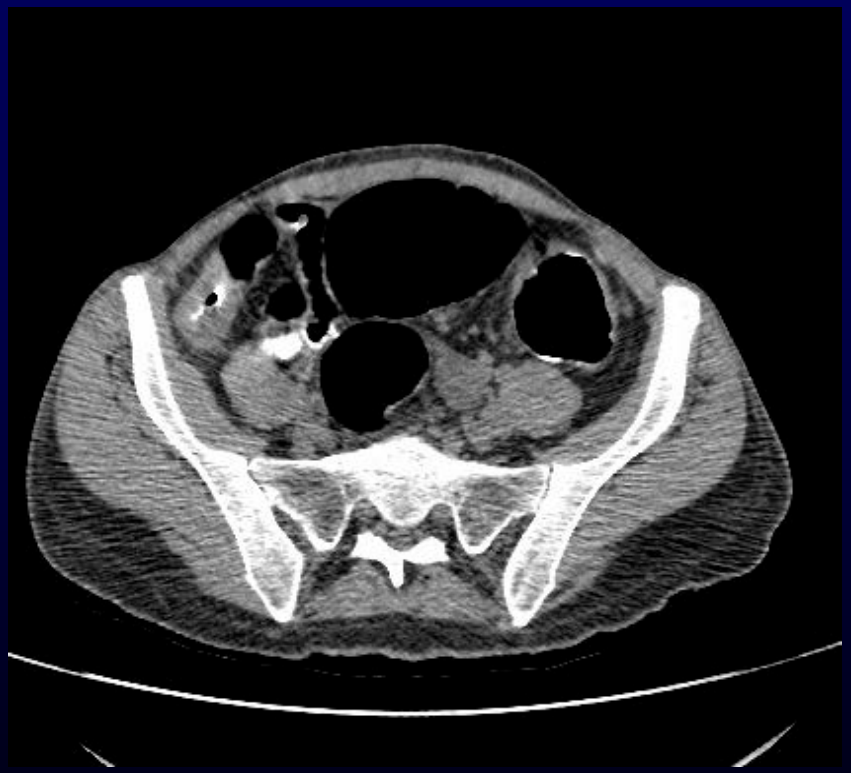
Nuove tecnologie e dosi: Ottimizzazione della dose in Radiodiagnostica tradizionale, in TC ed in Interventistica.

Dott. Pietro Caruso
S.C. Diagnostica per immagini territoriale ed Ecografia interventistica

www.oeige.it



Di cosa parleremo

- Radiologia tradizionale: CR e DR
- La scopia pulsata
- Nuove tecniche la Cone Beam TC
- Nuovi sistemi di riduzione della dose in TC
- Nuovi protocolli TC con alta concentrazione di mdc iodato per abbassare la dose radiogena

Radiologia tradizionale: CR e DR

Nella Radiologia tradizionale si è ottenuto un miglioramento della dose somministrata al paziente con l'introduzione della Radiologia Digitale che ha permesso:

- Sbagliare meno lastre perché i dati sono gestiti dal computer.
- Possibilità di variare la finestra.

Tecnologia CR

Cassette di vecchio formato

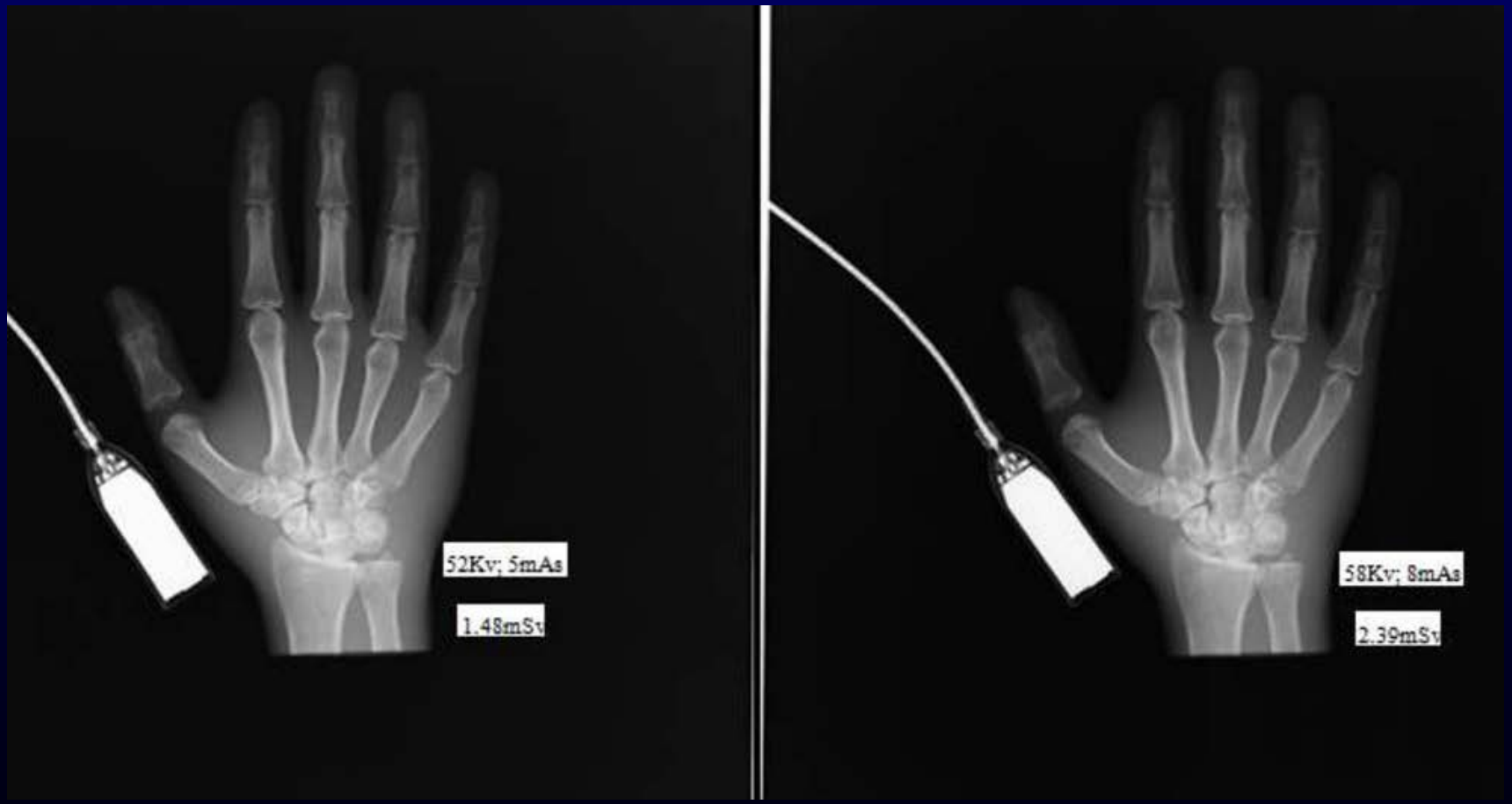
Fosfori che vengono letti dal computer che crea l'immagine digitale da inviare ai sistemi di archiviazione

Tecnologia DR

Cassette unica con pannello digitale che genera direttamente l'immagine digitale da inviare ai sistemi di archiviazione tramite cavo o via Wi-Fi

Hand with:

- DR - 52Kv;5mAs – 1,48 mSv
- CR - 52Kv;8mAs – 2.39 mSv



Scopia pulsata

Scopia pulsata

Fluoroscopia continua:

è il metodo standard; le immagini vengono acquisite con un flusso costante di fotoni X (compreso tra 0.5 e 4 mA) a velocità di circa 25 frames al secondo.

Variable frame rates pulsed fluoroscopy:

nella fluoroscopia pulsata il generatore produce una serie di impulsi di raggi X ad intensità più elevate e per tempi più brevi rispetto alla fluoroscopia continua.

Il vantaggio di questa tecnica consiste nel fatto che sebbene il flusso di fotoni incidente sia lo stesso della fluoroscopia continua, vengono eliminati tutti gli effetti di sfocatura dovuti ai movimenti troppo veloci (rispetto al numero di frames per secondo utilizzato).

La variable frames rates pulsed fluoroscopy permette di poter effettuare analisi su di un paziente minimizzando la dose di raggi X. Infatti per alcuni tipi di analisi un frames rate di 25 immagini al secondo è eccessivo perciò può essere diminuito a 15.

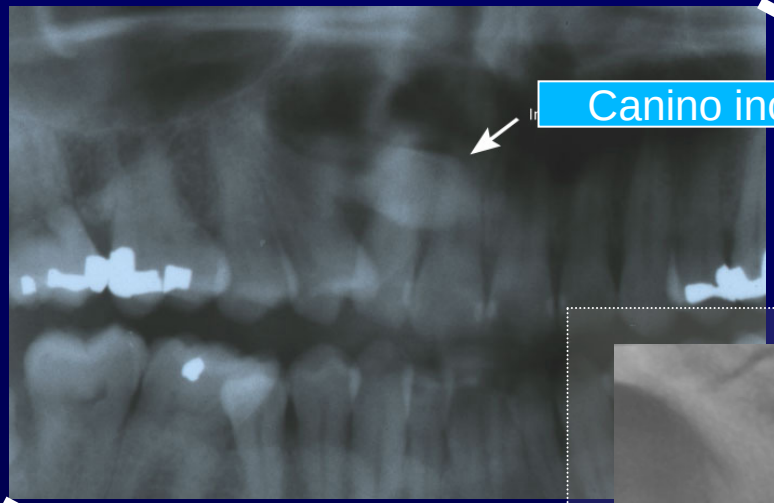
Con la digitalizzazione (utilizzo di un Flat-panel)

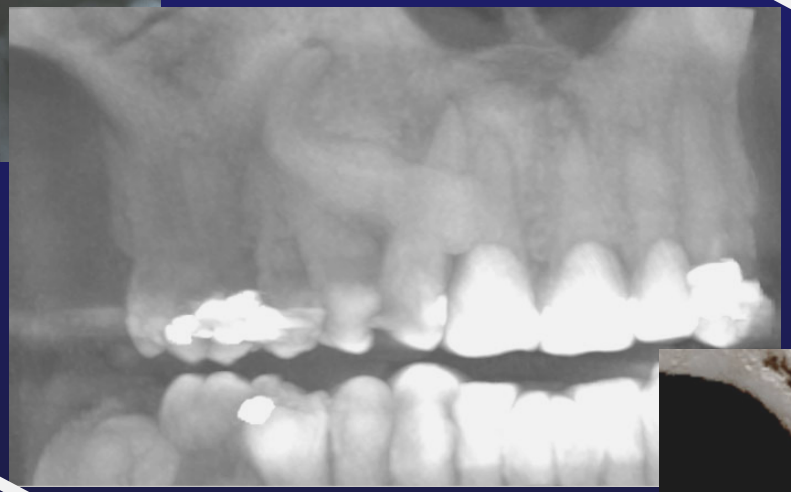
Si posono utilizzare valori mAs decisamente inferiori

