



Gruppo Interregionale AIFM
Piemonte-Valle d'Aosta-Liguria-Sardegna

CORSO TEORICO-PRATICO

"CONTROLLI DI QUALITÀ IN
RADIOLOGIA DIGITALE"

Torino, 10 Dicembre 2004
Dipartimenti di Fisica

Coordinatori del Corso

Roberto Ropolo
rropolo@molinette.piemonte.it

Veronica Rossetti
vrossetti@molinette.piemonte.it



Parametri e protocolli di riferimento

P. Isoardi - O. Rampado - R. Ropolo
S.C. Fisica Sanitaria 1
A.S.O. San Giovanni Battista di Torino

Documenti di riferimento generali

- "Guidelines for Acceptance Testing and Quality Control", Technical and Scientific Bulletin, Kodak, 2001
- "Performance evaluation of computed radiography system" E. Samei *et al.*, Med. Phys. 28 (3); March 2001
- "Acceptance Testing and Quality Control of Computed Radiography Systems", Technical and Scientific Bulletin, Kodak, Cat. No. 879 2038

Documenti di riferimento AIFM

- "Apparecchi di radiografia digitale con piastre ai fosfori fotostimolabili (Computed Radiography)", Linee guida per i controlli di qualità, AIFM, 1999
- "Apparecchi di radiografia digitale diretta AMFPI (Active Matrix Flat Panel Imagers)", BOZZA Linee guida per i controlli di qualità, AIFM, 2002

Linee guida AIFM dispositivi di visualizzazione

- "Dispositivi per la stampa su pellicola di immagini radiologiche digitali", Linee guida per i controlli di qualità, AIFM, 2001
- "Dispositivi per la visualizzazione delle immagini impiegati per la refertazione", Linee guida per i controlli di qualità, AIFM, 2001
- "Negativoscopi e lampade a iridescenza utilizzati per refertazione", Linee guida per i controlli di qualità, AIFM, 2001

Sistemi digitali e protocolli adottati

- 7 sistemi CR Kodak (diversa generazione: 400, 800, 850, 900 e 950) e 1 sistema CR Philips (tecnologia Fuji): per ogni sistema si è adottato un protocollo adattato al sistema
- 2 sistemi DR Kodak: protocollo differenziato solo sulla parte refertazione

Dispositivi refertazione: ASO S. Giovanni Battista di Torino: stampanti, USL Valle d'Aosta: monitor

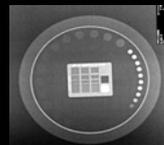
Strumentazione necessaria

- Filtri Cu e Al
- Spessori Pb
- Timer (orologio o cronometro)
- Misuratore di dose
- Densitometro a punto
- Fotometro



Strumentazione necessaria

- Mira a onda quadra
- Slit camera
- TOR CRD
- Oggetto test per contatto schermo-pellicola
- Oggetti metallici forme regolari



SISTEMI CR (Computed Radiography)



Controlli di qualità e relativa frequenza

Parametro	Frequenza
Azzeramento, pulizia schermi	Settimanale / mensile
Produttività oraria	Annuale
Correnti di buio	Annuale
Verifica risposta, uniformità, artefatti	Semestrale
Linearità	Annuale
Risoluzione spaziale, sensibilità a basso contrasto	Annuale
Uniformità di risoluzione	Annuale
Controlli geometrici	Annuale

Parametro

Eeguire su...

Azzeramento, pulizia schermi	1 piastra
Produttività oraria	4 o 5 piastre per formato
Correnti di buio	1 piastra
Verifica risposta, uniformità, artefatti	1 piastra
Linearità	Accettazione: 1 piastra Altri controlli: a campione
Sensibilità a basso contrasto	1 piastra per tipo e per formato
Risoluzione spaziale	1 piastra per tipo e per formato
Uniformità di risoluzione	1 piastra per tipo e per formato
Controlli geometrici	1 piastra per tipo e per formato

Azioni preliminari

Da eseguire prime dell'esecuzione del CQ:

