
Aggiornamento in radioprotezione

Formazione del 29.11.2023

Sala Aragonite di Manno

Benvenuti!

1

Contenuti

- Controlli in garanzia della qualità settimanali e annuali
 - Fisica delle radiazioni
 - Fattori qualitativi espositivi
 - Fattori dosimetrici e descrittori di dose
 - Analisi qualitativa dell'immagine
-

2

2

1 Controlli in garanzia della qualità settimanali e annuali

- Art. 100

¹ Il titolare della licenza deve provvedere affinché le sorgenti di radiazioni:

- a. siano sottoposte a un controllo prima di essere utilizzate per la prima volta;
- b. siano periodicamente sottoposte a controllo e a manutenzione.

² Il capoverso 1 si applica anche ai relativi sistemi medici di ricezione, di riproduzione e di documentazione delle immagini, nonché ai sistemi di esami in medicina nucleare e agli attivimetri.

3

Garanzia della qualità

Controlli di qualità delle apparecchiature

Il programma dei controlli di qualità prevede:

- il collaudo: da effettuare all'installazione;
- l'esame di condizione: da effettuare dopo una manutenzione o intervento;
- l'esame di stabilità: da effettuare periodicamente per garantire la stabilità nel tempo delle prestazioni erogate.

4

Sample Footer Text

Garanzia della qualità

	Impianto a raggi X	Sistema di ricezione		Sistema di riproduzione dell'immagine	Sistema di documentazione dell'immagine	
		D	A			
Sistemi a raggi X per la medicina umana ¹⁶	C	prima della consegna				
	ES	a	a	-	s	s
	EDC	6a	6a	a	a	a
Sistemi a raggi X per l'odontoiatria	C	prima della consegna				
	ES	a	a	-	s	s
	EDC	6a	6a	a	3a	a ¹⁷
Sistemi a raggi X per la medicina veterinaria	C	prima della consegna				
	ES	-	-	-	m	m
	EDC	6a	6a	a	3a	a ¹⁸

(Ordinanza sui raggi X, OrX)

Allegato 11

(art. 27 cpv. 2)

C: collaudo secondo l'articolo 28;
 ES: esame di stabilità secondo l'articolo 29;
 EDC: esame di condizione (in seguito a una manutenzione) secondo l'articolo 30;
 A: registrazione dell'immagine analogica / D: registrazione dell'immagine digitale
 6a: ogni 6 anni / 3a: ogni 3 anni / a: annualmente / 3m: ogni 3 mesi / s: settimanalmente

11/30/2023

5

5

Sample Footer Text

Garanzia della qualità

Guida R-08-06
Controlli di qualità di sistemi a raggi X per la radiografia e/o la radioscopia



Guida
 Monitor di refertazione,
 requisiti e garanzia della
 qualità
 V1 01.02.2021
www.bag.admin.ch
st-weg@stunet.ch
Contatto
 Tel.: 058 462 96 14
 E-mail: st@bag.admin.ch

Requisiti per i monitor di refertazione e la garanzia della qualità dal punto di vista tecnico

11/30/2023

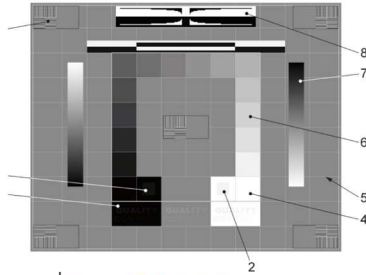
6

6

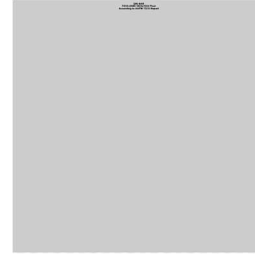
Garanzia della qualità



Esame di stabilità
Tabella C: esami visivi



- Controlli di stabilità settimanali monitor medicali di refertazione

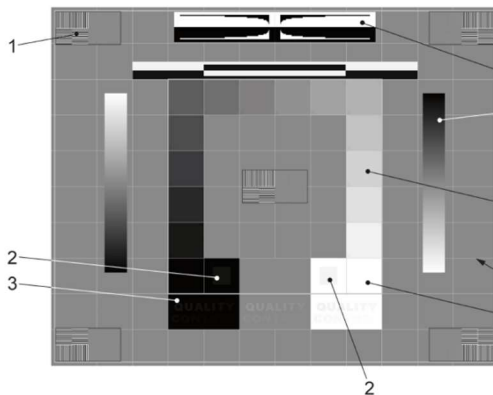


Esame	Punto norma	Strumenti di valutazione
Qualità complessiva dell'immagine	8.2.2 a), b) ¹ , c) ² , e), g)	Immagine test TG18-OIQ
Omogeneità della luminanza	8.2.4	Immagine test TG18-UN80
Impressione del colore e regolarità	8.2.5	Immagine test TG18-UN80

7

Garanzia della qualità

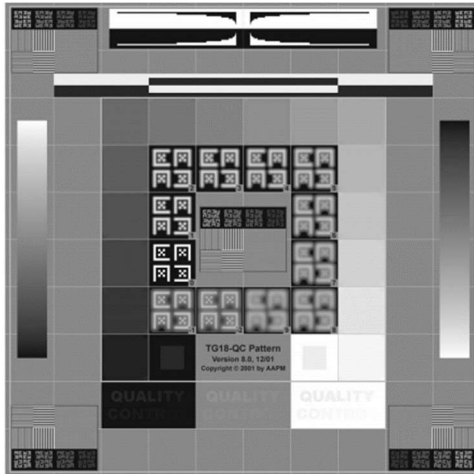
- Esecuzione del controllo settimanale di stabilità monitor refertazione



- 1 Griglia con coppie di linee
Visibilità non falsata della griglia con coppie di linee senza striature, sfocature o interruzioni e visibilità della griglia con coppie di linee a basso contrasto al centro e nei quattro angoli dell'immagine test
- 2 Campi 5% e 95%
Per classe di locale CL 5 (≤ 100 lx) e classe di locale CL 6 (≤ 1000 lx): Visibilità dei campi 5% e 95%
- 3 Lettere a basso contrasto
Visibilità delle lettere a basso contrasto («QUALITY CONTROL»)
1) Nel campo bianco e grigio: «QUALITY CONTROL» per tutte le classi di locale
2) Nel campo nero:
i) Mammografia (CL1): «QUALITY CONTROL»
ii) CL1 (≤ 50 lx): «QUALITY CONTROL»
iii) CL2 (≤ 100 lx): «QUALITY CONTROL»
iv) CL3 (≤ 500 lx): «QUALITY CONTROL»
- 4 Angoli a basso contrasto
Visibilità dei quattro angoli all'interno degli elementi di superficie di luminanza.
i) mammografia (CL1): tutti
ii) CL1 (≤ 50 lx): tutti
iii) CL2 (≤ 100 lx): tutti
iv) CL3 (≤ 500 lx): tutti
- 5 Linee della griglia
Visibilità dei bordi e delle linee nonché della centratura della griglia nell'area attiva dell'ap parecchio per la riproduzione dell'immagine
- 6 Elementi di superficie di luminanza
Distinzione di tutti i 16 elementi di superficie di luminanza
- 7 Barre di graduazione
Continuità della percezione visiva delle barre di graduazione
- 8 Transizioni
Transizioni dirette nero-bianco e bianco-nero

8

Garanzia della qualità



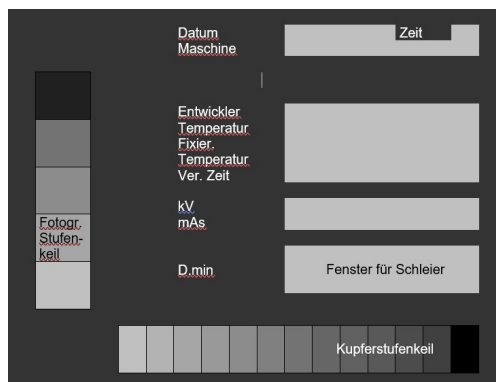
Verificare che la mira sia rappresentata in modo conforme per la visualizzazione delle immagini:

- **Rilevamento delle piazze di contrasto 0 - 100%.**
- **Rilevazione delle due aree di basso contrasto 0-5% e 95-100%.**
- **Discernibilità delle mire di risoluzione a alto e basso contrasto al centro e nei 4 angoli.**
- **Rilevazione della scritta quality control**
- **Nessuna distorsione delle linee orizzontali e verticali.**

9

Garanzia della qualità

- Esecuzione del controllo settimanale di stabilità sistemi analogici pellicola



Verificare visivamente la stabilità dell'annerimento con la scala di contrasti. Comparare la scala di annerimento del film esposto con il film di riferimento.

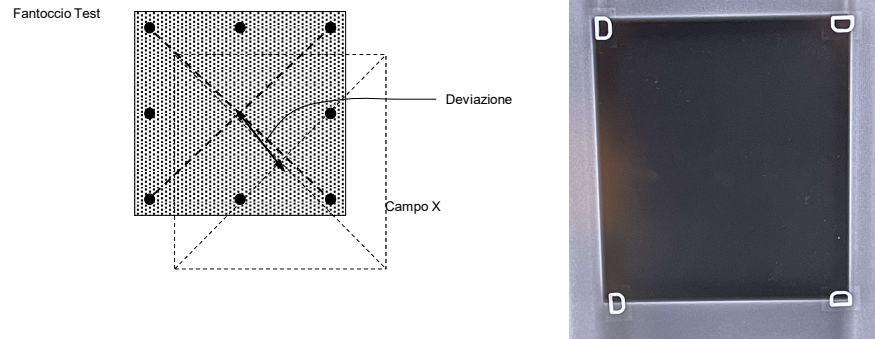
- **Divario tra le piazze inferiore a 1 livello -> installazione in ordine**

10

Garanzia della qualità

- Esecuzione del controllo annuale di stabilità geometria del fascio

Valutare la coincidenza tra il campo di visualizzazione (campo-luminoso) e il fascio radiante. La deviazione deve essere $< 2\%$ della distanza del fuoco – recettore d'immagine.

