

VALUTAZIONE SULL'UTILIZZO IN RADIOLOGIA VETERINARIA DI UN SISTEMA SCHERMO-PELLICOLA CON TERRE RARE ULTRAVIOLETTI-EMITTENTI; COMPARAZIONE CON UN SISTEMA SCHERMO-PELLICOLA CLASSICO BLU-EMITTENTE

M. VIGNOLI, DMV, SRV, **F. ROSSI**, DMV, SRV, **R. TERRAGNI**, DMV
Ambulatorio Veterinario dell'Orologio - Via dell'Orologio 38 - 40037 Sasso Marconi (BO)

S. CITI, DMV, SRV
Dipartimento di Clinica Veterinaria - Sezione di Chirurgia - Direttore Prof. F. Carlucci - Università degli Studi di Pisa

L. PIEROTTI, Dr., **G. COMPAGNONE**, Dr.
Servizio di Fisica Sanitaria - Azienda Ospedaliera di Bologna Policlinico S. Orsola-Malpighi (BO)

Riassunto

Gli Autori hanno effettuato una valutazione comparativa di un sistema schermo-pellicole a terre rare al tantalato di yttrio emittenti luce ultravioletta (Ultra-Vision, Sterling), valutandone caratteristiche di sensibilità e velocità rispetto ad un sistema classico emittente luce blu (Cronex, Sterling); sono state effettuate sia valutazioni su cuneo a gradini per studiarne la curva caratteristica ed è stata effettuata una prova clinica radiografando diversi distretti dell'organismo in 40 cani. Da questo studio è risultato che il sistema Ultra-Vision consente l'acquisizione di una immagine di migliore qualità in confronto ad un sistema classico.

Summary

A comparison between a Yttrium-tantalate ultraviolet-emitting screen-film system (Ultra-Vision, Sterling) and a common orthochromatic rare earth system (Cronex, Sterling) was made, evaluating the sensitivity from the constructed characteristic curve (H & D). Clinical trials on different districts in 40 healthy dogs were made. Ultra-Vision system provides better quality images compared with orthochromatic rare-earth system.

INTRODUZIONE

La ricerca di un'ottimale qualità dell'immagine, obiettivo principale del radiologo veterinario, è spesso resa difficile dalla notevole variabilità delle dimensioni¹ e dalla mancata collaborazione del paziente; ciò spesso rende necessaria l'anestesia generale^{2,3}, che consente anche di esporre al minimo rischio da radiazione il personale addetto alla contenzione dell'animale.

Un ulteriore limite può essere rappresentato dall'utilizzo di un apparecchio radiologico a bassa potenza, che impone l'uso di tempi di esposizione, in particolare per il

torace, più lunghi di quelli considerati ottimali dalla letteratura^{1,2,4}.

L'introduzione di combinazioni schermo-pellicola più veloci diventa quindi uno strumento tecnico che permette di associare una buona qualità di immagine a una bassa esposizione alle radiazioni.

Gli schermi alle terre rare furono introdotti nella seconda metà degli anni '70^{5,6,7}. Questi possiedono un maggior coefficiente di assorbimento fotonico e una maggior efficienza di conversione fotone/luce rispetto agli schermi al tungstato di calcio, fino ad allora utilizzati; ciò significa che con una minore irradiazione si ottengono immagini di

densità ottica comparabile; è possibile così diminuire il tempo di esposizione, risolvendo in parte il problema degli artefatti da movimento e riducendo l'esposizione del personale.

Negli ultimi anni sono stati introdotti ed ampiamente utilizzati in Medicina Umana altri sistemi basati sull'immagazzinamento digitale ai fosfori ed il sistema AMBER (Advanced Multiple Beam Equalization Radiography System)^{8,9,10,11,12,13}, particolarmente adatto per il torace. Purtroppo i costi elevati di questi sistemi¹⁰ ne limitano per ora l'utilizzo in Medicina Veterinaria.