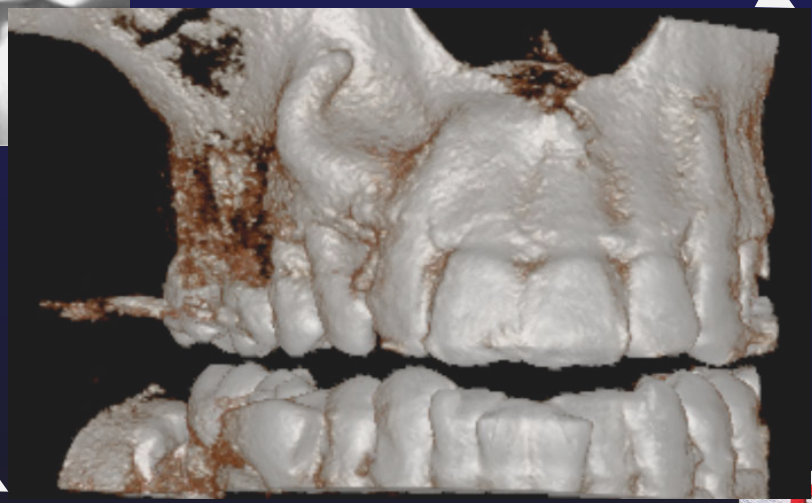
Non è poi più necessario fare l'immagine da memorizzare ma è la stessa immagine scopica che viene inviata al PACS riducendo quindi l'esposizione.

Si ottengono così valori di esposizione inferiori anche più del 50%

Cone Beam CT



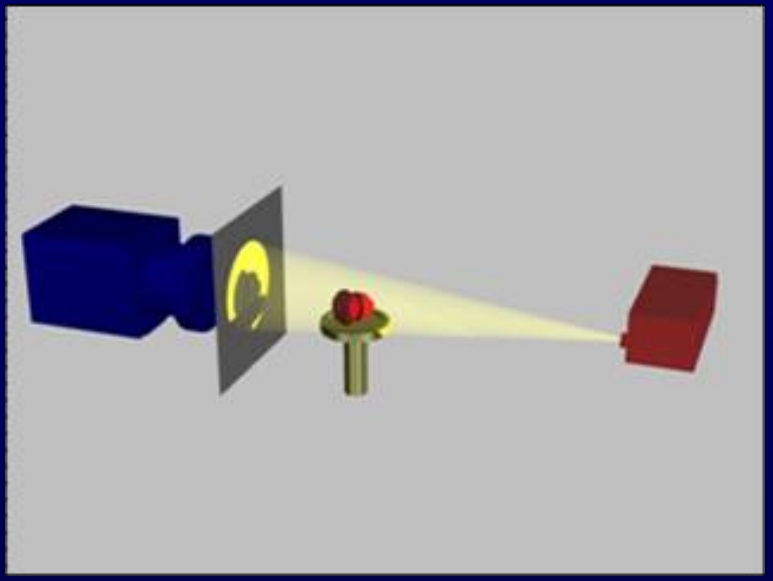




1996 Italia

2001 Stati Uniti

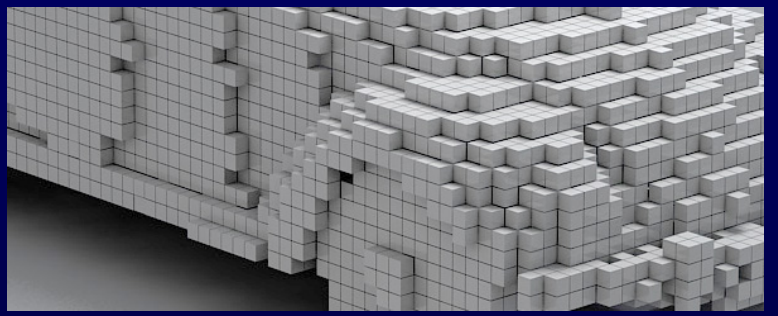
Il fascio di raggi X utilizzato ha una forma geometrica conica e copre generalmente tutta l'area di interesse con la possibilità di scegliere diversi campi di vista (FOV), in relazione all'ampiezza della regione da esaminare.

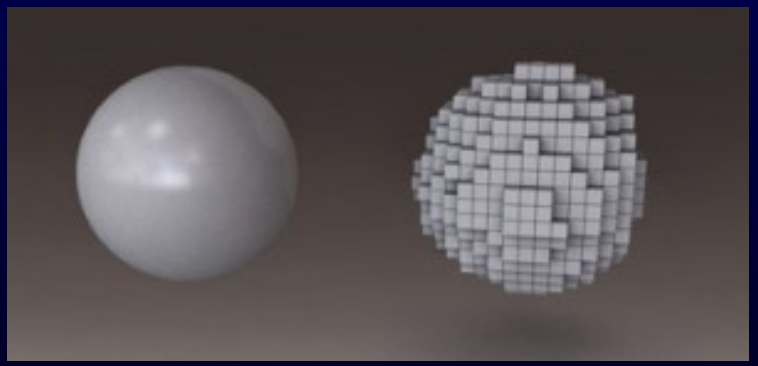


Il movimento del complesso tubo radiogeno-rivelatore permettono di acquisire un volume e quindi di ricostruire nei diversi piani dello spazio.

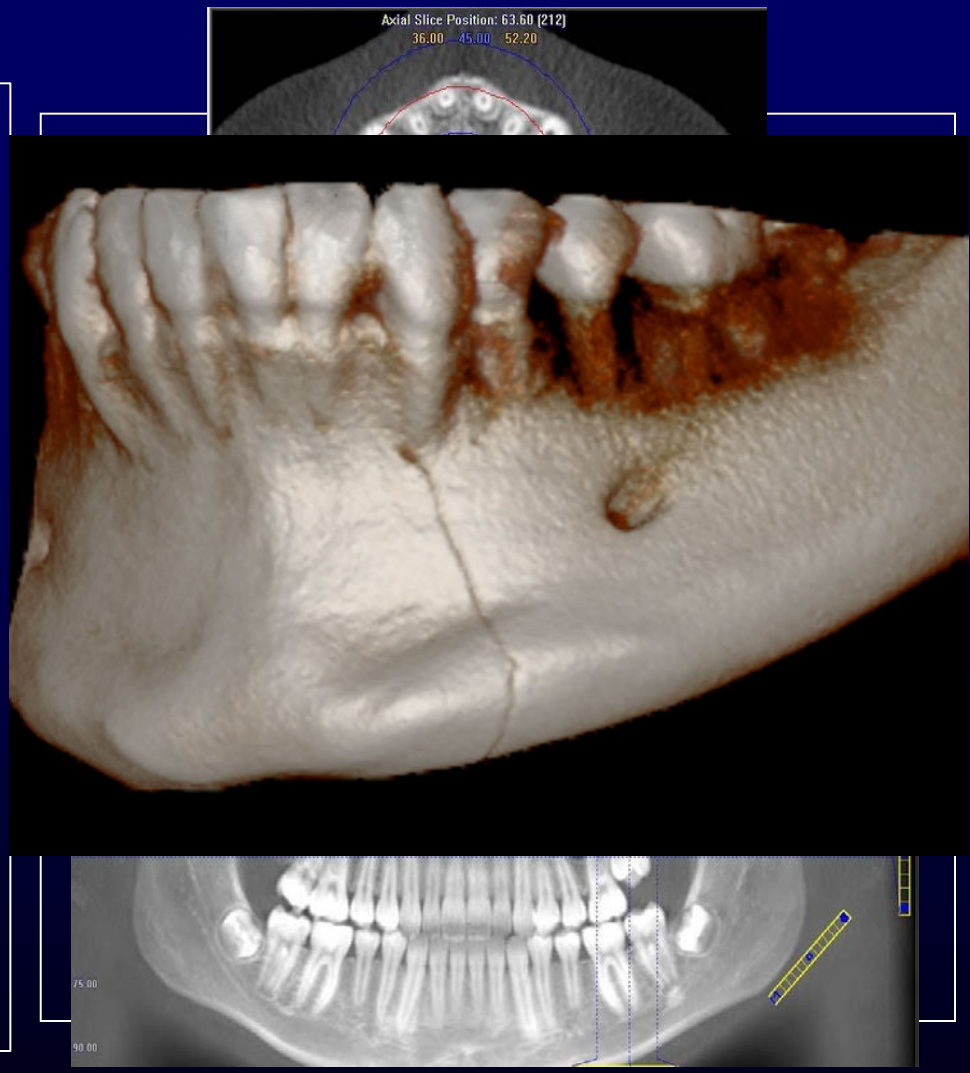
I dati così ottenuti sono elaborati dal **computer** e quantificati in piccoli “cubi” detti ***voxe***l che costituiscono le informazioni elementari; questi hanno dimensioni, nel caso della tecnologia **CBCT**, anche inferiori a 0.15 mm di lato.

Sarà così possibile fare le più svariate ricostruzioni utilizzando tutti i ***voxel*** acquisiti.