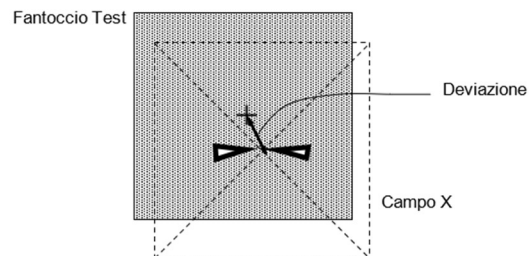


11

Garanzia della qualità

- Esecuzione del controllo annuale di stabilità geometria del fascio

Valutare la coincidenza tra il marcatore centrale del fascio e la centratura luminosa. La deviazione deve essere $< 1\%$ della distanza fuoco – recettore d'immagine.

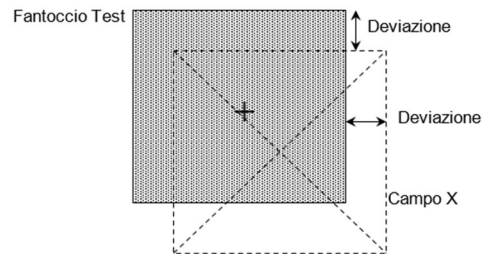


12

Garanzia della qualità

- Esecuzione del controllo annuale di stabilità geometria del fascio

Valutare la coincidenza tra il fascio radiante e la superficie del recettore d'immagine. Su ogni asse, la deviazione deve essere $< 3\%$ della distanza fuoco – recettore d'immagine.



13

2 Fisica delle radiazioni

- Art. 4 Ottimizzazione

¹ La radioprotezione va ottimizzata per tutte le situazioni di esposizione.

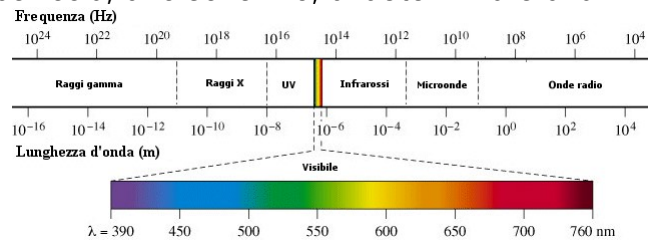
² Con l'ottimizzazione si deve ridurre per quanto ragionevolmente possibile:

- la probabilità dell'esposizione;
 - il numero delle persone esposte;
 - la dose individuale delle persone esposte.
-

14

Definizione dei Raggi X

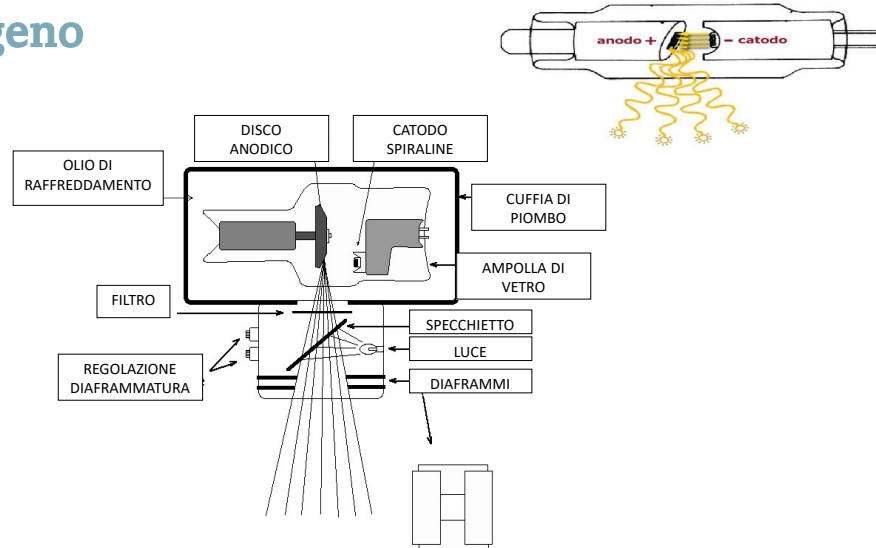
- Radiazioni Elettromagnetiche Ionizzanti ad elevata energia prodotti da un tubo radiogeno;
- in grado di attraversare i tessuti organici;
- in grado di impressionare una pellicola, uno schermo, di determinare una modificazione in un rivelatore.



15

15

Tubo radiogeno



16

16

Formazione dei Raggi X

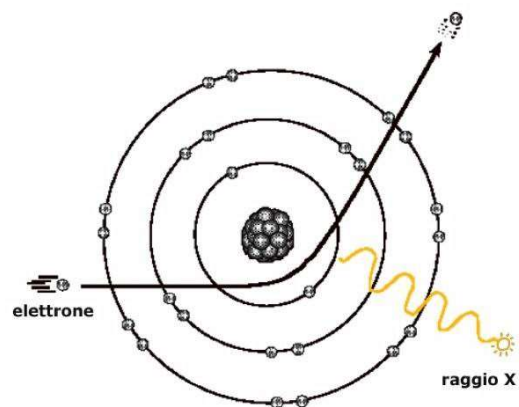
I raggi X sono prodotti principalmente mediante due tipi di fenomeni:

- **frenamento** (radiazione generale o "Bremsstrahlung");
- **radiazione caratteristica**

17

17

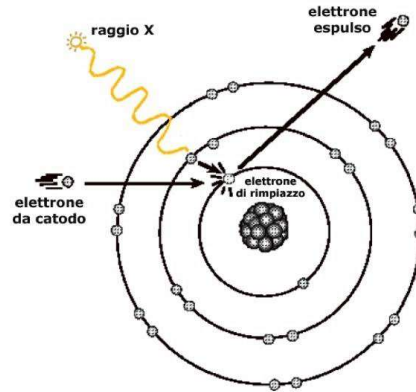
Formazione dei Raggi X Frenamento



18

18

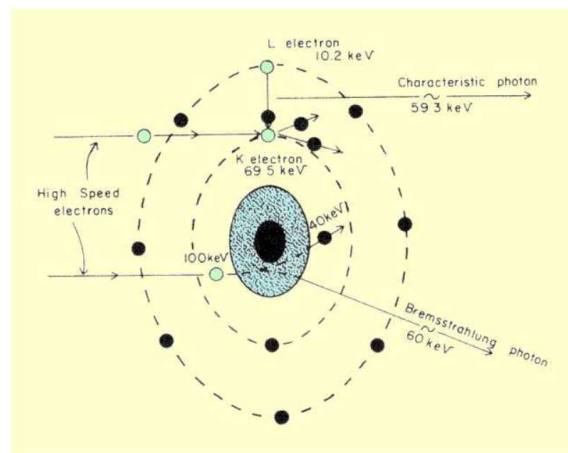
Formazione dei Raggi X Radiazione caratteristica



19

19

Formazione dei Raggi X



Electron-Atom Interactions That Produce X-Ray Photons

20

20

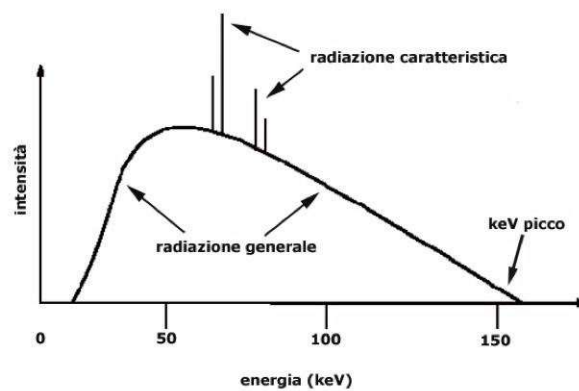
Spettro dei raggi X

- Lo spettro dei raggi presenta un aspetto “a cupola” con un picco di energia (keV picco) e alcune spicule che rappresentano la radiazione caratteristica che è diversa a seconda dell’elemento utilizzato per l’anodo.

21

21

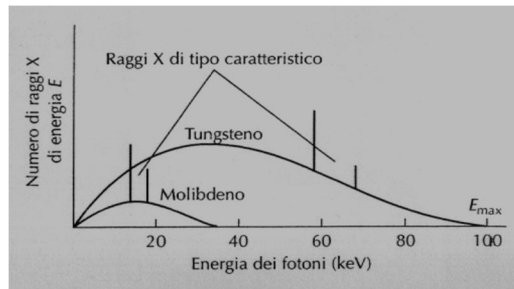
Spettro dei raggi X



22

22

Spettro dei raggi X



Shell	Molibdeno (Z = 42)	Tungsteno (Z = 74)
K	20,000	69,525
L _I	2,867	12,098
L _{II}	2,625	11,541
L _{III}	2,521	10,204
M _I	0,505	2,820
M _{II}	0,410	2,575
M _{III}	0,392	2,281
M _{IV}	0,230	1,871
M _V	0,228	1,809

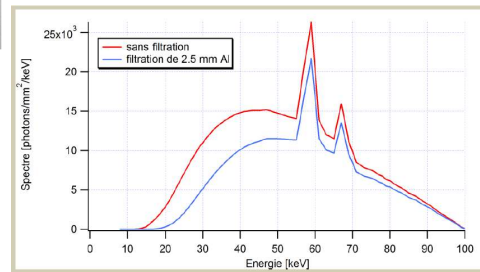


Figure 1.7 – Effet de la filtration sur un spectre d'un faisceau de rayons X

23

23

Energia dei raggi X

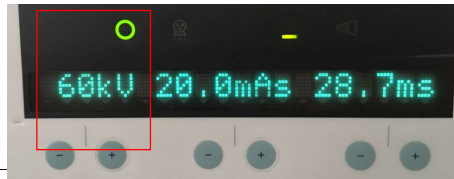
- L'energia media dei raggi X del fascio radiogeno è pari all'incirca ad 1/3 dell'energia massima degli elettroni (**keV** picco o **kVp**).