Il nuovo sistema schermo-pellicola Ultra-Vision (UV), prodotto da Sterling, fornisce un alto dettaglio di immagine, con velocità di sistema relativamente alta, tale da consentire l'utilizzo di basse esposizioni.

Lo schermo contiene tantalato di yttrio (YTaO₄) ad alta densità di fosfori, ed emette una luce ultravioletta ad alta energia, con picco di lunghezza d'onda di circa 335 nm; il passaggio della luce ultravioletta attraverso la pellicola (cross-over) è inferiore, rispetto a quello della luce blu o verde, di circa 10 volte¹⁴, cosicché l'esposizione incrociata della pellicola con lo schermo opponente viene eliminata (effetto anti cross-over), aumentando così la nitidezza dell'immagine^{14,15,16, 17}.

Gli schermi sono prodotti in quattro classi di velocità: 700 (UV super rapido), 400 (UV rapido), 200 (UV dettaglio veloce) e 100 (UV dettaglio)^{14,15,18,19, 20}. Le differenze di velocità si ottengono variando gli spessori dei fosfori: infatti, uno strato di maggiore spessore assorbe più raggi X e produce più luce. Lo schermo più spesso risulta quindi più rapido e richiede una minor esposizione: allo stesso tempo, però, il cono luminoso è più ampio, di conseguenza la distanza tra punti e linee viene notevolmente ampliata, e la definizione dell'immagine peggiora. Questo concetto è valido per schermi costituiti dallo stesso fosforo, in quanto fosfori diversi danno risultati diversi⁵.

Le pellicole UV corrispondenti possiedono grani di bromuro d'argento a morfologia tabulare, sensibilizzati all'ultravioletto; la forma tabulare dei granuli comporta una maggior larghezza, quindi una maggior superficie d'esposizione ai raggi rispetto alle pellicole classiche. Esistono 3 tipi di pellicole UV: L (L= latitude, pellicola ad ampia latitudine), G (G = gradient, pellicola ad elevato contrasto), C (C= chest, pellicola adatta alla diagnostica toracica)²⁰.

Scopo di questo lavoro è di confrontare un'unica combinazione schermo-pellicola UV (Ultra-Vision G con schermo UV Rapid) con un sistema schermo-pellicola classico (Cronex 4 con schermo Quanta Fast Detail, sempre prodotto da Sterling), al fine di valutare possibili miglioramenti qualitativi dell'immagine, pur mantenendo costi contenuti.

MATERIALI E METODI

Sono stati messi a confronto due diversi sistemi schermo-pellicola: Sterling Ultravision G con schermi in classe di rapidità 400 (UV Rapid) e Sterling Cronex 4 con schermi in classe di rapidità 200 (Quanta Fast Detail).

È stato utilizzato un apparecchio per radiografia convenzionale con tubo radiogeno con anodo rotante a 3000 giri/m, tensione massima 125 kVp, corrente massima 300 mA, con griglia mobile ratio 10:1 (fuoco a 1 m ± 20 cm), montata su un sistema di Potter-Bucky; inoltre una sviluppatrice automatica con ciclo a 90 secondi.

Sono state calcolate, per ciascuno dei due tipi di pellicola, le curve sensitometriche (o H&D) ed il valore del velo, utilizzando rispettivamente un sensitometro (Kodak Process Control Sensitometer) ed un densitometro (UNILIGHT D Wellhofer).

La curva caratteristica o sensitometrica è la rappresentazione grafica della relazione che intercorre tra i valori delle esposizioni e le corrispondenti densità ottiche (D.O.), registrate dal prodotto sensibile¹⁷.

Il velo rappresenta la densità di base del supporto, sommata all'effetto di annerimento provocato dal processo di sviluppo, ovvero dalla riduzione dei granuli di Alogenuro di Argento non esposti¹⁷.

Poiché il sensitometro è fotoemittente solo su luce verde o blu, le pellicole Ultra-Vision sono state esposte a luce blu per simulare la risposta all'ultravioletto.