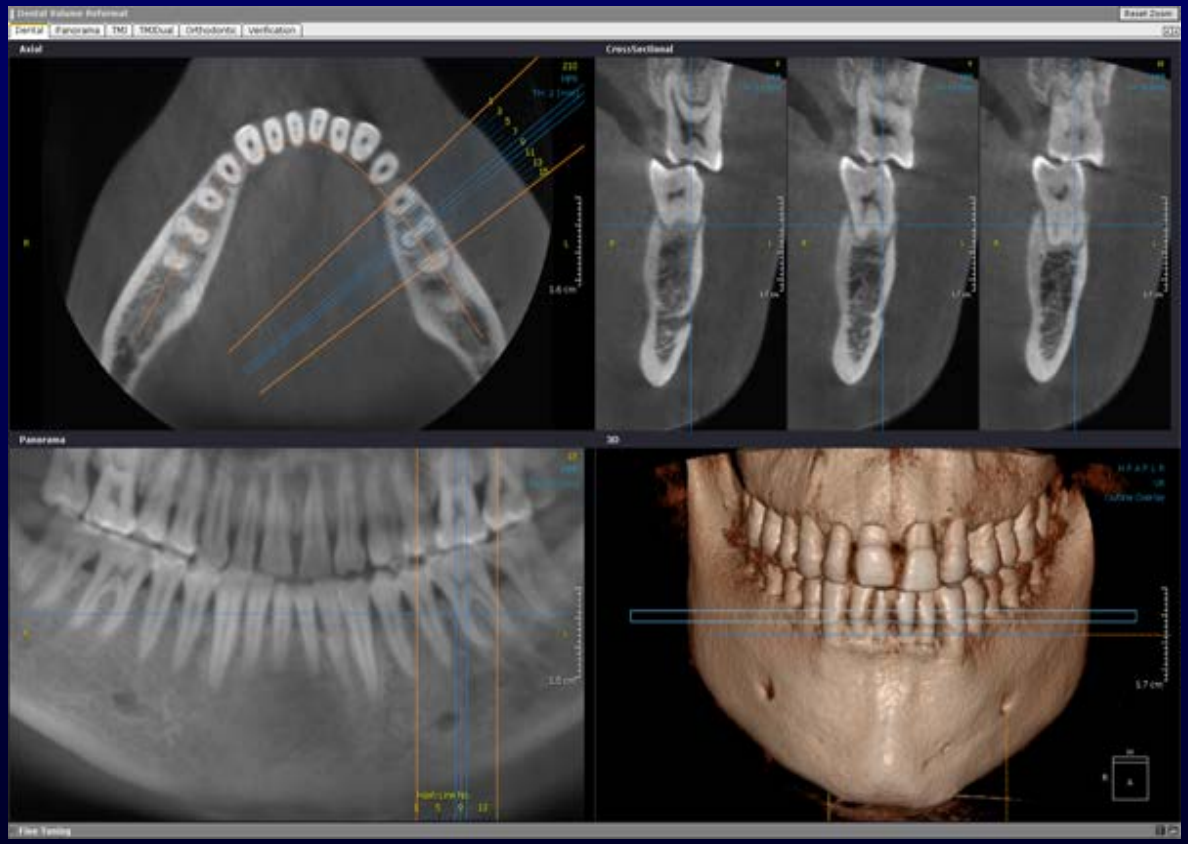




Si possono creare così ricostruzioni **multiplanari** potendo di ridistribuire i ***voxel*** su molti altri piani consentendo anche la loro curvatura, sino ad ottenere immagini simil-panoramiche della mascella e della mandibola o di altre strutture di interesse, nonché vere e proprie **ricostruzioni tridimensionali**.



Le immagini acquisite sono ad alta definizione, indispensabili in uno studio implantologico dove i valori di riferimento sono submillimetrici offrendo notevole accuratezza dal punto di vista della misurazione spaziale.

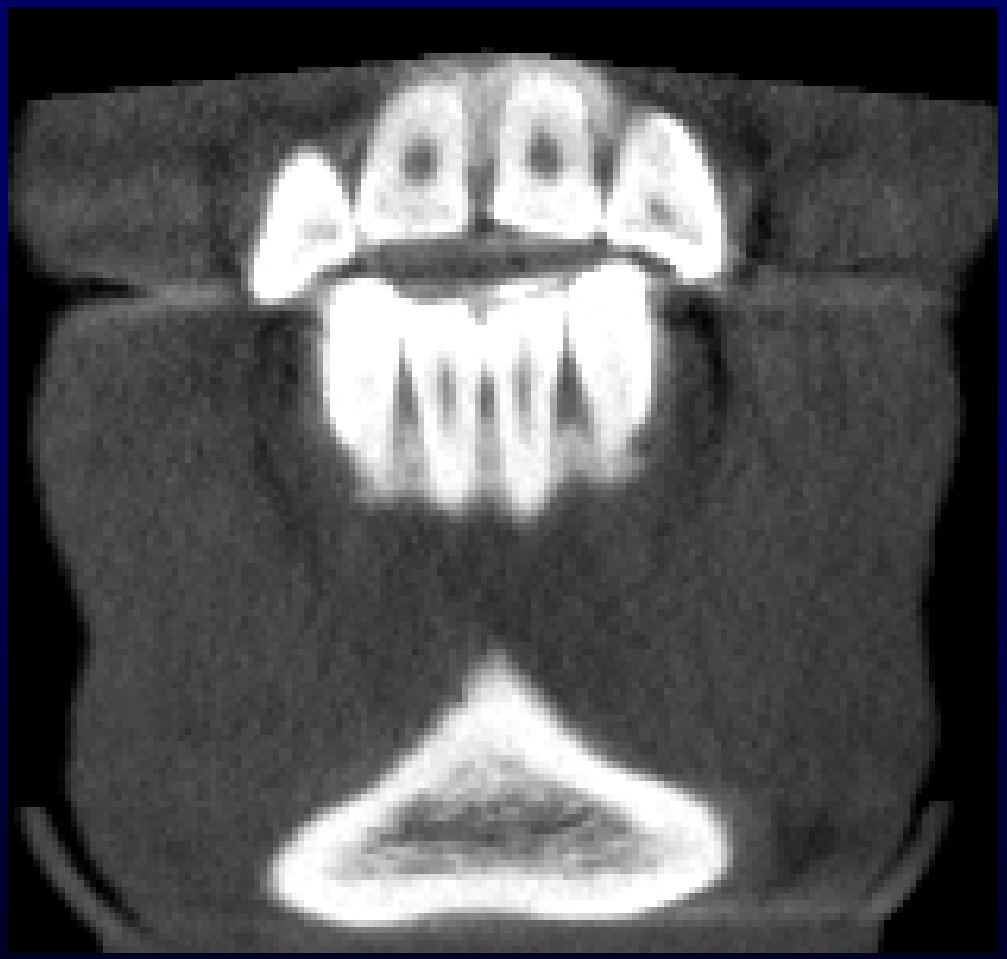


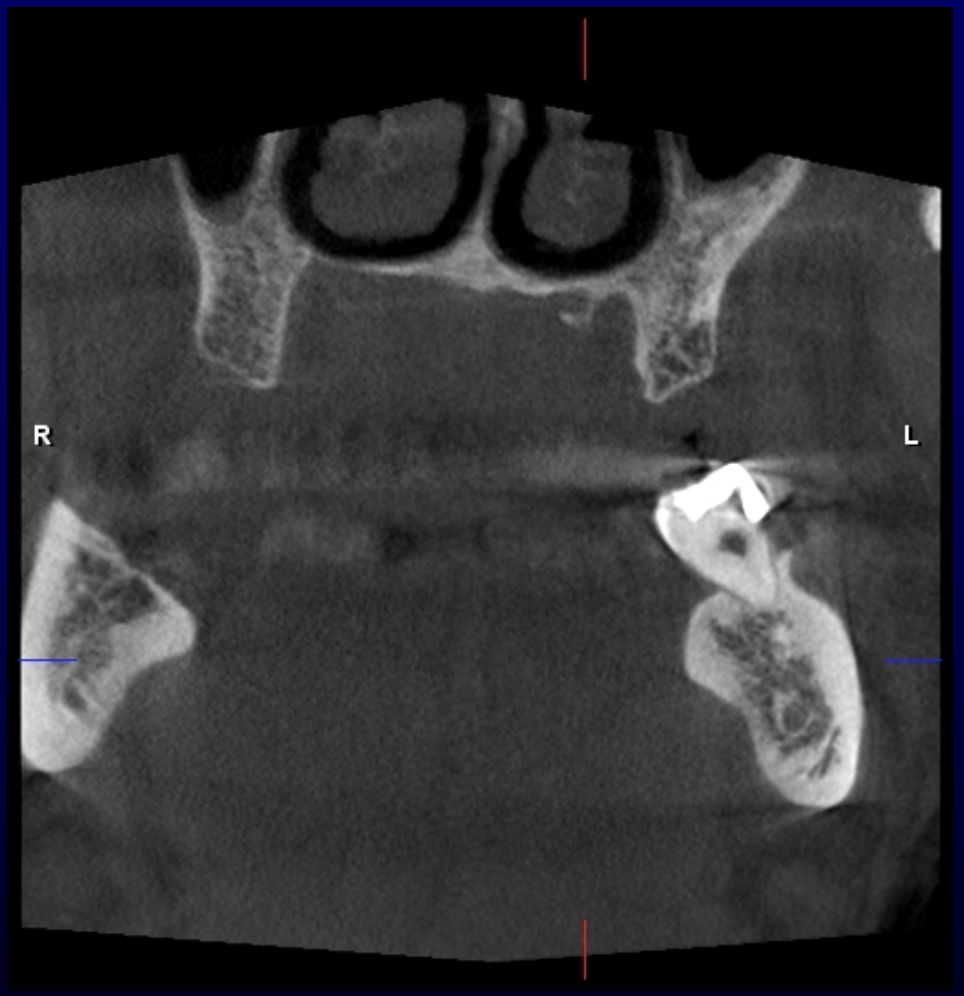
		Eff. Dose
Low Dose	**kV/mA/mAs/s**	**µSv**
Adult Teeth - 50 x 55 mm	96/6/29,0/4,8	55
Adult Teeth - 100 x 90 mm	96/6/34,2/5,7	159
Child Teeth - 42 x 50 mm	96/4/19,3/4,8	29
Child Teeth - 85 x 75 mm	96/4/22,8/5,7	86
Skull - Lower – 230 x 160 mm	96/6/54,2/9	156
Skull - Whole – 230 x 260 mm	96/6/108/18	196

Normal/High resolution	**kV/mA/mAs/s**	**µSv**
Adult Teeth - 50 x 55 mm	96/10/121/12	192
Adult Teeth - 100 x 90 mm	96/10/121/12	490
Child Teeth - 42 x 50 mm	96/8/96,6/12	122
Child Teeth - 85 x 75 mm	96/8/96,6/12	330
Skull - Lower – 230 x 160 mm	96/10/90,4/9	260
Skull - Whole – 230 x 260 mm	96/10/181/18	324