24

24

Energia dei raggi X

- La velocità degli elettroni aumenta o diminuisce aumentando o diminuendo la differenza di potenziale (kV) tra catodo ed anodo. La differenza di potenziale può essere regolata sulla console dell'apparecchio radiografico.

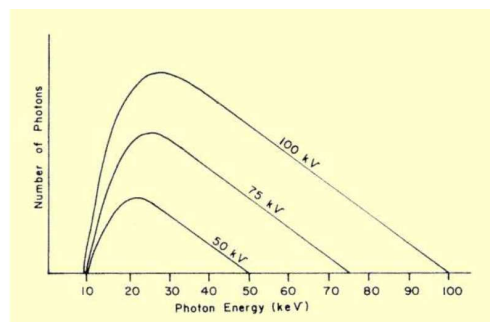
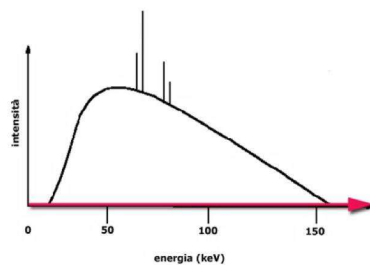


25

25

Energia dei raggi X

- Maggiore è l'energia di un raggio X, maggiore è il suo potere di penetrazione. L'energia dei raggi X, perciò, rappresenta un parametro qualitativo.



Comparison of Photon Energy Spectra Produced as Different kVp Values

26

26

Intensità dei raggi X

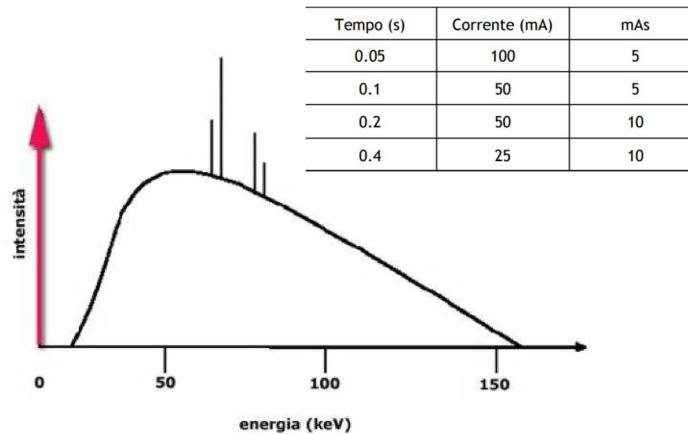
- L'intensità dei raggi X del fascio radiogeno, cioè il numero di raggi X che costituiscono il fascio, dipende dalla quantità (flusso) degli elettroni prodotti dal catodo, effetto termoionico.



27

27

Intensità dei raggi X



28

28

Formazione dell'immagine radiografica

- Le varie strutture del corpo attenuano il fascio di raggi X, sulla base della loro densità e del loro spessore, per cui sul materiale sensibile ai raggi (pellicola radiografica o detettore) ne arrivano in ogni punto quantità diverse.

29

29

Formazione dell'immagine radiografica

- Più raggi X arrivano sulla pellicola radiografica, più essa diventa nera, più raggi X vengono attenuati dalle strutture anatomiche più la pellicola sarà chiara.
- Per i detettori digitali questo principio vale agli estremi dosimetrici, infatti a differenza delle pellicole radiografiche al variare della dose principalmente si verifica una differenziazione del rumore d'immagine definito come fluttuazione del valore del pixel intorno a un valore medio.

30

30

Attenuazione dei raggi X

- L'attenuazione del fascio dei raggi X dipende sia dalla densità atomica dei tessuti attraversati sia dal loro spessore.

A livello atomico la massa è data dal nucleo fatto da protoni e neutroni e il volume è dato dal movimento pseudo satellitare degli elettroni.

Densità: rapporto tra la massa ed il suo volume

$$\rho = \frac{m}{4/3\pi R^3}$$

31

31

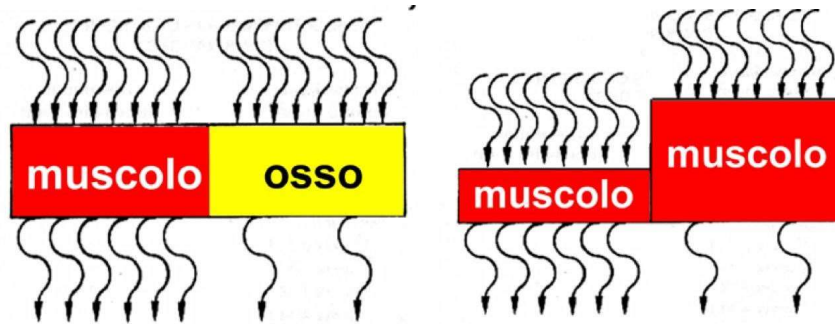
Attenuazione dei raggi X

- Quando il fascio attraversa tessuti di densità atomica differente, come ad esempio il tessuto muscolare ed il tessuto osseo, l'attenuazione, a parità di spessore, sarà maggiore da parte del tessuto osseo, più denso; quando, invece, viene attraversato una regione anatomica costituita da solo tessuto muscolare o, comunque, tessuti molli, l'attenuazione sarà direttamente proporzionale allo spessore.
- Attenuazione differenziata responsabile del contrasto radiologico, parametro responsabile il kV.

32

32

Attenuazione dei raggi X



33

33

Attenuazione dei raggi X

Densità atomica di alcuni materiali (g/cm³)

Physical Characteristics of Contrast-Producing Materials

Material	Effective Atomic Number (Z)	Density (g/cm ³)
Water	7.42	1.0
Muscle	7.46	1.0
Fat	5.92	0.91
Air	7.64	0.00129
Calcium	20.0	1.55
Iodine	53.0	4.94
Barium	56.0	3.5

Muscolo	1,00
Grasso	0,91
Osso	1,85
Piombo	11,35
Tungsteno	19,30
Cemento	2,35

34

34

Definizioni

- Risoluzione spaziale: rappresenta la minima distanza tra due punti dello spazio per la quale essi vengono riconosciuti dal sistema come distinti.
 - Risoluzione di contrasto: è definita come la minima differenza di densità tra due strutture densitometricamente distinte che può essere rilevata.
-

35

35

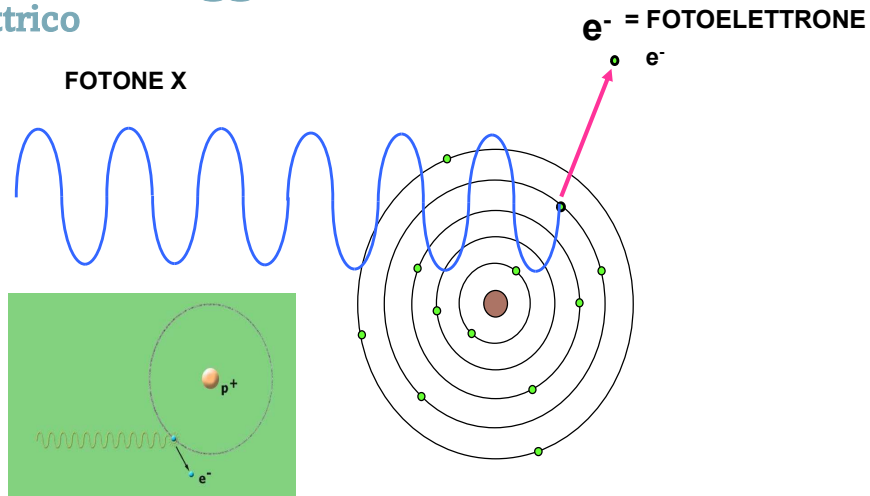
Interazioni raggi X – materia Ionizzazione effetto fotoelettrico

- L'**effetto fotoelettrico** determina la completa attenuazione (arresto) dei raggi X.
 - Esso è responsabile della gran parte del **contrasto** di un radiogramma.
 - L'**effetto fotoelettrico** si verifica più spesso con i raggi X a bassa o media energia o quando l'interazione avviene con un elettrone degli orbitali più interni.
-

36

36

Interazioni raggi X – materia Ionizzazione effetto fotoelettrico



37

37

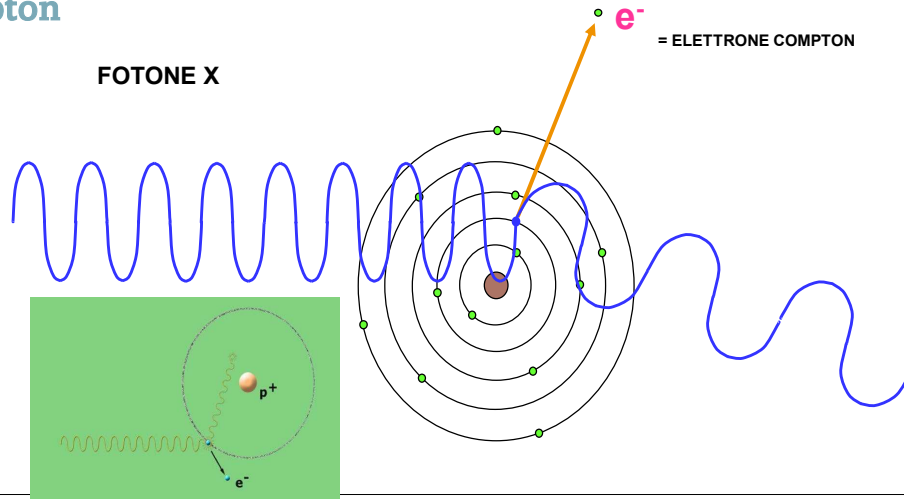
Interazioni raggi X – materia Ionizzazione effetto Compton

- L'effetto Compton si determina maggiormente con raggi X ad elevata energia e quando l'interazione si verifica con gli elettroni degli orbitali più esterni.