Come prima fase del nostro lavoro, per ambedue i sistemi, è stata calcolata la curva di sensibilità, esponendo un cuneo di alluminio con 24 gradini di altezza di 0,25 cm, tarato per una tensione di 80 kVp, mediante lo stesso apparecchio radiologico utilizzato nella pratica clinica. I parametri utilizzati per l'esposizione sono i seguenti: 80 kVp, 150 mA, 0,04s, 100 cm DFF (Distanza Fuoco Film).

Successivamente, per calcolare la risoluzione spaziale di ciascuno dei due sistemi, sono state analizzate le immagini ottenute mediante esposizione di una mira a 45 kVp, 150 mA, 0,06 s, 160 cm DFF. La mira è uno strumento costituito da sottili lamelle di piombo parallele, alternate a spazi vuoti e disposte a distanza progressivamente inferiore: la risoluzione spaziale viene determinata valutando fino a che punto il sistema è in grado di rappresentare distinte due lamelle molto vicine.

Nell'ultima fase dello studio, sono stati radiografati quaranta cani di peso compreso tra 12 e 70 kg (peso medio 29 kg), di diversa conformazione, per ottenere radiogrammi in proiezione LL e VD del torace (35 casi) e dell'addome (32 casi) e cranio-caudale degli arti anteriori (37 casi).

I fattori di esposizione per i tre distretti radiografati sono riportati nella Tabella 1; i parametri di esposizione

Tabella 1
Fattori di esposizione utilizzati nei diversi distretti anatomici

	griglia	kVp	mA	sec	DFF
TORACE	si	60-80	150	0,04	1 m
ADDOME	si	65-85	300	0,04	1 m
ARTI	no	42-50	300	0,04	1 m

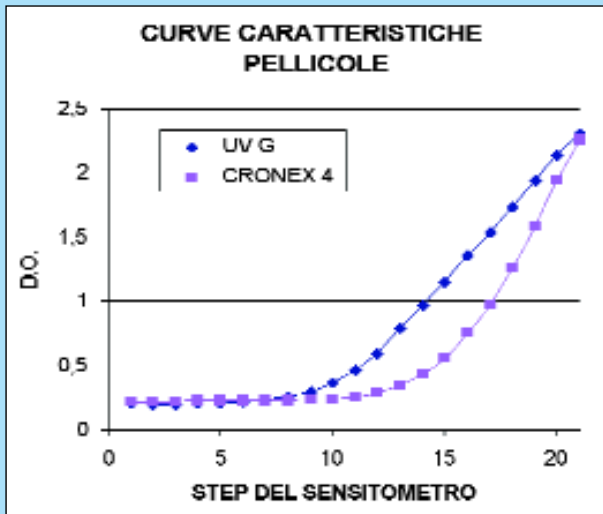


GRAFICO 1 - Curve caratteristiche delle pellicole. La pellicola UV G mostra una sensibilità intrinseca maggiore rispetto alla CRONEX 4, raggiungendo il valore di 1 D.O. più velo con il gradino 15 del cuneo di riferimento, contro il gradino 18 della CRONEX 4.

dell'addome e degli arti sono gli stessi per i due sistemi, mentre per il torace sono stati utilizzati con il sistema UV mediamente 6 kVp in meno, per ottenere immagini di qualità diagnostica analoga.

La valutazione delle immagini, da parte di tre radiologi, è avvenuta mediante lettura in doppio cieco.

Per il torace e l'addome si è deciso di valutare solo le proiezioni LL, in quanto è risultato più semplice il confronto, in cani di diversa razza e taglia, delle diverse strutture anatomiche, rispetto alle proiezioni VD o DV.

Per quanto riguarda il torace, il giudizio ha tenuto conto della definizione dell'immagine in ciascuna delle seguenti aree anatomiche: ilo, apici, zone diaframmatiche e zona paracardiaca.

Per l'addome, è stato valutato il contrasto; per le ossa, si sono considerati i parametri di risoluzione e di rumore.

Infine per tutti è stato espresso un giudizio globale di migliore qualità dell'immagine.