LD

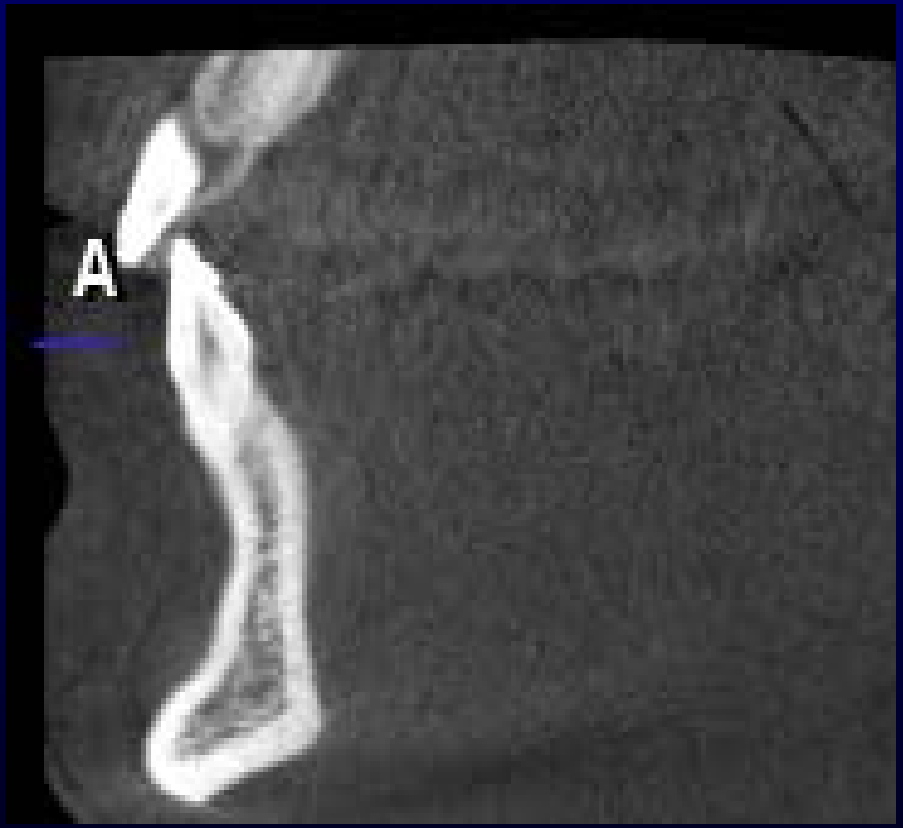
SD

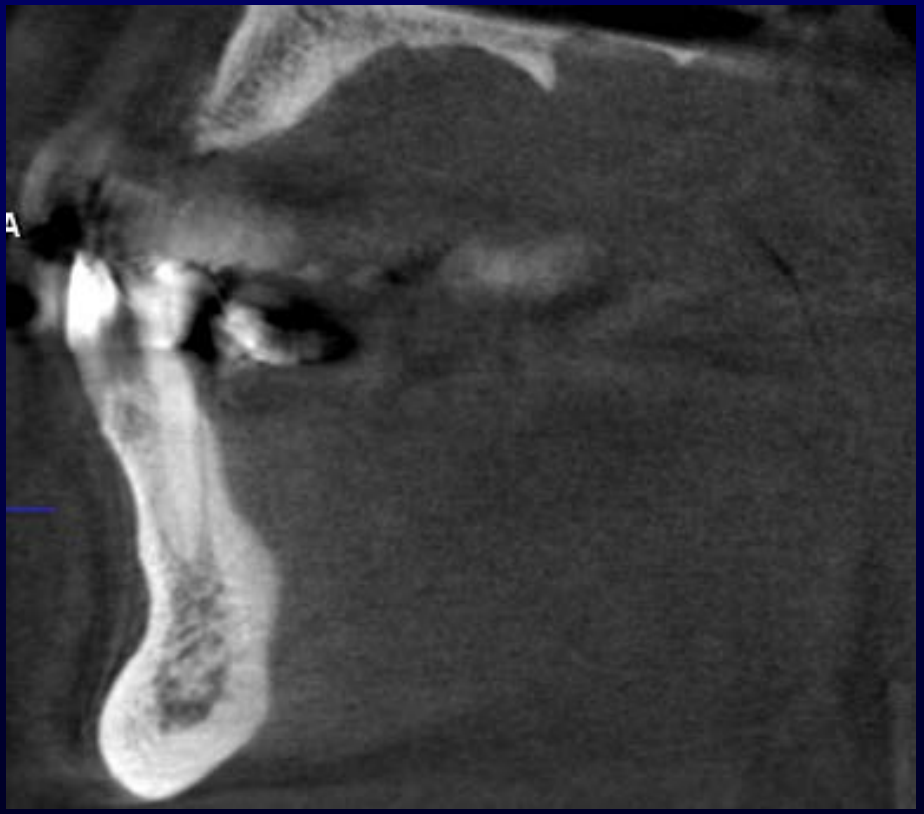




LD

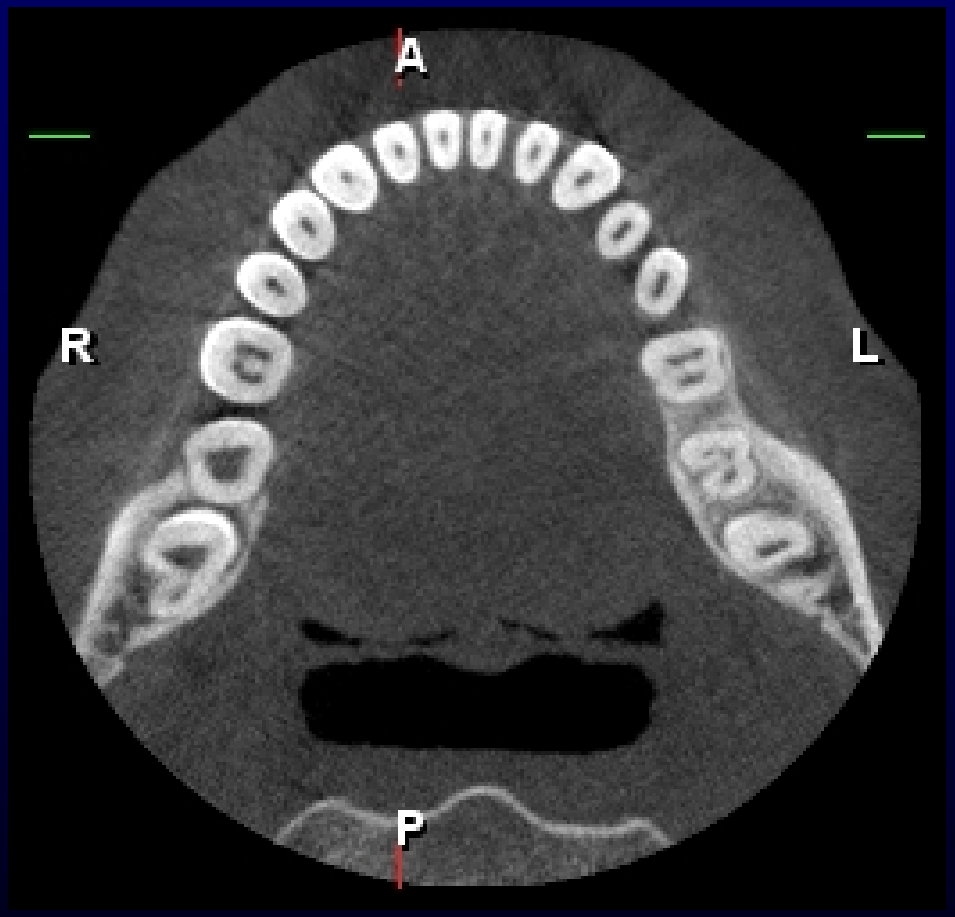
SD

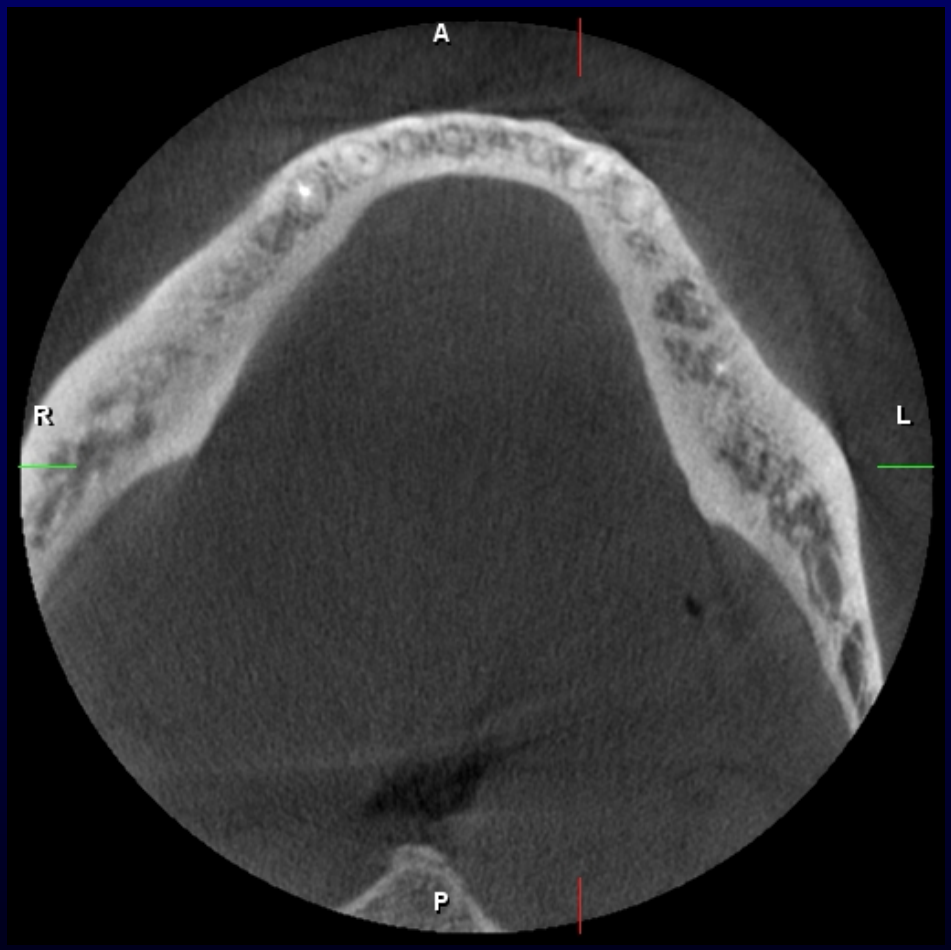




LD

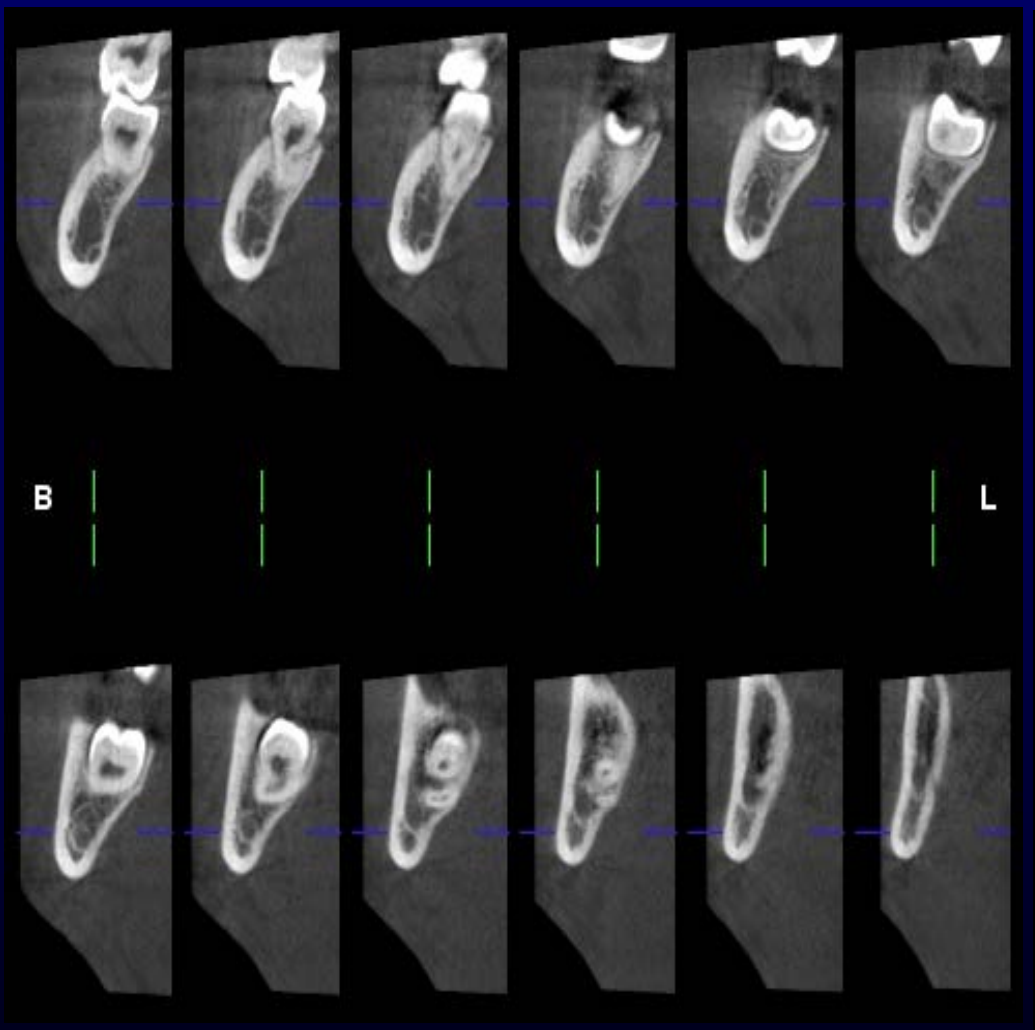
SD

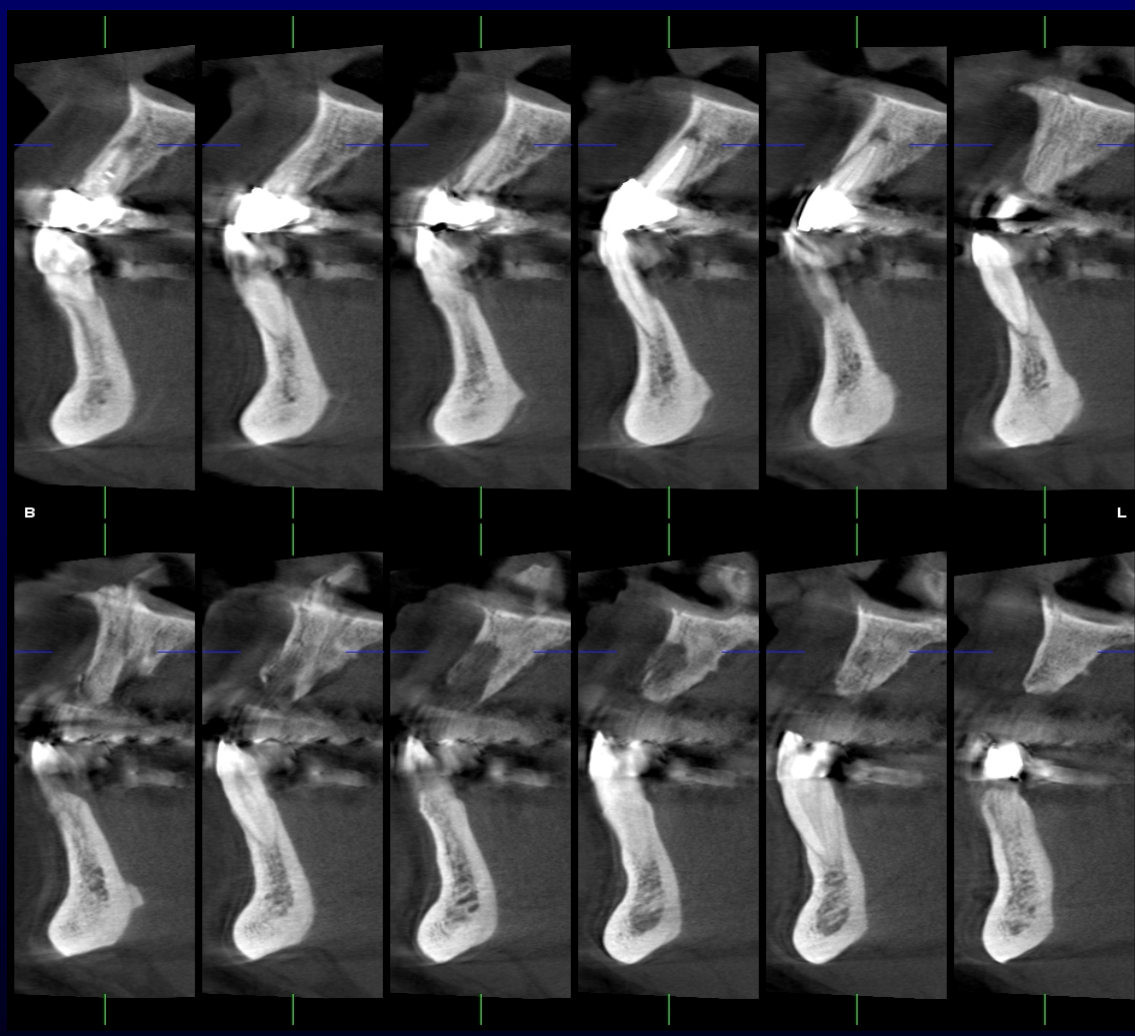




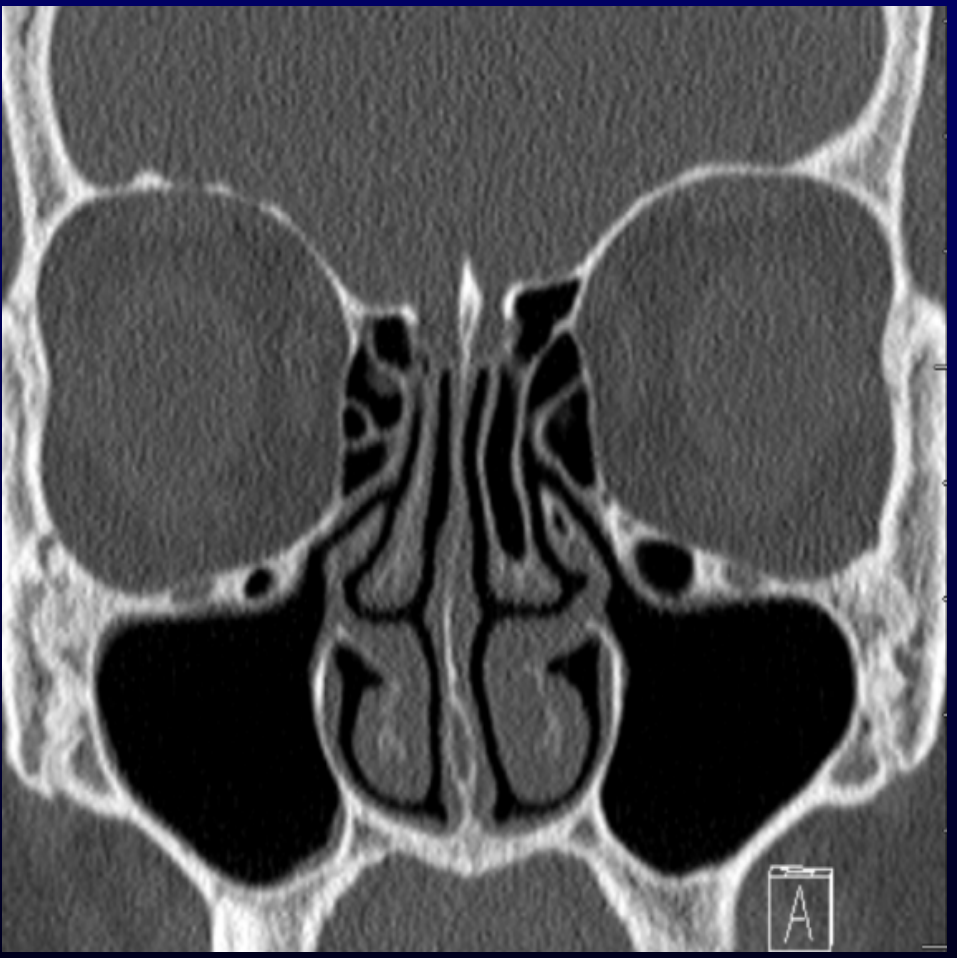
LD

SD

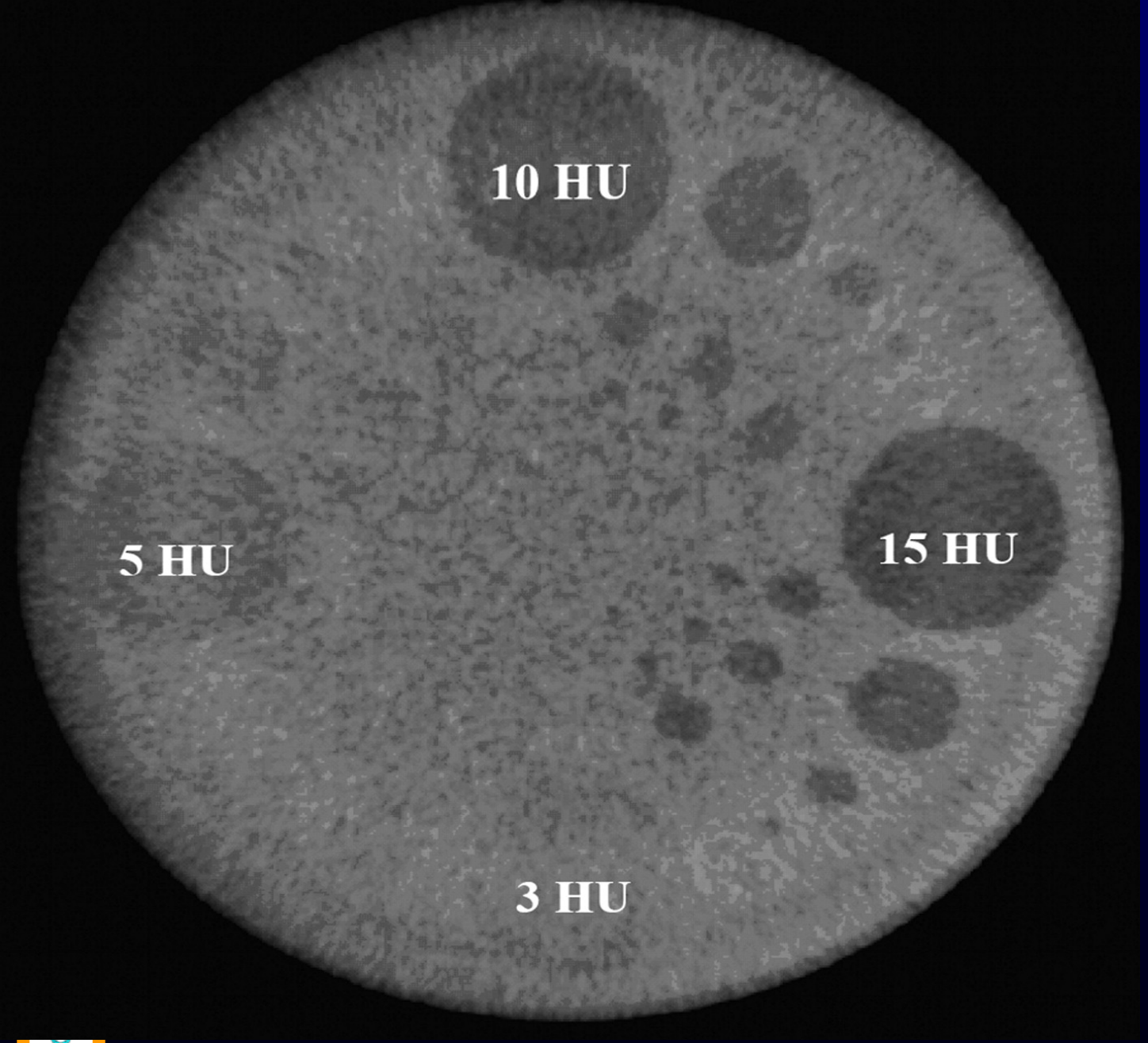




MSTC 0,36 mGy



CBCT 0,24



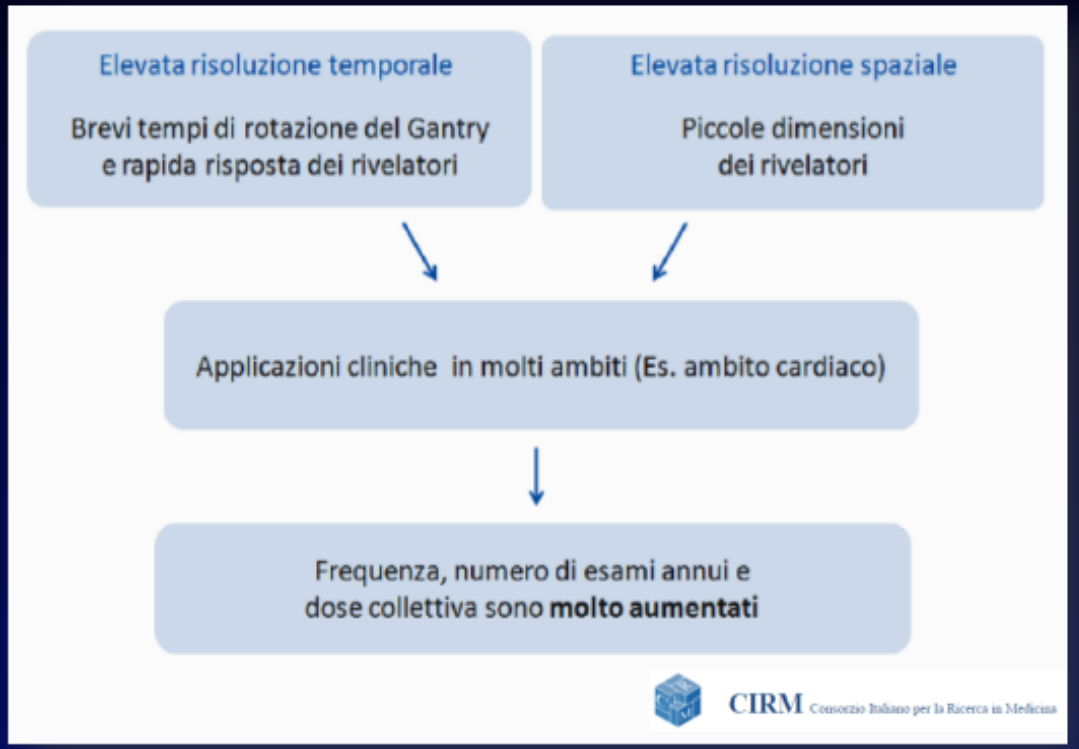
Risoluzione di contrasto

Esame	Equivalenza con endorale	mSv
Endorale	**1**	0,006
Panoramica	**4**	**0,024**
CBCT piccolo volume **LD**	**9**	**0,055**
CBCT grande volume **LD**	**26**	**0,159**
CBCT piccolo volume SD	**32**	0,192
CBCT grande volume SD	**81**	**0,490**
MSTC con ASIR	**166 !**	1

Nuovi sistemi di riduzione della dose in TC

L'evoluzione tecnologica del TCMS ha determinato un aumento sia della **dose individuale** che della **dose collettiva**

Gli esami TC rappresentano quasi il 13% di tutti gli esami radiologici ma contribuiscono per il 75% alla dose collettiva