38

38

Interazioni raggi X – materia Ionizzazione effetto Compton



39

39

3 Fattori qualitativi espositivi

- Art. 32 Ottimizzazione di esposizioni mediche

¹ Per esami di radiodiagnostica, di radiologia interventistica e di medicina nucleare, il titolare della licenza deve mantenere le dosi di radiazione al livello più debole possibile per acquisire la necessaria immagine.

² In tutte le esposizioni terapeutiche deve eseguire una pianificazione dosimetrica individuale. Le dosi per gli organi a rischio devono essere mantenute al livello più debole possibile, tenendo in considerazione lo scopo radioterapeutico previsto.

³ Ai fini della protezione dei pazienti, il processo di ottimizzazione comprende in particolare:

- a. la scelta dell'equipaggiamento idoneo, incluso il software;
- b. la garanzia della qualità dell'informazione diagnostica adeguata o del successo terapeutico;
- c. l'osservanza degli aspetti pratici della procedura;
- d. la garanzia della qualità;

40

Contrasto radiografico

- Un altro concetto importante nelle immagini radiografiche è il contrasto. Per contrasto si intende la **possibilità di poter distinguere due punti contigui sulla base della loro differenza cromatica** (differente tonalità di grigio).
- La risoluzione di contrasto è la capacità di differenziare due oggetti adiacenti sulla base dei rispettivi valori di attenuazione (livelli di grigio).

41

41

Contrasto radiografico

- **Poco contrasto:** scala dei grigi intermedi tra il bianco ed il nero lunga
- **Molto contrasto:** scala dei grigi intermedi tra il bianco ed il nero corta



42

42

Contrasto radiografico

Il contrasto radiografico è influenzato:

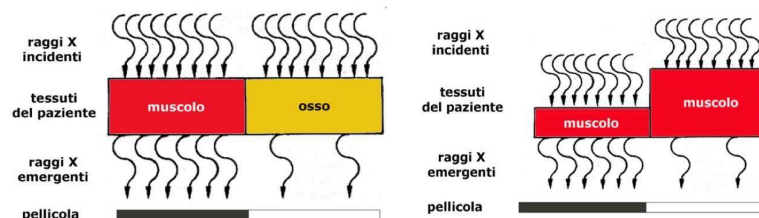
- dal contrasto inerente il soggetto (densità atomica e spessore dei tessuti);
- dai kV impostati;
- dal rumore quantico, pellicola;
- dalla quantità di radiazione diffusa;
- dal tipo di schermo di rinforzo e di pellicola e dall'efficienza del detettore.
- sistemi digitali viene determinato dalla quantità di bit disponibili per la codifica

43

43

Contrasto inerente il soggetto

- Il contrasto inerente il soggetto dipende sia dalla densità atomica sia dallo spessore dei tessuti attraversati dai raggi X.



44

44

Contrasto inerente il soggetto

- Il contrasto inerente il soggetto influenza sempre ogni radiogramma. Nell'immagine seguente è evidente sia il contrasto dato dalla differente densità atomica tra osso e tessuti molli sia quello derivante dal differente spessore dei tessuti molli.



45

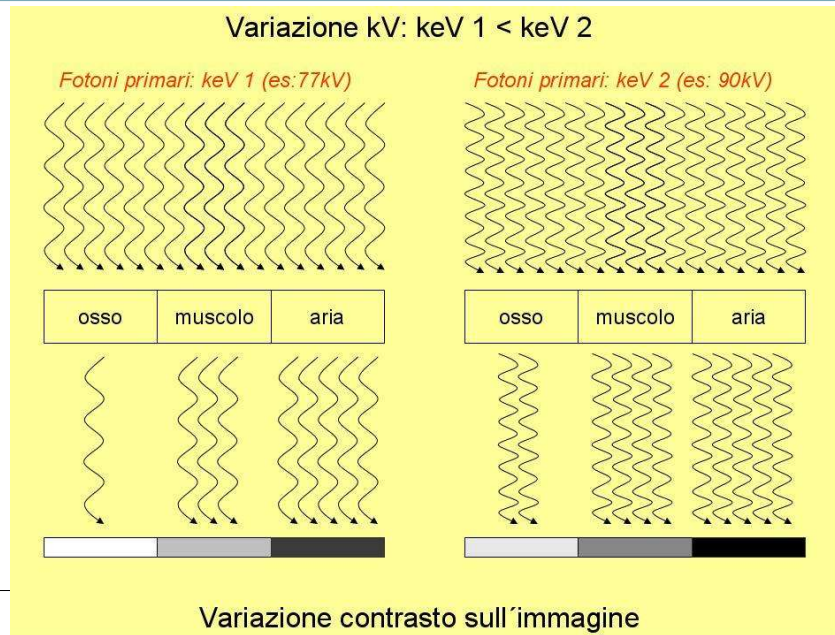
45

Contrasto radiografico e livelli di kV

- Il contrasto radiografico è influenzato principalmente dai kV.
- Pertanto, con bassi kV abbiamo immagini RX molto contrastate, mentre con alti kV immagini poco contrastate (immagini con ampia latitudine di grigi).
- kV Parametro maggiorante responsabile dell'attenuazione differenziata

46

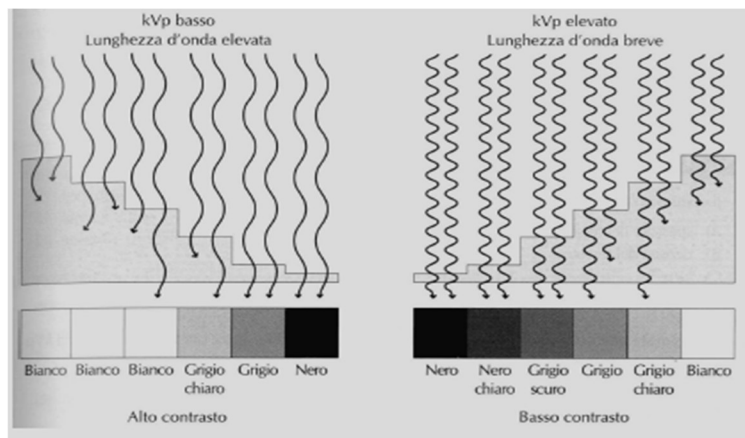
46



47

47

Contrasto radiografico e livelli di kV

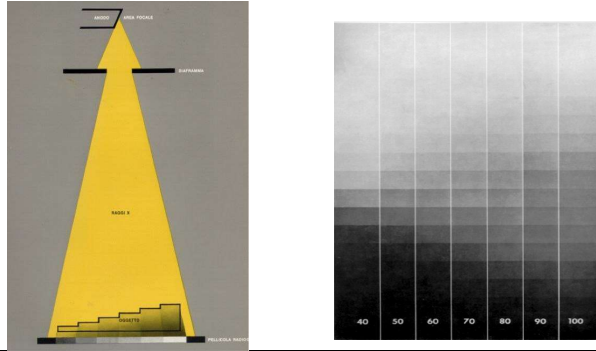


48

48

Contrasto radiografico e livelli di kV

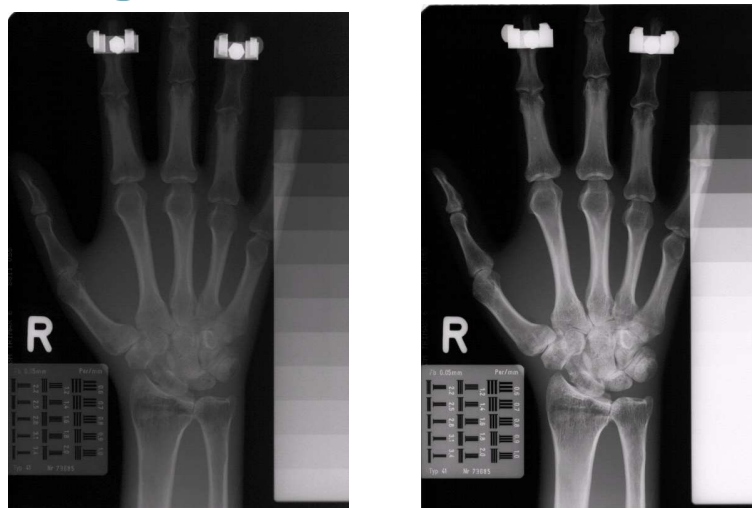
- A dimostrazione di questa affermazione è possibile eseguire una prova: un cuneo di alluminio fatto a gradini viene radiografato in successione utilizzando sempre gli stessi mAs mentre, invece, vengono modificati, con incrementi di 10 unità per volta, i kV.