Ad ognuno di questi parametri è stato attribuito un voto, compreso tra 1 e 10. I dati raccolti sono stati elaborati statisticamente con test dei ranghi di Wilcoxon che viene usato in alternativa al test t di Student per verificare se due campioni di dati appartengono alla stessa popolazione quando le loro distribuzioni seguono una statistica non gaussiana.

RISULTATI

Il Grafico 1 rappresenta le curve di sensibilità ottenute per le due diverse pellicole. Il valore del velo è risultato uguale per le due pellicole, con valori di 0,21 per UV e 0,22 per Cronex 4. Nel Grafico 2 sono riportate le curve caratteristiche dei due sistemi schermo-pellicola analizzati; in base a queste è stata calcolata la velocità relativa dei due sistemi, inversamente proporzionale all'esposizione, che risulta dalla somma della densità di 1 D.O. (Densità Ottica) e del velo.

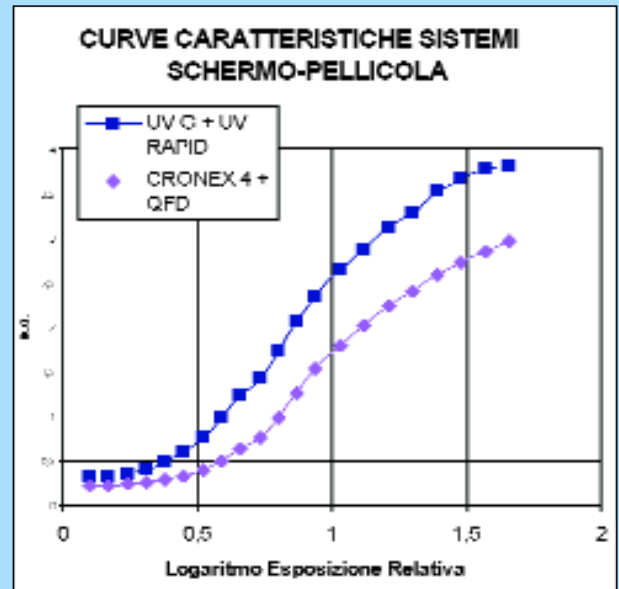


GRAFICO 2 - Curve dei sistemi schermo-pellicola UV G-UV Rapid (400) e CRONEX 4 - QFD (200) a 80 kVp.

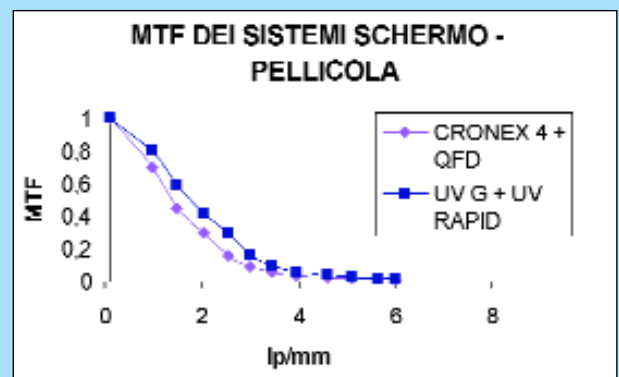


GRAFICO 3 - Calcolo della risoluzione spaziale per mezzo della MTF. Il sistema UV G-UV Rapid presenta una MTF maggiore rispetto al sistema CRONEX 4 - QFD.

La risoluzione spaziale dei due sistemi calcolata strumentalmente, viene espressa con la funzione MTF (Modulation Transfer Function), ed è rappresentata nel Grafico 3.

Nella Tabella 2 sono riportati i risultati della valutazione soggettiva dei tre radiologi, ottenuta dalla lettura dei radiogrammi dei due diversi sistemi schermo-pellicola.

DISCUSSIONE

Lo scopo di questo studio era di comparare due diversi sistemi a terre rare nella pratica clinica.