- ispezione e inventario materiale da sottoporre a controllo
- verifica presenza eventuali difetti
- pulizia e azzeramento piastre
- verifica riproducibilità rendimento tubo RX: misure ripetute
- verifica uniformità campo RX: pellicola

Correnti di buio

Valutazione dell'indice di esposizione dovuto al noise

Strumentazione necessaria: nulla

Procedura (controllo eseguito / piastra ai fosfori):

- scansione e visualizzazione di ogni singola immagine su monitor di *preview* in condizioni predefinite
- valutazione immagine e confronto EI con valori tipici Ditta

Eventuali problemi riscontrati: EI > valore limite

Uniformità di densità, Verifica della risposta del sistema, Artefatti, Verifica del ciclo di cancellazione

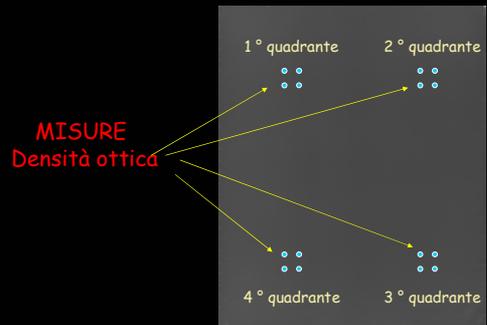
Permette di valutare eventuali artefatti su immagini uniformi, l'uniformità intrinseca degli schermi ai fosfori e l'uniformità di risposta tra i rivelatori

Strumentazione necessaria: misuratore di dose, filtri, timer

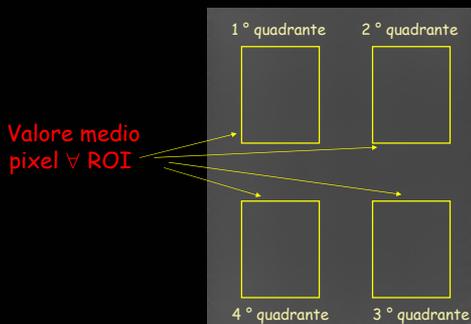
Procedura (controllo eseguito ∇ piastra ai fosfori):

- DFR = 180 cm
- filtrazione aggiuntiva pari a 1 mm Al + 0.5 mm Cu
- esposizione ~ 10 mR ($K_{aria}: 87 \mu Gy$) (calcolo $EI_{teorica}$)
- esporre tutte le piastre con intervallo di tempo di opportuno tra esposizione e scansione (10 - 15 minuti)
- stampa immagini o visualizzazione su monitor diagnostico e verifica EI_{misura}
- ulteriore scansione piastra ($EI_{dopo\ azzeramento}$)

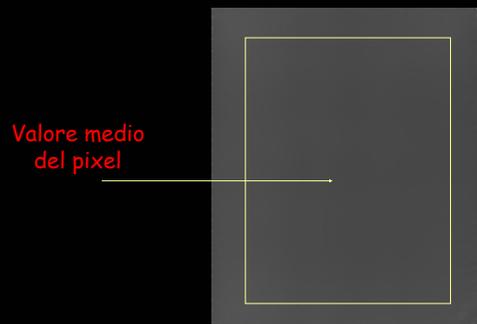
- Uniformità: eseguire misure di densità ottica nell'area centrale dei quattro quadranti dell'immagine (rif. Kodak + stampa)



- Uniformità: eseguire una misura del valore del pixel in una ROI per ogni quadrante: $area_{ROI} \cong 50\% area_{Quadrante}$ (rif. Kodak + monitor)

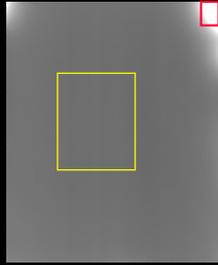


- Uniformità: eseguire una misura del valore del pixel in una ROI centrata: $area_{ROI} \cong 80\% area_{Quadrante}$ (rif. Fuji + monitor)



- Presenza aree disuniformi: eseguire una misura della differenza segnale medio e segnale in area chiaro/scuro: valori limite come uniformità