La riduzione della dose è un obiettivo fondamentale da raggiungere sia per le case produttrici di apparecchiature che per gli utilizzatori

Nuove tecniche di ricostruzione iterativa sono state proposte da oltre tre decenni per migliorare la qualità delle immagini TC e ridurre rumore quantistico, dose e artefatti.

Tuttavia, solo di recente si è resa disponibile una potenza di calcolo sufficiente a garantire tempi di ricostruzione clinicamente accettabili.

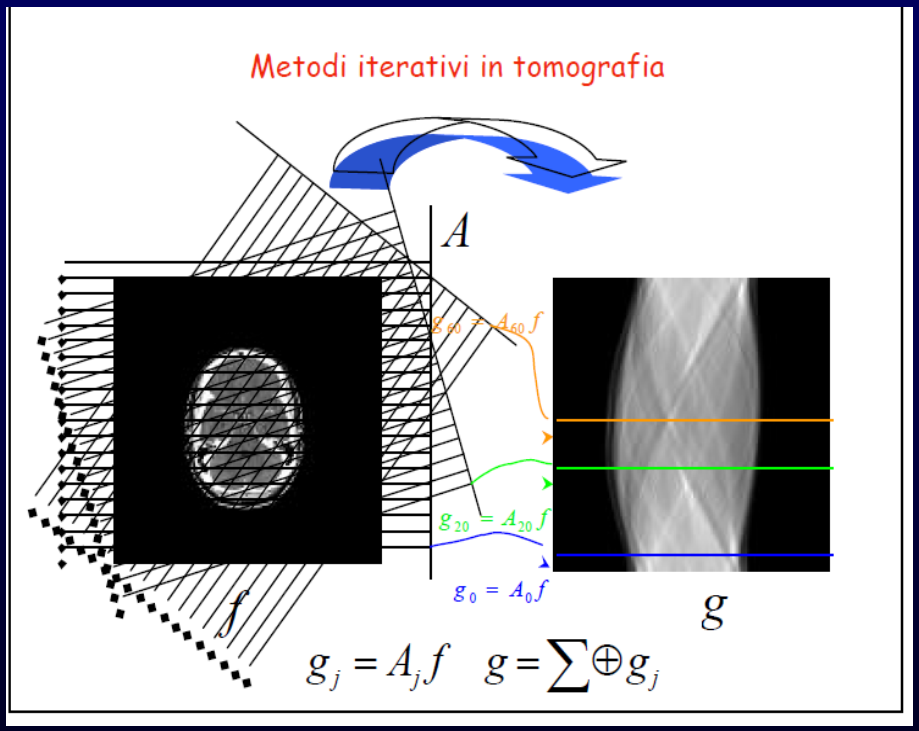
Il metodo iterativo

L’immagine ricostruita è quella che ha la massima probabilità di produrre i dati di proiezione osservati.

Non essendo applicabili soluzioni analitiche, il processo di ricostruzione richiede più iterazioni successive, partendo da una ipotesi di distribuzione uniforme del segnale.

Ogni proiezione numerica è confrontata con i dati misurati e un algoritmo aggiusta l’immagine per minimizzare la differenza tra i due set di dati.

Attraverso passaggi ripetuti, i cambiamenti apportati successivamente divengono sempre più piccoli e convergono verso l’immagine definitiva



La genesi dei metodi iterativi

Nel 2008 *General Electric* ha introdotto il primo metodo di ricostruzione iterativa per applicazioni cliniche (*adaptive statistical iterative reconstruction* = ASiR), che usa sia immagini FBP che immagini ricostruite iterativamente nel dominio dei dati grezzi.

Due anni più tardi, anche *Siemens* ha realizzato un algoritmo di ricostruzione iterativa nel dominio delle immagini (IRIS).

Nel 2011, *Philips* ha prodotto la quarta versione del proprio metodo iterativo (iDose4) approssimando il rumore a quello presente nelle immagini ricostruite FBP: dopo la sua rimozione dai dati grezzi, un modello anatomico viene utilizzato per eliminare iterativamente il rumore quantistico.

La genesi dei metodi iterativi

Anche *Toshiba* ha sviluppato un metodo iterativo, *adaptive iterative dose reduction* (AIDR), che calcola automaticamente il numero ottimizzato di iterazioni.