49

49

Contrasto radiografico e livelli di kV



50

50

Densità radiografica DO

- Oltre all'opacità radiografica, un altro importante concetto è quello della densità radiografica: **grado di annerimento della pellicola radiografica** dovuto alla riduzione e alla fissazione dell'argento dell'emulsione.

51

51

Densità radiografica pellicola

- La densità di una pellicola radiografica è direttamente proporzionale alla quantità di raggi X che raggiunge la pellicola stessa. La densità è primariamente condizionata dai mAs (numero dei raggi X) e, in misura minore, dai kVp.

52

52

Densità radiografica

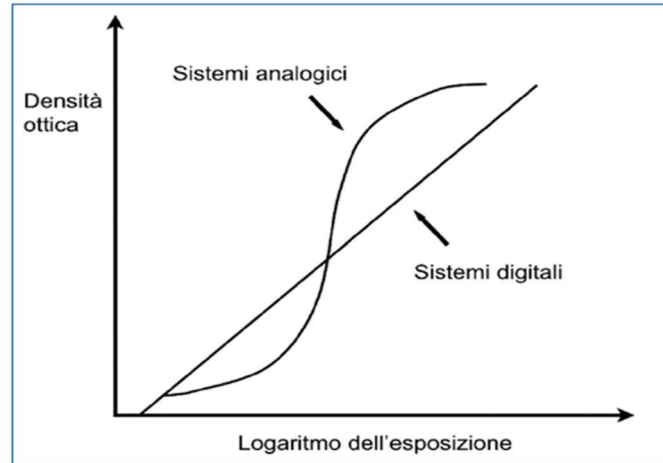
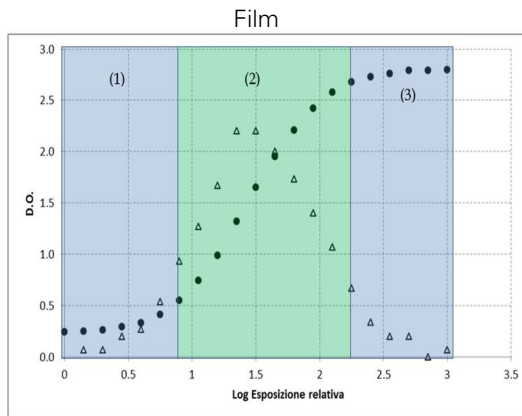
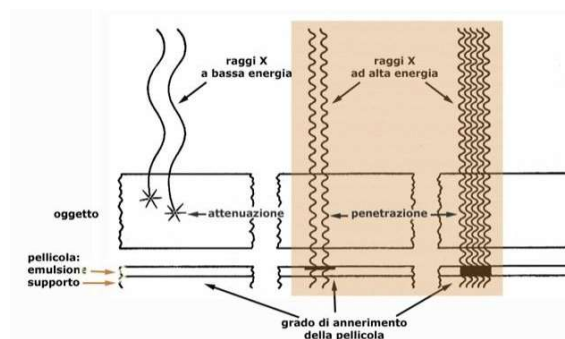


Fig. 12.3 Andamento della curva di esposizione dei sistemi digitali e analogici

53

53

Incrementi della densità radiografica pellicola



11/30/2023

54

54

- Come è possibile vedere nel seguente schema, la densità radiografica è influenzata principalmente dalla quantità dei raggi X che raggiungono la pellicola.
- La quantità dei raggi X è regolata sia attraverso l'intensità (mA) sia attraverso il tempo di esposizione (secondi), perciò, più correttamente, si utilizza il prodotto dei due fattori (mAs).

Incrementi della densità radiografica pellicola

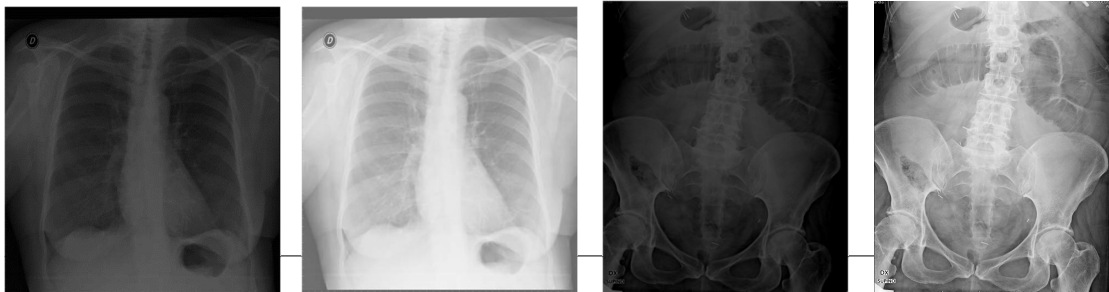
- In linea generale, è preferibile non intervenire sulla densità di un radiogramma aumentando i kV perché aumentando l'energia dei raggi X aumentano le radiazioni diffuse generate attraverso l'effetto Compton e, come sappiamo, i kV modificano anche il contrasto radiografico.

55

55

Modificare la densità radiografica pellicola

- Raddoppiando o dimezzando i mA o il tempo di esposizione, si raddoppia o si dimezza la densità originaria del radiogramma.
- Riducendo 200 mA a 100 mA si dimezza la densità originaria.

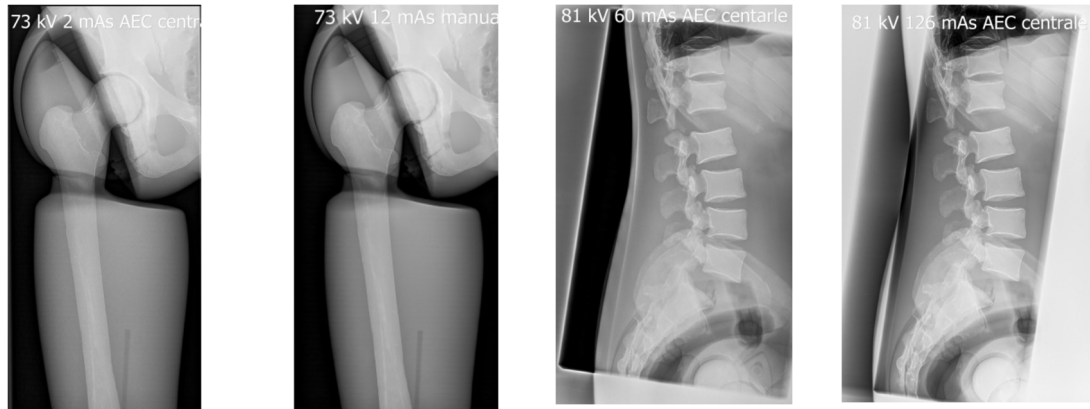


56

56

Sample Footer Text

Variazione mAs sistema digitale



11/30/2023

57

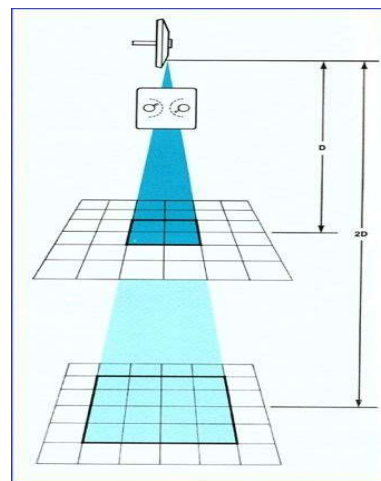
57

Corso di aggiornamento

Legge del quadrato della distanza

- Dimezzando la distanza tra il fuoco e l'oggetto si quadruplica la quantità di raggi X per unità di superficie.
- Raddoppiando la distanza si riduce a 1/4 la quantità di raggi X per unità di superficie.