Oggi i sistemi a terre rare sono molto utilizzati, per la loro maggior velocità, a parità di risoluzione, rispetto ai classici sistemi Calcio-Tungstato. Il sistema U-V è un nuovo sistema a terre rare che usa tantalato di yttrio, un

Tabella 2
Differenze statisticamente significative delle letture nei due sistemi effettuate dai tre radiologi.
Legenda: a,b,g: i tre radiologi - T1: zona ilare - T2: apici polmonari - T3: zona diaframmatica - T4: area paracardiaca - TG: giudizio globale torace - S1: risoluzione scheletro - S2: rumore - SG: giudizio globale scheletro - Ad1: contrasto addominale - AdG: giudizio globale addome

	α	β	γ
T1	No al 5%	No al 5%	No al 5%
T2	No al 5%	No al 5%	No al 5%
T3	No al 5%	No al 5%	No al 5%
T4	No al 5%	No al 5%	No al 5%
TG	No al 5%	No al 5%	No al 5%
S1	Si p<0,1%	Si p<0,1%	Si p<0,1%
S2	No al 5%	No al 5%	No al 5%
SG	Si p<5%	Si p<0,1%	Si p<0,1%
Ad1	No al 5%	No al 5%	No al 5%
AdG	No al 5%	Si p<1%	No al 5%



Figura 1A



Figura 1B

FIGURA 1 - Radiogrammi delle estremità distali degli arti anteriori, ottenuti con il sistema U-V (A) e con il sistema Cronex-Quanta (B). Nell'immagine U-V è meglio evidenziata la trabecolatura della spongiosa ossea, particolarmente evidente a livello dei metacarpi.

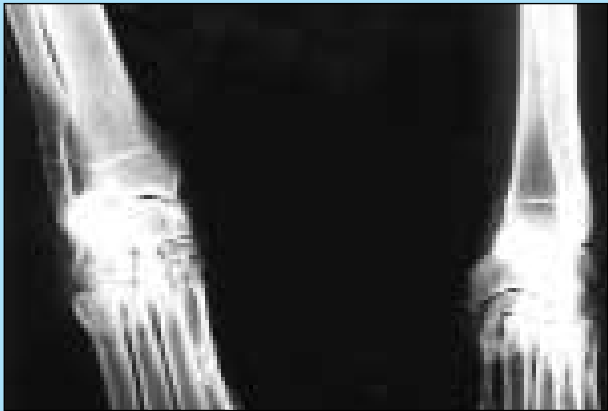


Figura 1A bis



Figura 1B bis

FIGURA 1 BIS - Radiogrammi delle estremità distali degli arti anteriori, ottenuti con il sistema U-V (A) e con il sistema Cronex-Quanta (B). Con il sistema U-V si nota un maggior numero di particolari distinguibili soprattutto a livello dell'estremità distale di radio e ulna.

fosforo emittente luce ultravioletta; le pellicole di questo sistema presentano granuli tabulari ad alta velocità.

Queste caratteristiche fisiche si traducono in notevole miglioramento rispetto ai tradizionali sistemi a terre rare.

L'analisi del grafico relativo alle curve caratteristiche delle pellicole ha confermato come le pellicole UV-G abbiano una sensibilità intrinseca maggiore rispetto alle pellicole Cronex 4 (Graf. 1): infatti la densità di riferimento, pari ad 1 D.O. + velo, viene raggiunta, rispettivamente, in corrispondenza del gradino 15 e 18 del cuneo di riferimento.

Il miglioramento del sistema UV non si limita alla sensibilità, ma riguarda anche la velocità (vedi Graf. 2); i valori di velocità relativa misurati sono risultati, rispettivamente, di 218 per il sistema UV e di 134 per il sistema Cronex. Le differenze, riscontrate da noi e da altri Autori^{19, 21, 22, 23, 24}, rispetto ai valori assoluti riportati dalle rispettive schede tecniche, sono verosimilmente legate al sistema di sviluppo da noi utilizzato, che non è ottimale per le pellicole analizzate.