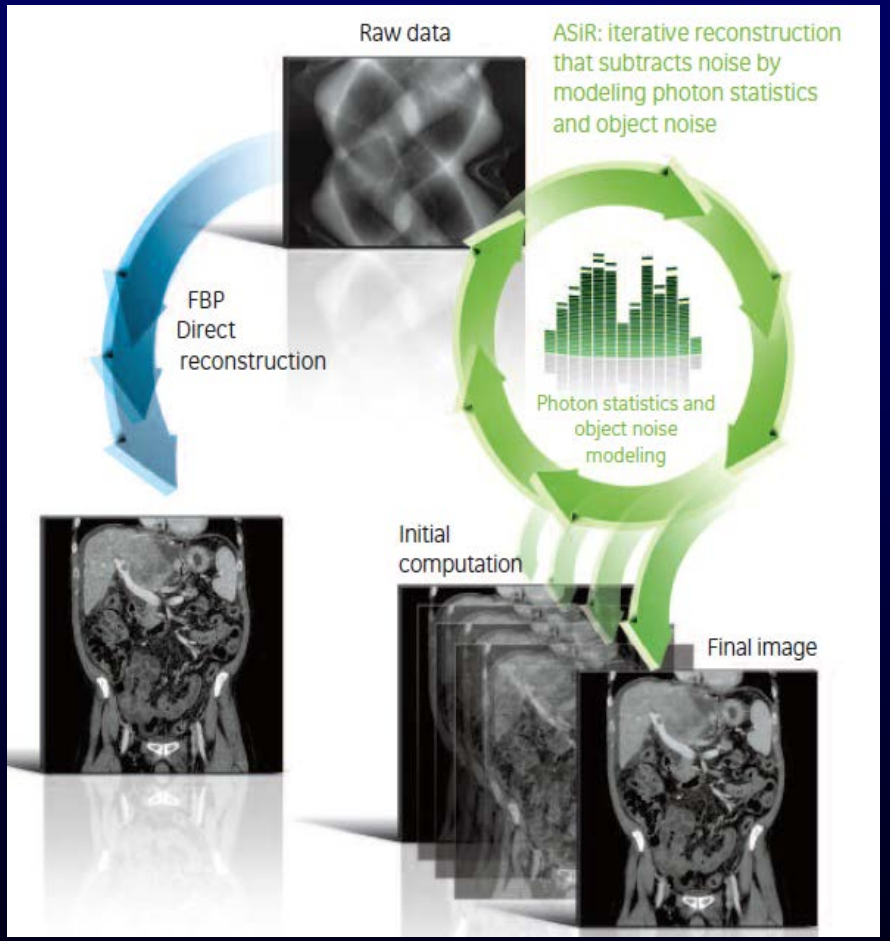
Sinogram affirmed iterative reconstruction (SAFIREE) è un processo di ricostruzione iterativa presentato recentemente sul mercato da *SIEMENS* e che utilizza una tecnica di modellazione del rumore in base ai dati ottenuti dai dati grezzi (sinogramma).

Ultimamente, anche *GE* ha prodotto un metodo di ricostruzione completamente iterativa, *model-based iterative reconstruction* (MBIR), col nome di VEO.

General Electric:
Adaptive Statistical Iterative Reconstruction

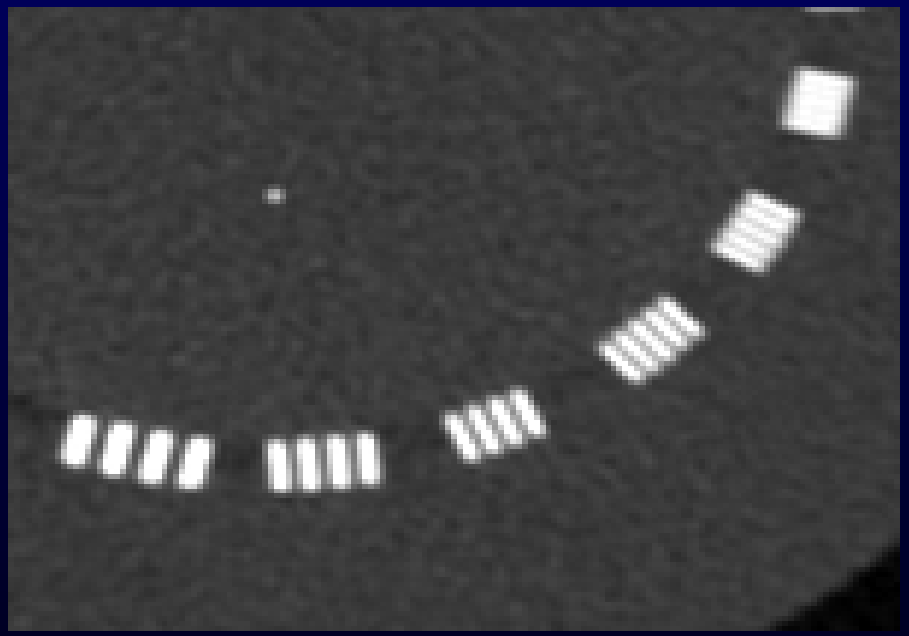
Riduce le cause originarie del rumore TC

Mantiene la qualità dell'immagine garantendo la stessa risoluzione e dimezzando la dose RX