$$\frac{mAs_1}{mAs_2} = \frac{(d_1)^2}{(d_2)^2}$$



58

58

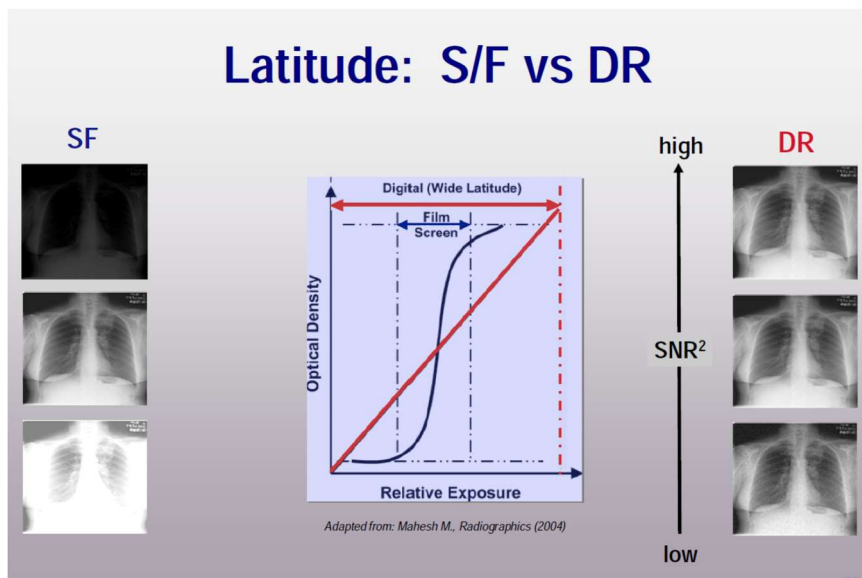
Densità e contrasto radiografico

Film

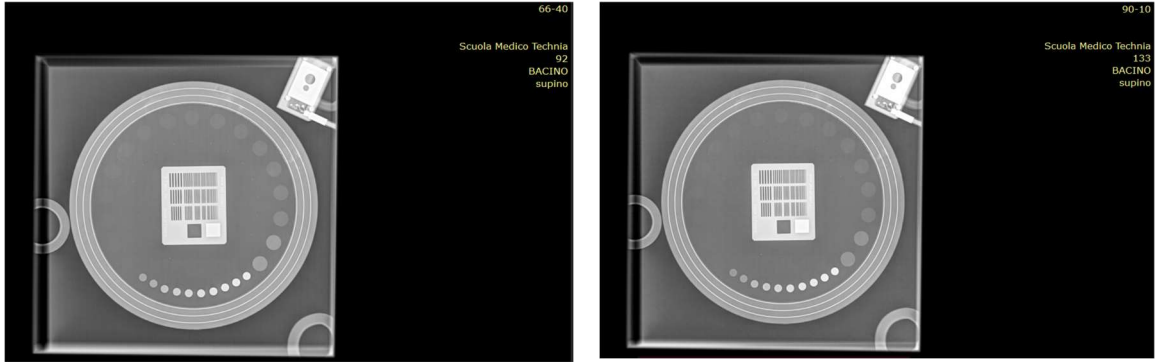
Fattore		Densità	Contrasto
mAs	Aumento	Aumento	Nessuna variazione
	Riduzione	Riduzione	Nessuna variazione
kVp	Aumento	Aumento	Riduzione
	Riduzione	Riduzione	Aumento
SID	Aumento	Riduzione	Nessuna variazione
	Riduzione	Aumento	Nessuna variazione

DR/CR	Densità	Contrasto	Rumore
kV	-	si	si
mA	-	no	si
Tempo/s	-	no	si
SID	-	no	si

Corso di aggiornamento **image processing**



Variazione kV sistema digitale



Variazione kV sistema digitale



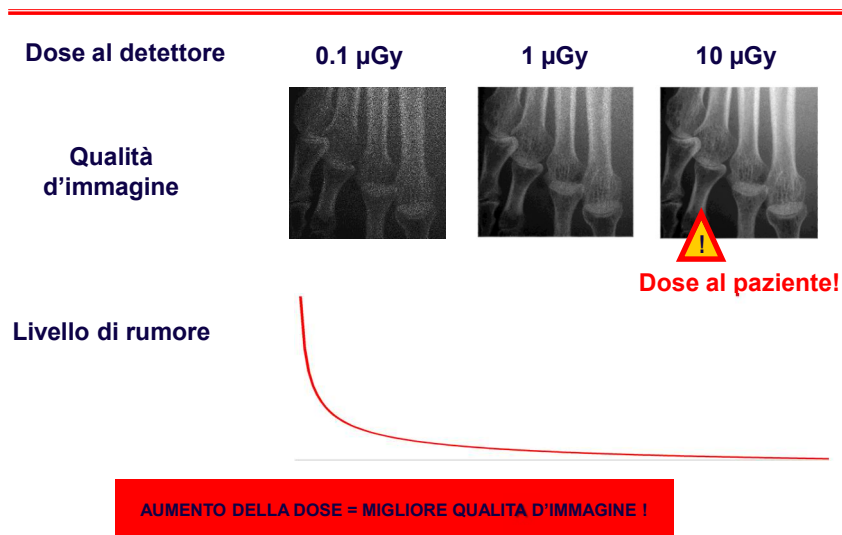
4 Fattori dosimetrici e descrittori di dose

- 📄 **Sezione 3: Ottimizzazione medica**
- 📄 **Art. 32 Ottimizzazione di esposizioni mediche**

¹ Per esami di radiodiagnostica, di radiologia interventistica e di medicina nucleare, il titolare della licenza deve mantenere le dosi di radiazione al livello più debole possibile per acquisire la necessaria immagine.

² In tutte le esposizioni terapeutiche deve eseguire una pianificazione dosimetrica individuale. Le dosi per gli organi a rischio devono essere mantenute al livello più debole possibile, tenendo in considerazione lo scopo radioterapeutico previsto.

63



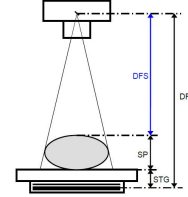
64

Valori diagnostici di riferimento

Stima della dose superficiale in ingresso relativa al paziente

$$D_o = K \cdot \left(\frac{U}{100\text{kV}} \right)^2 \cdot Q \cdot \left(\frac{1}{\text{FOD}} \right)^2 \cdot \text{RSF}$$

DFR: Distanza fuoco-rilevatore
DFS: Distanza fuoco-superficie
SP: Spessore del paziente
STG: Spessore del tavolo e della griglia antidiffusione



- D_o** : Dose superficiale in ingresso relativa al paziente in mGy
K : Costante che caratterizza l'impianto a raggi x [in mGy·m²·mAs⁻¹]; misurazione nell'aria senza assorbitore (cfr. punto 6).
U : Tensione di picco in kV
Q : Corrente al tubo come prodotto tempo-corrente in mAs
DFS : Distanza fuoco-superficie (distanza fuoco-rilevatore meno il diametro del paziente, meno lo spessore del tavolo e della griglia antidiffusione) in m. Si tratta della distanza tra il fuoco e la superficie in ingresso relativa al paziente. Può essere determinata con misura diretta o con l'ausilio della distanza fuoco-rilevatore ridotta dello spessore del paziente nonché dello spessore del tavolo e della griglia antidiffusione (circa 5-10 cm).
RSF : Fattore di retrodiffusione (=usualmente a 1,35; valore medio per grandezza di campo [20 x 20cm²], determinata tramite misurazione effettuata con un fantoccio d'acqua).

65

65

Valori diagnostici di riferimento

Prodotto Dose – Superficie (PDS)

- [mGy·cm²] - [cGy·cm²] - [μGy·m²]
- È il prodotto della dose per la superficie irradiata
- Non varia in rapporto alla distanza

Distance	50 cm	100 cm	200 cm
Dose	4 Gy	1 Gy	0,25 Gy
Surface	25 cm ²	100 cm ²	400 cm ²
PDS	100 Gy·cm ²	100 Gy·cm ²	100 Gy·cm ²

Misurato: tramite camera di ionizzazione nel fascio a livello del collimatore



66

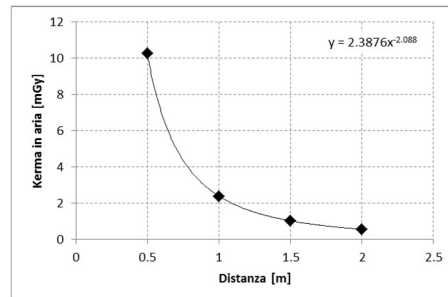
66

Dose in aria del fascio

1) Effetto della distanza

Come evolve la dose in aria in funzione della distanza?

E' inversamente proporzionale al quadrato della distanza



67

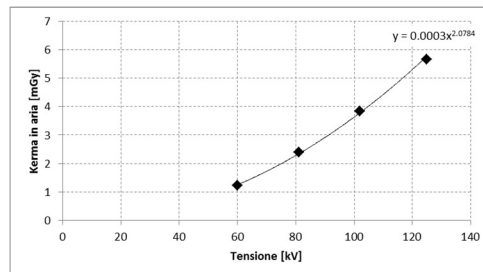
Corso di aggiornamento

Dose in aria del fascio

3) Effetto della tensione

Come evolve la dose in aria in funzione della tensione?

E' in prima approssimazione proporzionale al quadrato della tensione



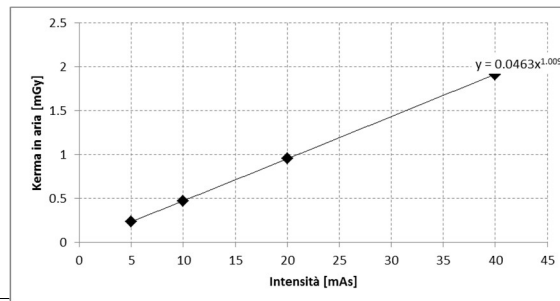
68

Dose in aria del fascio

4) Effetto dell'intensità

Come evolve la dose in aria in funzione dell'intensità?

E' proporzionale all'intensità



69

Dose in aria del fascio

Messaggio pratico:

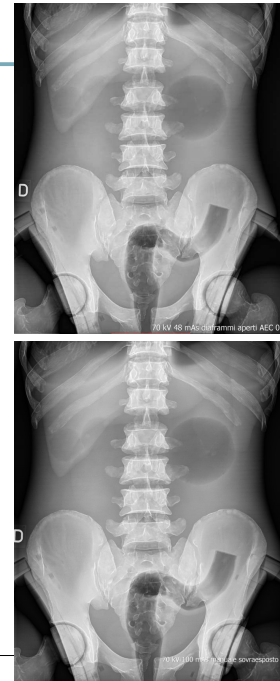
La dose in aria è proporzionale all'intensità, proporzionale al quadrato della tensione e inversamente proporzionale al quadrato della distanza dal fuoco.