Differenza valore medio pixel o DO

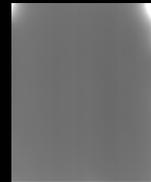
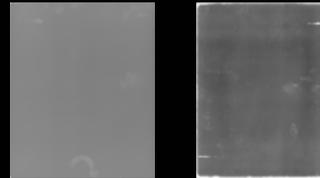


Risultati attesi

- Assenza di artefatti
- Uniformità singola piastra
- Risposta singola piastra correlata alla dose (confronto EI_{misura} con EI_{teorico})
- Risposta simile tra piastre (confronto EI tra piastre)
- NO aumento corrente di buio dopo esposizione

Problemi riscontrati

- $EI_{\text{misurato}} \neq EI_{\text{teorico}}$: errata/assenza calibrazione
- Artefatti: azzeramento, pulizia, meccanica, sistema di lettura, deterioramento schermi, ecc..
- Disuniformità



Alcuni artefatti

- Macchie chiare (ditate)
- Trattini: sistema lettura
- Aree disomogenee



Linearità

Permette di determinare la funzione di risposta del sistema al variare dell'esposizione

Strumentazione necessaria: misuratore di dose, filtri, timer

Procedura (accettazione: controllo eseguito / piastra ai fosfori, prove successive: a campione):

- come uniformità ma diversi valori di esposizione:
 - ~ 10 mR (K_{aria} : 87 μGy), ~ 1 mR (8.7 μGy),
 - ~ 0.1 mR (0.87 μGy)

Risultato atteso

La correlazione tra indice di esposizione e dose deve essere correttamente riprodotta (relazione Ditta)

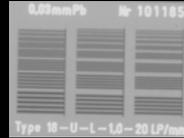
Il controllo può essere eseguito sia tramite verifica delle differenze tra valori teorici dell'EI e valori misurati, sia attraverso opportuni grafici

ES. Kodak: $EI_{\text{misurato}} = EI_{\text{teorico}} \pm 100$

Risoluzione spaziale

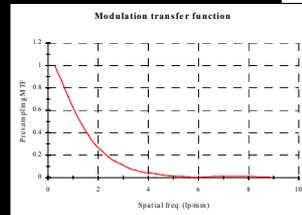
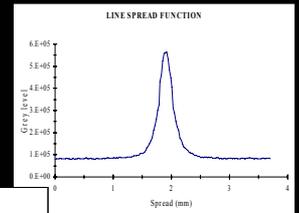
Verifica della risoluzione spaziale del sistema (qualitativa e quantitativa)

Strumentazione necessaria: misuratore di dose, mira



Procedura (controllo eseguito per 1 piastra per tipo e formato):

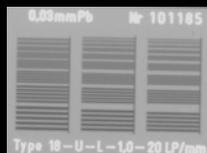
- 60 kV, esposizione tra 5 e 10 mR
-) piastra eseguire due esposizioni (L e //)
- CQ qualitativo: stampare l'immagine o visualizzare su monitor, determinare gruppo risolto
- CQ quantitativo: acquisire immagini e elaborare con software



SLIT CAMERA E MTF

Valori tipici piastre ai fosfori impiego generale:

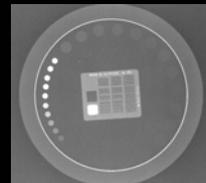
- 18 x 24 cm²: ~ 4 lp/mm
- 24 x 30 cm²: ~ 3 lp/mm
- 35 x 43 cm²: ~ 2 lp/mm



Sensibilità a basso contrasto

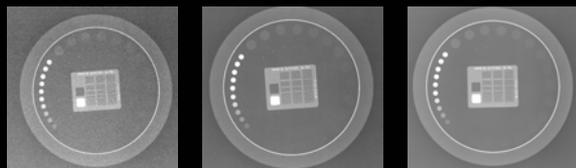
Verifica qualitativa della sensibilità a basso contrasto del sistema

Strumentazione necessaria: misuratore di dose, TOR CDR



Procedura (controllo eseguito per 1 piastra per tipo e formato):

- 70 kV, esposizione: ~ 10 mR, 1 mR, 0.1 mR
- 3 esposizioni / formato e tipo di piastra
- scansione delle piastre e visualizzazione o stampa delle immagini (deve essere completamente visibile la scala di grigi)



