evaluation of agreement among digital dermatitis scoring methods in the milking parlor, pen, and hoof trimming chute. *J Dairy Sci* 2018; 101: 2406-2414. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13755>.