70

A.6. Radiologia digitale (*Pubblicazione 93*)

Pubblicazione 105 dell'ICRP

- (A28) Le tecniche digitali hanno il potenziale di migliorare l'esercizio della radiologia ma anche rischiano di favorire un uso eccessivo delle radiazioni. I vantaggi principali delle immagini digitali (cioè larga gamma dinamica, trattamento dell'immagine, opzioni multiple di osservazione dell'immagine, e possibilità elettroniche di trasferimento e di archiviazione) sono evidenti, ma delle sovraesposizioni possono verificarsi senza che esse abbiano un effetto negativo sulla qualità dell'immagine. In radiografia convenzionale, una sovraesposizione produce una lastra "nera". Nei sistemi digitali, immagini buone sono ottenute con una vasta gamma di esposizione. È molto facile ottenere (e cancellare) le immagini con i sistemi di fluoroscopia digitale, e questo può incoraggiare una tendenza a ottenere più immagini di quanto sia necessario. In radiologia digitale, una più elevata dose al paziente generalmente corrisponde a una migliore qualità dell'immagine, può così svilupparsi una tendenza a utilizzare dosi al paziente più elevate del necessario. A seconda dei diversi scopi medici delle immagini, sono necessari diversi livelli di qualità delle immagini stesse e le dosi che non portano alcun vantaggio supplementare per lo scopo clinico dovrebbero essere evitate.



71

Valori diagnostici di riferimento

- Nella diagnostica radiologica non esistono limiti di dose per il paziente.
- Nonostante gli LDR valgano come grandezze di apprezzamento, non costituiscono un criterio per definire il limite tra una buona e una cattiva prassi, ma servono piuttosto a riconoscere le situazioni in cui la dose del paziente in situazioni standard è insolitamente elevata.
- LDR Normotipo

72

72

VDR radiologia proiettiva

Guida R-06-04
Livelli diagnostici di riferimento nella radiologia proiettiva

Tabella 1: LDR per adulti

Radiografia	Dose superficiale in ingresso al paziente per singola radiografia [mGy]	PDS [mGy · cm ²]
Torace (pa)	0.15	150
Torace (laterale)	0.75	600
Colonna vertebrale lombare (ap o pa)	7	2350*
Colonna vertebrale lombare (laterale)	10	4150
Bacino (ap)	3.5	2500
Cranio (ap o pa)	2.5	650
Cranio (laterale)	1.5	500

ap: antero-posteriore; pa: posteriore-anteriore

73

73

5 Analisi qualitativa dell'immagine

- Art. 32 Ottimizzazione di esposizioni mediche

¹ Per esami di radiodiagnostica, di radiologia interventistica e di medicina nucleare, il titolare della licenza deve mantenere le dosi di radiazione al livello più debole possibile per acquisire la necessaria immagine.

² In tutte le esposizioni terapeutiche deve eseguire una pianificazione dosimetrica individuale. Le dosi per gli organi a rischio devono essere mantenute al livello più debole possibile, tenendo in considerazione lo scopo radioterapeutico previsto.

³ Ai fini della protezione dei pazienti, il processo di ottimizzazione comprende in particolare:

- a. la scelta dell'equipaggiamento idoneo, incluso il software;
- b. la garanzia della qualità dell'informazione diagnostica adeguata o del successo terapeutico;
- c. **l'osservanza degli aspetti pratici della procedura;**
- d. la garanzia della qualità;

74

La geometria delle immagine RX

- Una radiografia è una rappresentazione 2-D (planare) di un oggetto 3-D (volume).
- L'immagine radiografica dipende dall'orientamento dell'oggetto radiografato rispetto al fascio radiogeno, dalla distanza focale (distanza fuoco-detettore), dalla direzione del fascio radiogeno rispetto al detettore e dalle dimensioni della macchia focale.
- Inoltre, i raggi X del fascio radiogeno sono tra loro divergenti per cui il fascio nel suo complesso ha una forma piramidale.

75

75

La geometria delle immagine RX

- *Posizione* è un termine che si riferisce alla disposizione del corpo del paziente nello spazio.
 - Le posizioni che si possono far assumere al paziente sono molteplici.
- *Proiezione* o incidenza è un termine che si riferisce al percorso dei raggi X nel corpo del paziente.
 - La proiezione dipende dalla posizione del paziente e dalla relativa direzione del fascio radiogeno.

76

76

La geometria delle immagine RX

Da ciò deriva:

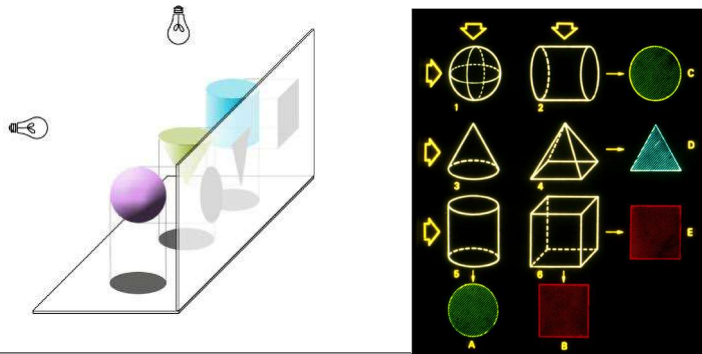
- perdita della percezione della profondità;
- ingrandimento e distorsione dell'oggetto;
- presenza di un'ombra aggiuntiva lungo i profili (sfocatura).

77

77

La geometria delle immagine RX perdita della profondità

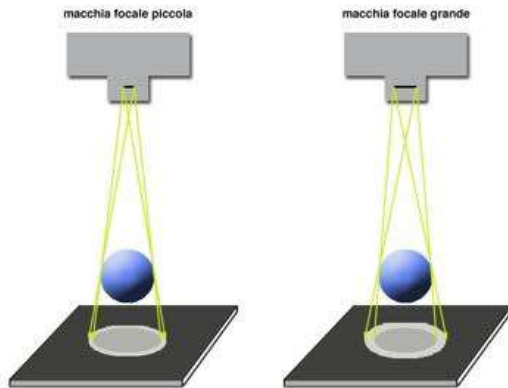
- Si dimostra come le ombre proiettate di tre differenti solidi sono praticamente identiche in una delle proiezioni e che solo la proiezione ortogonale alla precedente permette di comprenderne la reale forma.



78

78

La geometria delle immagine RX ingrandimento



- Dato l'orientamento divergente dei raggi X, l'immagine radiografica di un oggetto è sempre più grande delle sue dimensioni reali.

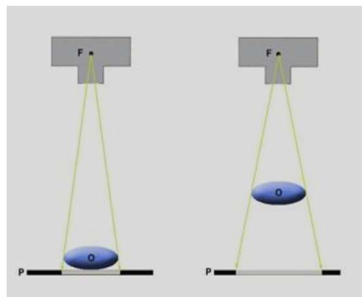
11/30/2023

79

79

La geometria delle immagine RX ingrandimento

- L'ingrandimento radiografico deriva dalla distanza dell'oggetto esaminato dal detettore. Per ridurre l'ingrandimento, il distretto anatomico di interesse deve essere posto il più vicino possibile alla cassetta radiografica.

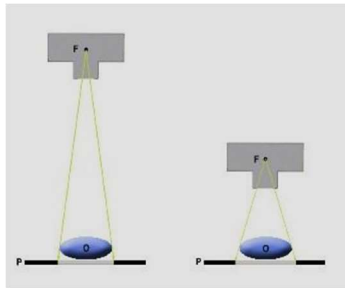


80

80

La geometria delle immagine RX ingrandimento

- Le dimensioni dell'oggetto radiografato dipendono anche dalla distanza Fuoco-detettore. Se si riduce la distanza Fuoco-detettore, l'oggetto viene ingrandito perché aumenta la divergenza dei raggi X.

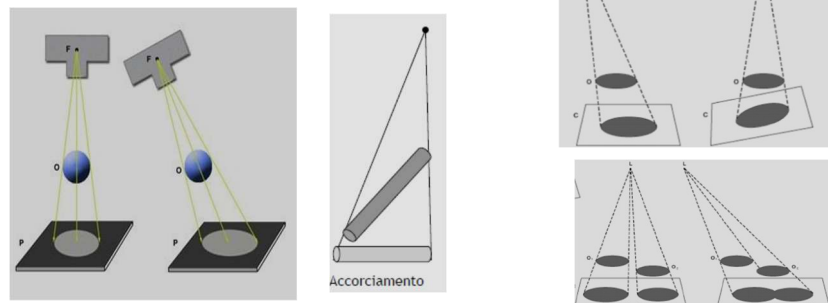


81

81

La geometria delle immagine RX distorsione

- L'orientamento del fascio radiogeno rispetto all'oggetto ed alla pellicola influenza l'aspetto radiografico dell'oggetto stesso. Se l'orientamento del fascio non è perpendicolare rispetto alla pellicola, l'immagine di un oggetto si deforma.



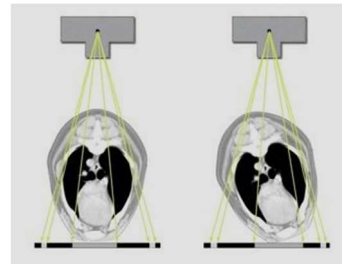
82

82

La geometria delle immagine RX distorsione

Sono almeno due le condizioni che possono portare a distorsioni radiografiche tali da causare errori di interpretazione diagnostica:

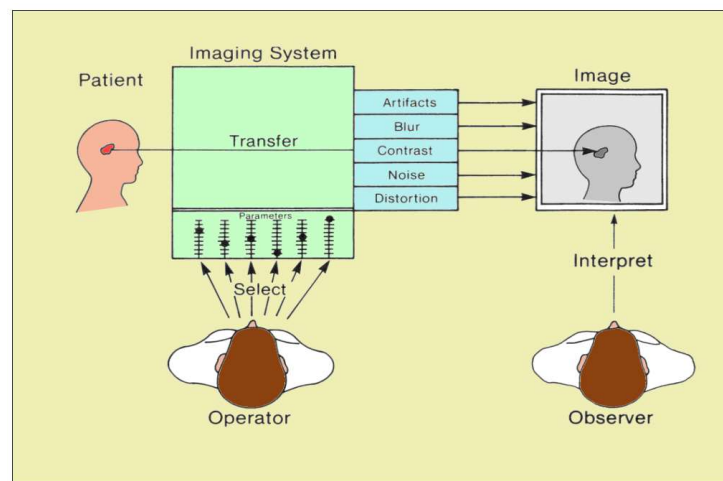
- errori nel centraggio del fascio radiogeno;
- errori di posizionamento del paziente.