0.1 mR

1 mR

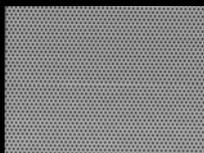
10 mR

Determinare minimo contrasto rilevabile: numero inserti visibili (17 inserti da 11 mm di diametro)

Uniformità di risoluzione

Valutazione qualitativa dell'uniformità di risoluzione

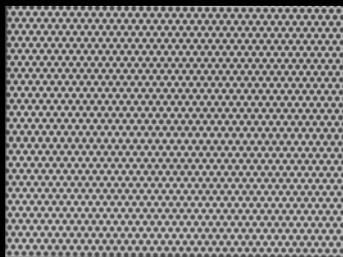
Strumentazione necessaria: misuratore di dose, oggetto test per contatto schermo-pellicola



Procedura (controllo eseguito per 1 piastra per tipo e formato):

- 60 kV, K_{aria} : ~ 50 μ Gy
- DFR = 180 cm
- 1 esposizione / formato e tipo di piastra
- scansione delle piastre e visualizzazione o stampa delle immagini

- Non devono essere visualizzate distorsioni dell'immagine e/o aree sfocate



Accuratezza geometrica

Permette di valutare qualitativamente la corretta riproduzione delle dimensioni degli oggetti

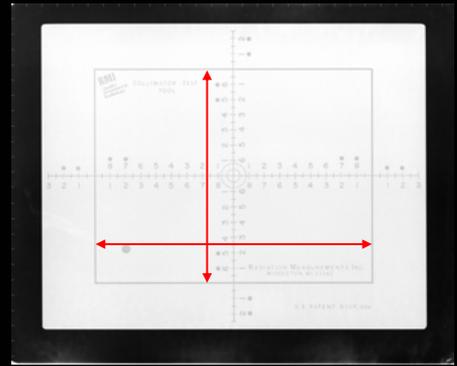
Strumentazione necessaria: misuratore di dose, oggetti metallici dimensioni note



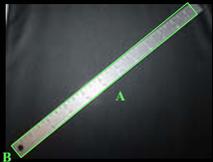
Procedura (controllo eseguito per 1 piastra per tipo e formato):

- 80 kV, esposizione: ~ 10 mR
- DRF = 180 cm
- 1 esposizione / formato e tipo di piastra
- scansione delle piastre e visualizzazione o stampa delle immagini
- analisi qualitativa immagini (negativoscopia/monitor)
- misura dimensioni oggetti e calcolo del fattore di ingrandimento per ogni formato e relativo rapporto di formato

Software:



- le dimensioni reali e quelle misurate non dovrebbero differire più del 3% in tutte le direzioni e il rapporto di formato deve essere pari all'unità
- i bordi degli oggetti devono apparire privi di disuniformità (sbavature)



$$\frac{A/B \text{ misurato}}{A/B \text{ reale}} = 1 \pm 0.03 = C$$

$$\frac{C_A}{C_B} = 1$$

SISTEMI DR (Direct Radiography)

DR: controlli di qualità e relativa frequenza

Parametro	Frequenza
Correnti di buio	Annuale
Funzione di risposta	Annuale
Uniformità di segnale, di rumore e rapporto rumore segnale	Semestrale
Risoluzione spaziale	Annuale
Uniformità di risoluzione	Annuale
Sensibilità a basso contrasto	Semestrale
Precisione di misura di distanze e rapporto di formato	Annuale
Persistenza di immagini latenti	Annuale
Elaborazione e visualizzazione delle immagini	Annuale

Confronto DR - CR

- unico rivelatore!
- per molti controlli le procedure sono simili
- il controllo di uniformità è più dettagliato
- corrente di buio: acquisizione con esposizione minima e rivelatore schermato
- azzeramento: attenzione alla persistenza di immagini (ghost)