Il Grafico 3 mostra che anche la MTF è risultata migliore per il sistema UV; infatti, il valore di MTF al 50% risulta 1,5 per il sistema UV e 1,3 per il sistema Cronex, in accordo con altri studi^{15, 18}.

La risoluzione viene valutata in termini del valore della frequenza spaziale corrispondente ad una certa percentuale della MTF, solitamente il 50% e il 20%.

La MTF esprime la risoluzione spaziale e descrive la capacità di dettaglio di un sistema schermo-pellicola. Quindi, maggiore è il valore di MTF, più facilmente l'informazione dell'immagine latente è riprodotta sulla pellicola, e migliore è la nitidezza dell'immagine.

Questo è dovuto al fatto che il percorso medio per la cattura di un fotone emittente luce UV è 10 volte inferiore a quello di un fotone emittente luce ortocromatica; questo minor percorso si traduce in un minor cono di emissione di luce¹⁵ da parte delle particelle di fosforo dello schermo, con un 90% di riduzione della diffusione della luce nello schermo da parte di fotoni UV emittenti rispetto a quelli che emettono luce blu-verde. Questo risulta in una maggior MTF nel primo dei due sistemi.

Dal punto di vista pratico, teniamo presente che un minor cono di emissione di luce può permettere di usare schermi più spessi, per ottenere una maggior velocità del sistema¹⁵.

L'ultima fase dello studio che prevede la lettura in doppio cieco da parte dei tre radiologi, anche se ha evidenziato delle differenze soggettive nella valutazione delle singole aree corporee, ha fornito invece un'alta omogeneità nel valutare le differenze statisticamente significative delle immagini ottenute con i due diversi sistemi schermo-pellicola.

Il test di Wilcoxon ci dà un valore p che rappresenta la probabilità di non commettere errori respingendo l'ipotesi di uguaglianza tra i due campioni. Ad esempio un valore di p inferiore a 0,01 indica che la probabilità che i due campioni siano uguali è inferiore al 1%.

In base a questo test nella lettura del torace non si sono avuti miglioramenti statisticamente significativi nelle singole aree valutate e nel torace in generale (Figg. 3 A e B).

Per la valutazione dello scheletro, tutti e tre i radiologi hanno attribuito un miglior punteggio di risoluzione al



Figura 2A



Figura 2B

FIGURA 2 - Radiogrammi delle estremità distali degli arti anteriori, ottenuti con il sistema U-V (A) e con il sistema Cronex-Quanta (B). Notare il maggior numero di particolari distinguibili nell'immagine ottenuta con il sistema U-V rispetto al sistema Cronex-Quanta, evidente soprattutto a livello dei metacarpi e delle epifisi distali di radio ed ulna.

sistema UV con differenza statisticamente significativa ($p < 0,1\%$) (Figg. 1 A e B; Figg. 1 bis A e B; Figg. 2 A e B); il rumore è stato giudicato senza differenze significative tra i due sistemi e comunque questa valutazione ha causato obiettive difficoltà ai lettori. La valutazione in generale delle ossa, ha espresso un punteggio statisticamente significativo $p < 0,1\%$ (per due lettori) e $p < 5\%$ (per il terzo) a favore dell'UV.

Riguardo l'addome, non sono risultate delle differenze statisticamente significative per il contrasto. Nella valutazione generale dell'addome solo un lettore su tre ha assegnato un punteggio con differenza significativa a favore dell'UV, con $p < 1\%$ (Figg. 4 A e B).

Risulta così dalla nostra esperienza che il sistema di recente concezione Ultra-Vision, sensibile alla luce ultravioletta, consente l'acquisizione di un'immagine di migliore qualità in confronto ad un sistema classico. Va