83

83

Fattori influenzanti la qualità dell'immagine



Components Associated with the Medical Imaging Process

84

84

Analisi qualitativa dell'immagine

- L'immagine radiografica deve riportare:
 - *Dati anagrafici e/o numero identificativo del paziente; nome dell'istituto; data di esecuzione; parte anatomica in studio; la posizione; la proiezione/incidenza e lateralità (marker); dati dosimetrici.*
 - **Criteri di Posizionamento**
 - *da dove a dove deve estendersi il radiogramma a livello anatomico*
 - *Valutare il posizionamento anatomico del raggio verticale e orizzontale o raggio centrale*
 - *Verificare che la collimazione del fascio segua la parte anatomica in studio.*
 - *Valutare la diaframmatura del fascio sui quattro lati del radiogramma*
 - *Verificare che la proiezione geometrica della parte anatomica in studio rispetti i criteri della specifica proiezione*
-

85

Analisi qualitativa dell'immagine

- **Qualità dell'immagine (iconografica), esposizione**
 - Valutare il contrasto d'immagine, valutare se i diversi tessuti della parte anatomica in esame sono rappresentati e differenziati;
 - *Per l'oste articolare: valutare se le parti molli e le parti ossee sono distinguibili; valutare se i bordi cutanei, il tessuto adiposo e il tessuto muscolare risultano visibili; valutare se le strutture ossee in sovrapposizione siano distinguibili.*
 - *Per la radiografia del torace: valutare se la trama polmonare risulti visibile sugli interi campi polmonari; valutare se la trama polmonare in sovrapposizione alle coste risulti visibile; valutare se i corpi vertebrali della colonna dorsale risultano riconoscibili.*
-

86

Analisi qualitativa dell'immagine

• Qualità dell'immagine (iconografica), esposizione


- **Nitidezza:** valutare l'assenza di movimento; per l'osteoarticolare i bordi ossei regolari devono risultare unici; per il torace trama polmonare non sfocata da movimenti respiratori.
- **Dettaglio:** capacità di visionare le piccole strutture; per l'osteoarticolare trama ossea o struttura trabecolare visibile; per il torace trama polmonare ben visibile.

87

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi

Criteria posizionamento Torace PA

	Raggiunto	Non raggiunto
Apici, basi e senicostofrenici visibili	✓	Scapole non sovrapposte ai campi polmonari ✓
Raggio verticale lungo la colonna dorsale	✓	
Raggio orizzontale alle basi scapolari	✓	
Difframmatura contenuta	✓	
Basi polmonari a livello 10/11 costa	✓	
Clavicole simmetriche	✓	
Processi spinosi al centro delle vertebre	✓	



Posizione	Raggio verticale	Raggio orizzontale	Criteri di posizionamento
TORACE PA	Sulla colonna dorsale	A livello dell'angolo inferiore delle scapole	Estensione: apici polmonari, seni costofrenici, basi polmonari. Basi a livello delle 10/11 coste posteriori; Clavicole simmetriche, processi spinosi al centro delle vertebre, art. sternoclaveari equidistanti dalla colonna. Scapole non sovrapposte ai campi polmonari.

88

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi

Criteria esposizione Torace PA esempio



Contrasto

Trama polmonare visibile sugli interi campi polmonari ✓

Trama polmonare in sovrapposizione alle coste visibile ✓

La colonna dorsale si intravede ✓

Dettaglio e nitidezza

Trama polmonare ben visibile ✓

Nessun segno di movimento o sfocatura della trama polmonare ✓

89

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi

Criteria esposizione Torace PA 1



Raggiunto

Trama polmonare visibile sugli interi campi polmonari ✓

Trama polmonare in sovrapposizione alle coste visibile ✓

Trama polmonare ben visibile ✓

Nessun segno di movimento o sfocatura della trama polmonare ✓

Non raggiunto

La colonna dorsale si intravede ✓

90

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi


Criteria posizionamento Polso DV

	Raggiunto	Non raggiunto										
	Un terzo di avambraccio dist. e metacarpo dist. ✓	Marker extra-anatomico ben leggibile ✓	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Posizione</th> <th>Raggio verticale</th> <th>Raggio orizzontale</th> <th>Criteria di posizionamento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>POLSO DV</td> <td>Lungo il terzo metacarpo</td> <td>A livello articolazione radio carpica</td> <td>Estensione: parte distale del metacarpo fino a un terzo di avambraccio distale. Radio e ulna paralleli, terzo metacarpo in asse con avambraccio.</td> </tr> </tbody> </table>	Posizione	Raggio verticale	Raggio orizzontale	Criteria di posizionamento	POLSO DV	Lungo il terzo metacarpo	A livello articolazione radio carpica	Estensione: parte distale del metacarpo fino a un terzo di avambraccio distale. Radio e ulna paralleli, terzo metacarpo in asse con avambraccio.	
	Posizione	Raggio verticale		Raggio orizzontale	Criteria di posizionamento							
	POLSO DV	Lungo il terzo metacarpo		A livello articolazione radio carpica	Estensione: parte distale del metacarpo fino a un terzo di avambraccio distale. Radio e ulna paralleli, terzo metacarpo in asse con avambraccio.							
	Raggio orizzontale a livello dell'art. radio-carpica ✓											
	Raggio verticale la centro dell'arto ✓											
	Collimazione in asse con l'arto ✓											
	Difframmatura comprende i bordi cutanei e non si estende oltre i 2 cm ✓											
Terzo metacarpo in asse con avambraccio ✓												
Radio e ulna paralleli ✓												

91

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi


Criteria esposizione Polso DV esempio

	Contrasto	Dettaglio e nitidezza
	Strutture ossee si distinguono dalle parti molli ✓	Trama ossea o struttura trabecolare visibile ✓
	Bordi cutanei, tessuto adiposo e muscolare distinguibili ✓	Bordi ossei regolari unici ✓
	Strutture ossee in sovrapposizione distinguibili ✓	

92

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi

Criteria posizionamento Spalla AP neutra



Raggiunto

- Parti molli sovraclavari, articolazione e un terzo di omero prossimale presenti ✓
- Raggio centrale a livello della parte inferiore dell'art. omero-scapolare ✓

Non raggiunto


- Collimazione segue l'anatomia ✓
- Difframmatura mediale e laterale adeguata ✓
- Spazio subacromiale libero ✓
- Art. omero-scapolare libera ✓

Posizione	Raggio verticale	Raggio orizzontale	Criteri di posizionamento
SPALLA ST. AP neutra / SVEDESE I/II	Raggio centrale a livello della fossa glenoidea	Raggio centrale a livello della fossa glenoidea	Estensione: tessuti molli sopra claverari, articolazione e un terzo di omero prossimale. Spazio sub acromiale e articolazione e omero scapolare liberi.

93

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi

Criteria esposizione Spalla AP



Raggiunto

- Strutture ossee si distinguono dalle parti molli ✓
- Strutture ossee in sovrapposizione distinguibili ✓
- Bordi ossei regolari unici ✓

Non raggiunto

- Bordi cutanei, tessuto adiposo e muscolare distinguibili ✓
- Trama ossea o struttura trabecolare visibile ✓

94

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi

Criteria posizionamento Ginocchio AP



Raggiunto	Non raggiunto
Un terzo di femore dist. e gamba pross. ✓	Art. femoro-tibiale libera ✓
Raggio verticale al centro dell'arto ✓	
Raggio orizzontale lato inferiore patella ✓	
Difframmatura non oltre i due centimetri dai bordi cutanei ✓	
Eminenze intercondiloidee visibili ✓	
Patella al centro dei condili ✓	

Posizione	Raggio verticale	Raggio orizzontale	Criteria di posizionamento
GINOCCHIO AP	Al centro della gamba	Margine inferiore della patella	Estensione: un terzo di femore distale, l'art. del ginocchio e un terzo di gamba prossimale. Patella al centro dei condili, art. femoro-tibiale libera eminenze visibili.

95

Analisi qualitativa dell'immagine: esempi

Criteria posizionamento Ginocchio LAT



Raggiunto	Non raggiunto
Un terzo di femore dist. e gamba pross. ✓	Raggio verticale al centro della gamba ✓
Raggio orizzontale lato inferiore patella ✓	Difframmatura comprende i bordi cutanei e non si estende oltre i 2 cm ✓
Collimazione in asse con la gamba ✓	Marker extra-anatomico ✓
Spazio retropatellare libero ✓	Arto flessa a 135° ✓
Condili in sovrapposizione ✓	

Posizione	Raggio verticale	Raggio orizzontale	Criteria di posizionamento
GINOCCHIO LAT.	Al centro della gamba	Margine inferiore della patella	Estensione: un terzo di femore distale, l'art. del ginocchio e un terzo di gamba prossimale. Ginocchio flessa a 135°, condili femorali sovrapposti. Spazio retro-patellare e art. femoro-patellare liberi.

96

Grazie per l'attenzione