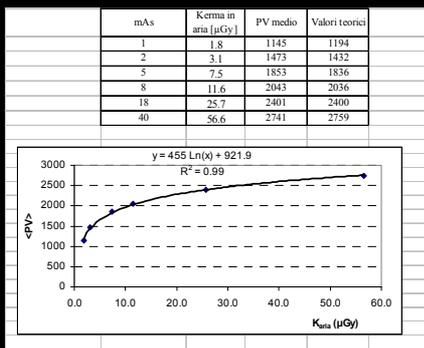
Funzione di risposta

Permette di determinare la funzione di risposta del sistema al variare dell'esposizione

Strumentazione necessaria: misuratore di dose, filtri

Procedura:

- 70 kV, diversi valori di kerma: ~ 1, 2, 5, 10, 25 e 50 μGy
- senza griglia, DFR = 180 cm
- acquisizioni in presenza del misuratore di dose
- determinare valor medio dei pixel ROI in prossimità del misuratore di dose
- graficare tali valori in funzione della dose ($R > 0.95$)



Uniformità di segnale, di rumore e di rapporto rumore/segnale

Permette di valutare l'uniformità di risposta del sistema

Strumentazione necessaria: misuratore di dose, filtri

Procedura:

- senza griglia, DRF = 180 cm
- 70 kV, K_{aria} : ~25 μGy
- acquisire l'immagine e misurare valor medio e SD pixel in ROI adiacenti di 3 cm di lato
- calcolare l'uniformità di segnale, di rumore e di rapporto rumore/segnale

- uniformità di segnale locale < 2 %
- uniformità di segnale globale < 10%
- uniformità di segnale integrale < 7%

- i valori di uniformità di rumore e di uniformità di rapporto rumore/segnale non devono differire per più del 20% dai valori ottenuti nella prova di accettazione

Uniformità di segnale

$$U_{\text{locale}} = \frac{\langle PV \rangle_{i+1} - \langle PV \rangle_i}{\langle PV \rangle_i} \times 100$$

$$U_{\text{globale}} = \frac{\langle PV \rangle_{\text{max}} - \langle PV \rangle_{\text{min}}}{\langle PV \rangle_{\text{max}}} \times 100$$

$$U_{\text{integrale}} = \frac{\langle PV \rangle_i - \langle PV \rangle_{\text{tot}}}{\langle PV \rangle_{\text{tot}}} \times 100$$

Uniformità di rumore e di rapporto segnale/rumore

$$U_{\text{locale}}^{\text{rumore}} = \frac{SDPV_{i+1} - SDPV_i}{SDPV_i} \times 100$$

$$U_{\text{locale}}^{\text{rumore/segnale}} = \frac{\left(\frac{SDPV}{\langle PV \rangle}\right)_{i+1} - \left(\frac{SDPV}{\langle PV \rangle}\right)_i}{\left(\frac{SDPV}{\langle PV \rangle}\right)_i} \times 100$$

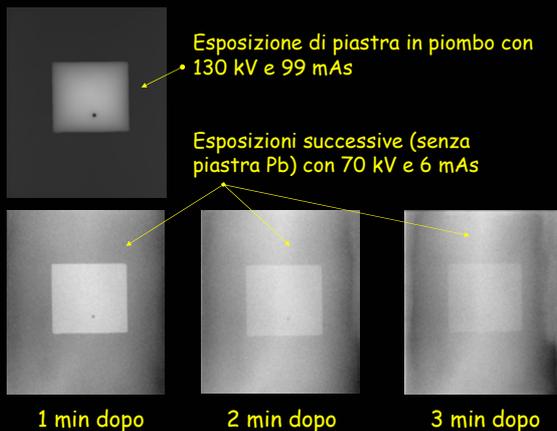
Persistenza immagini latenti

Persistenza immagini dopo azzeramento

Strumentazione necessaria: misuratore di dose, oggetto a alto contrasto, timer

Procedura:

- DRF = 180 cm
- tensione e carico anodico massimo per la pratica clinica
- eseguire esposizione per ottenere radiogramma
- dopo circa 1 minuto ripetere esposizione in assenza di oggetto a alto contrasto con $K_{\text{aria}} \sim 10 \mu\text{Gy}$



The End