Figura 3A

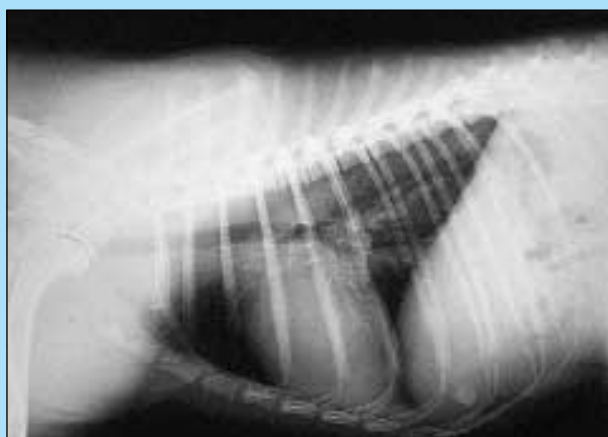


Figura 3B

FIGURA 3 - Radiogrammi del torace, ottenuti con il sistema U-V (A) e con il sistema Cronex - Quanta (B). Nel torace non si rilevano differenze sostanziali tra i due sistemi.



Figura 4A



Figura 4B

FIGURA 4 - Radiogrammi dell'addome, ottenuti con il sistema U-V (A) e con il sistema Cronex - Quanta (B). Anche per l'addome i risultati sono simili tra i due sistemi. Con il sistema U-V appare leggermente migliore l'immagine dell'addome craniale e dello scheletro, con il sistema Cronex-Quanta l'addome caudale. Questo fenomeno si è ripetuto in numerosi radiogrammi.

considerato che l'utilizzo di una sola combinazione schermo-pellicola certamente limita le possibilità di un miglioramento qualitativo, anche se permette di contenerne i costi. Infatti, altre esperienze collaterali degli Autori (dati non pubblicati) evidenziano che l'accoppiamento di pellicole UV-C, specifiche per il torace, con lo stesso schermo UV Rapid, utilizzato in questo lavoro, è ancora più adatto alla radiodiagnostica del torace, così come l'utilizzo delle pellicole UV-G (usate in questo studio) associate a schermi più lenti UV Detail, permette un ulteriore miglioramento della qualità dell'immagine riguardo il sistema scheletrico.

CONCLUSIONI

La Diagnostica per Immagini in questi ultimi decenni ha effettuato notevoli passi avanti, con l'utilizzo in diagnostica degli ultrasuoni, della radiologia digitale, della tomografia computerizzata e della risonanza magnetica.

Malgrado ciò, la Radiologia classica riveste tuttora un ruolo di primo piano in Medicina Umana e tanto più in Medicina Veterinaria, dove i costi limitano l'utilizzo delle più moderne e sofisticate apparecchiature. Questo induce a ricercare un miglioramento della qualità diagnostica dell'immagine con l'utilizzo di nuove terre rare o di sistemi di diversa concezione rispetto a quelli classici. Nella nostra esperienza abbiamo potuto appurare come il recente sistema che utilizza terre rare sensibili che riflettono la luce viola determina un buon miglioramento dell'immagine radiografica e quindi della qualità diagnostica, con costi simili ai sistemi schermo-pellicola tradizionali.

Ringraziamenti

Si ringrazia Il Sig. Franco Parma "Tecnoray" Zola Predosa (BO) per avere fornito la sviluppatrice automatica e la Sterling per la fornitura delle pellicole utilizzate per il lavoro.

Parole chiave

Radiografia, sistema schermo pellicola, Ultra-Vision.

Key words

Radiograph, screen-film system, Ultra-Vision.

Bibliografia

- Burk RL, Ackermann N: Testo Atlante di Radiologia dei Piccoli Animali. Edizione italiana a cura di Luigi Pozzi, UTET, 1991.
- Muenzer B: Zur Technik von Lugenaufnahmen beim Kleintier. Der Praktische Tierarzt, 6 : 5-8, 1989.
- Miyabayashi T., Biller DS, Haider PR, Takiguchi M: Radiographic appearances of the Nasal Conchae in Dogs Using Different Screen-Film System: A postmortem Study. JAAHA, 30 : 382-388, 1994.
- Suter PF, Lord PF: Text Atlas Thoracic Radiography. Thoracic Diseases of the Dog and Cat. Ed. Suter PF CH 8907DDETTSDIL. Switzerland, 1984.
- Brambilla D, Zambon R: L'arte dell'imaging, Elementi di Tecnica Radiologica, 1994.
- Pozzi L: Compendio di Radiologia Clinica Veterinaria. Edagricole, 1980.
- Trenti F: Nozioni di Radiologia Veterinaria. Edit. Esculapio Bologna, 1978.
- Gavelli G: Radiografia del Torace: omogeneizzata o no?. Il Radiologo, 2 : 77-80, 1993.
- Chotas HG, Van Metter RL, Johnson GA, Ravin CE: Small Object Contrast in AMBER and Conventional Chest Radiography. Radiology, 180 : 853-859, 1991.
- Chotas HG, Floyd jr CE, Ravin CE: Film-Based Chest Radiography: AMBER vs Asymmetric Screen-Film System. American Journal Radiology, 161 : 743-747, 1993.
- Lehmann KJ, Busch HP, Drescher P, Loose R, Georgi M: Neue bildgebende Methoden in der Thoraxdiagnostik. Akt. Radiol., 3 : 14-19, 1993.
- Benati M, Bergamini C, Danielli C, Gavelli G, Pierotti L, Zompatori L: Nuova metodica per il radiogramma del torace. Gli Ospedali della Vita - anno XVII, suppl. n 6 : 101-108, 1990.
- Busch HP, Lehmann KJ, Drescher P, Georgi M: New Chest Imaging Techniques: a comparison of five analogue and digital methods. European Radiology, 2 : 335-341, 1992.
- Tosi G, Brambilla MG, De Crescenzo S: Valutazioni delle prestazioni di un sistema schermo pellicola di nuova concezione. Radiol. Medica, 84: 641-644, 1992.
- Pugh CR, Wortman JA, Lloyd JKF, Saunders HM, Biery DN, Rhodes WH, Evans SM, Walker LM, Green P, Mendez-Aguillar R, Regan J: Comparative Evaluation of an Ultraviolet and an Orthochromatic Rare-Earth Imaging System for Veterinary Radiography. Veterinary Radiology & Ultrasound, Vol 36, n 6 : 485-492, 1995.
- Sewerin IP: Clinical testing of the Ultra-Vision screen-film system for maxillofacial radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 77 (3) : 302-307, 1994.
- Passariello R: Elementi di tecnologia in Radiologia e Diagnostica per Immagini. Roma 1990.
- Beutel J, Mickewich DJ, Issler SL and Shaw R: The image quality characteristics of a novel ultra-high-resolution film/screen system. Phys. Med. Biol., 38 : 1195-1206, 1993.
- Farajollahi AR and Sutton D: Evaluation of a new ultraviolet-emitting rare-earth film-screen combination. The British Journal of Radiology, 70 : 629-634, 1997.
- Sterling Diagnostic Imaging: Scheda tecnica "Pellicole per Radiografia Convenzionale" "Pellicole Radiografiche per Schermi di Rinforzo Blu-UV emittenti".
- Hjardemaal O, Westergaard H.: Speed of medical X-ray screen/film/processing system in Danish hospitals. Radiat Prot Dosim, 42: 115-19, 1992.
- Warren-Forward HM.: What is the true screen-film sensitivity. Proceedings of CEC Workshop: Data analysis in quality control and radiation protection of the patient in diagnostic radiology and nuclear medicine, Grado, Italy, 29 September - 1 October 1993. Radiat Prot Dosim, 57: 301-4, 1995.
- Guibelalde E, Fernandez JM, Vano E, Llorca A, Ruiz MJ: Image quality and patient dose for different screen-film combination. Br J Radiol, 67: 166-73, 1994.
- Verdun FR, Bochud FO, Valley JF, Lam Thanh O: Determination of the speed of medical radiography screen-film systems. Proceedings of CEC Workshop: Data analysis in quality control and radiation protection of the patient in diagnostic radiology and nuclear medicine, Grado, Italy, 29 September- 1 October 1993. Radiat Prot Dosim, 57: 257-61, 1995.