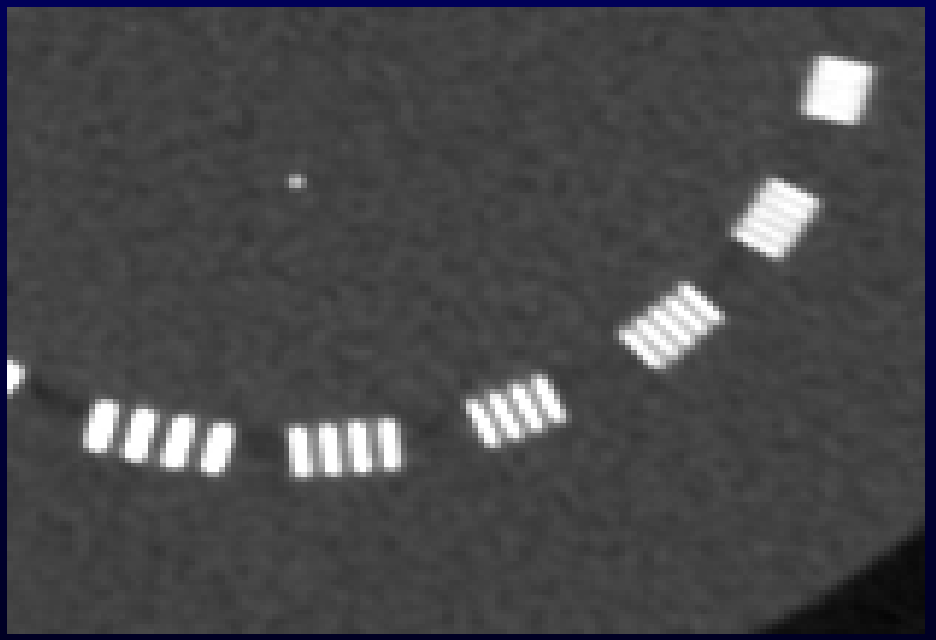


ASIR

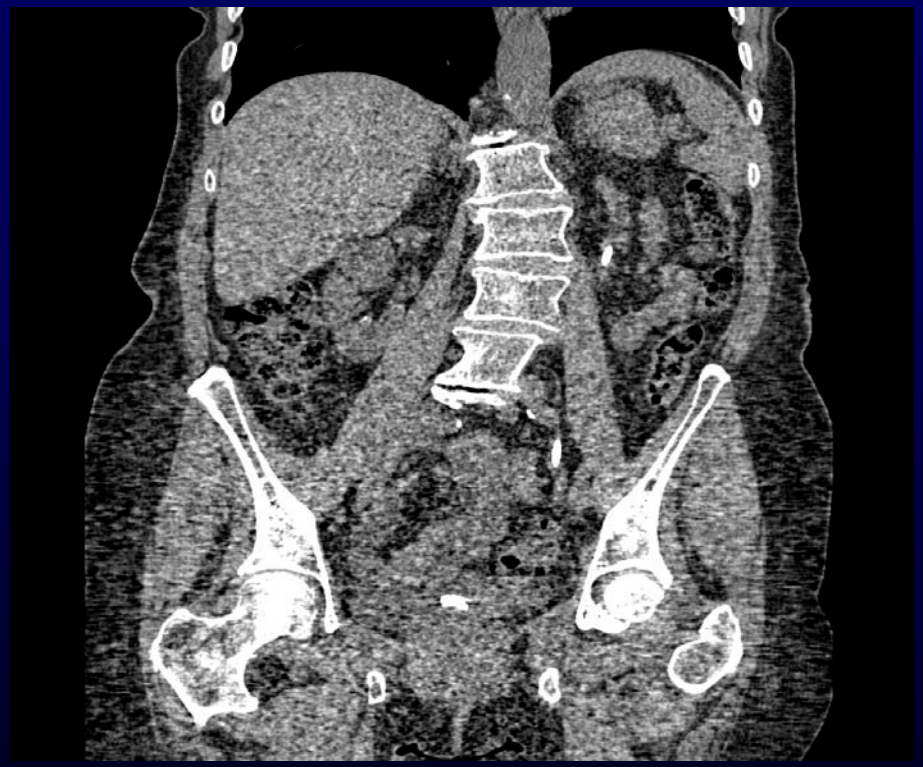
FBP- 200mAs

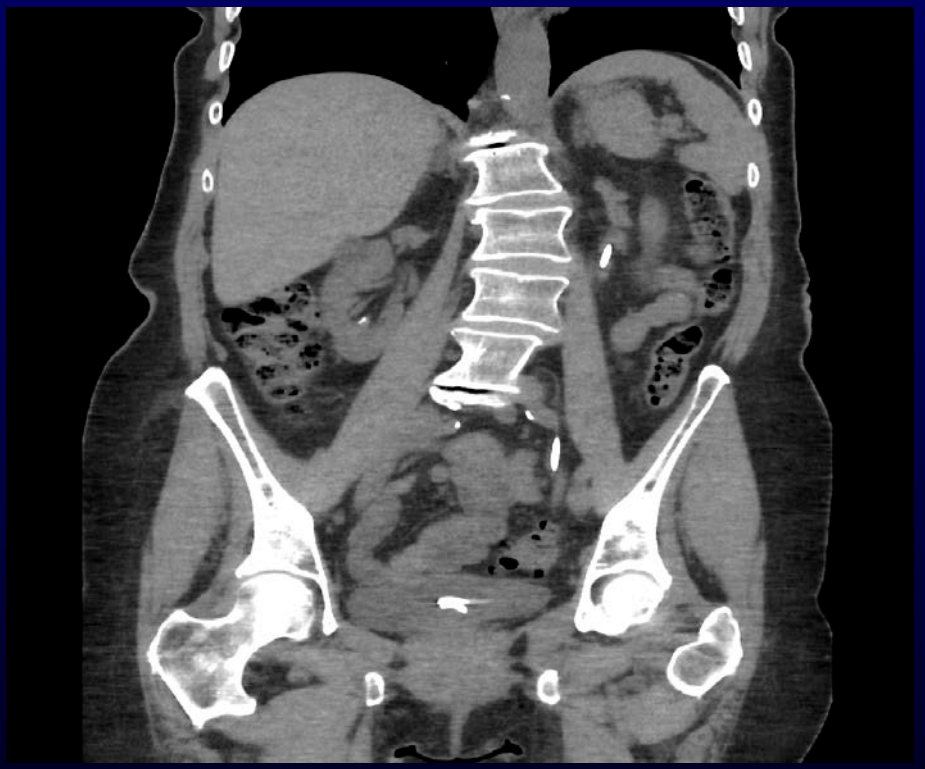


40% ASIR- 120mAs



Riduzione del rumore





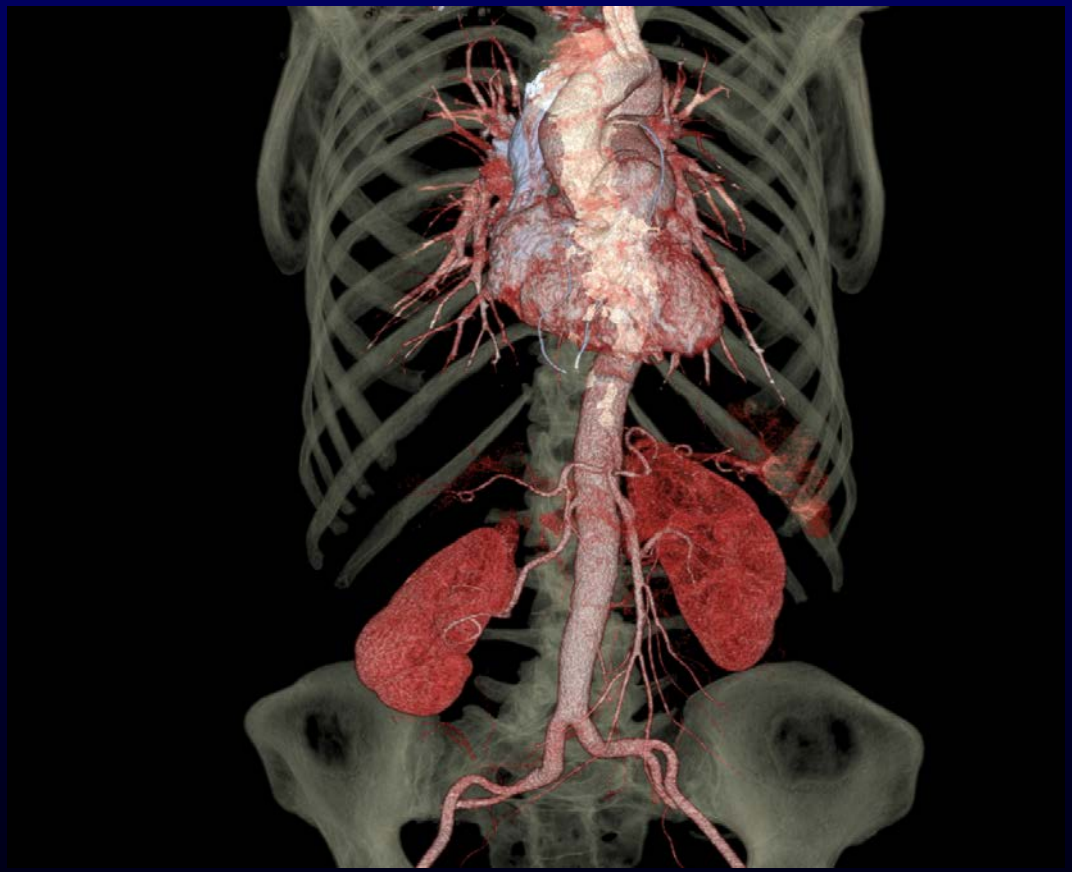
Caso clinico

Protocollo d'acquisizione VCT senza ASIR:

KV	*120*
mA	*300-600 auto mA*
Noise index	*21,4*
Kernel	*STD*
Thickness	*1,25mm*
Pitch	*0,984*
Rot. Time	*0,5 sec*
Anatomic range	*603 cm*
Scan time	*7,7 sec*
DLP	*1025*
CTDI vol	*15,78*
Eff.dose	*15,37 mSv*

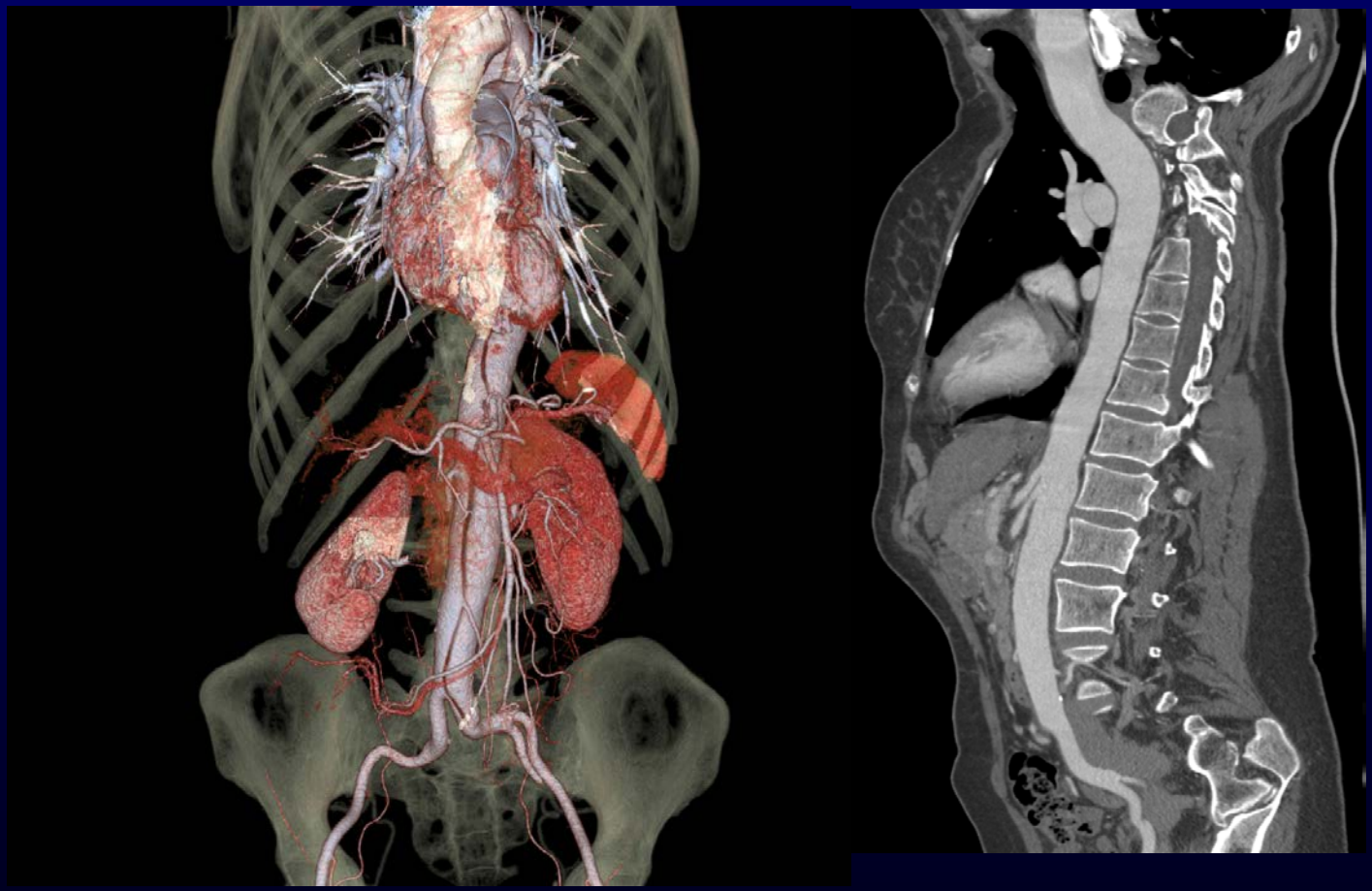
Injection Protocol for both acq.

iodinated contrast 350mg/ml
Flow rate 3,5 ml/s
Contrast amount 100ml
Saline flush 50cc, 3ml/sec



Protocollo di acquisizione con ASIR al 50%

KV	*100*
mA	*300-450 auto mA*
Noise index	*35*
Kernel	*STD*
Thickness	*0,625mm*
Pitch	*0,984*
Rot. Time	*0,5 sec*
Anatomic range	*632 cm*
Scan time	*8,06 sec*
DLP	*615*
CTDI vol	*9,06*
Eff.dose	***9,22 mSv***

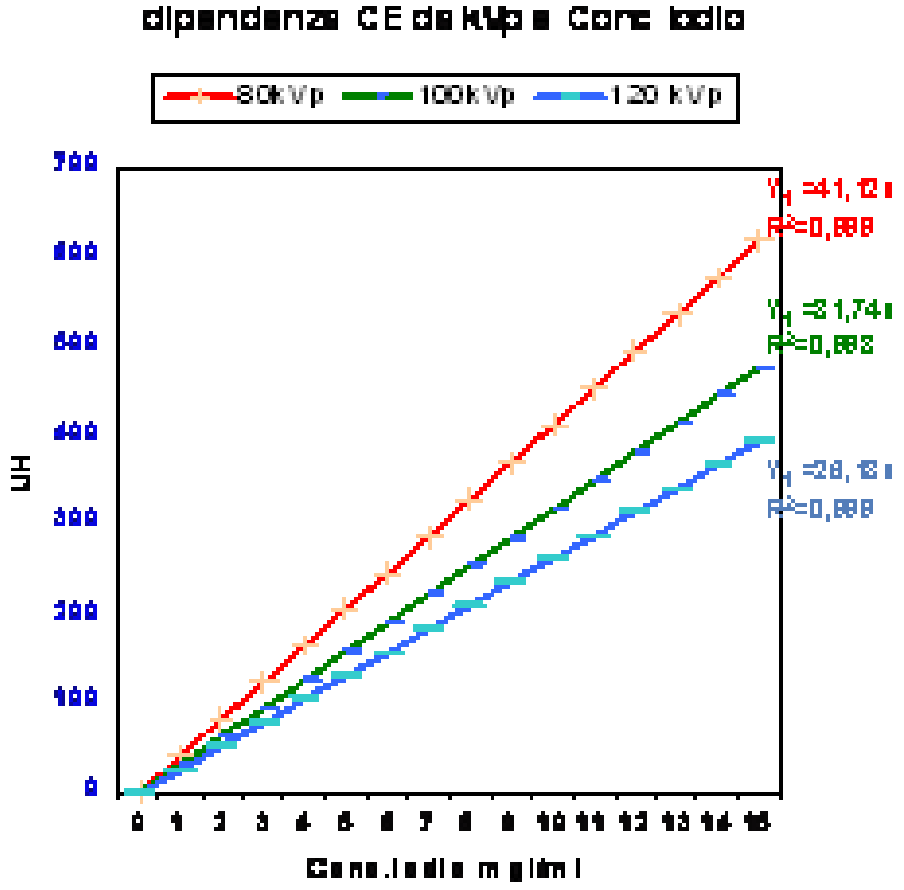


Nuovi protocolli TC ad alta concentrazione di mdc per ridurre la dose radiogena.

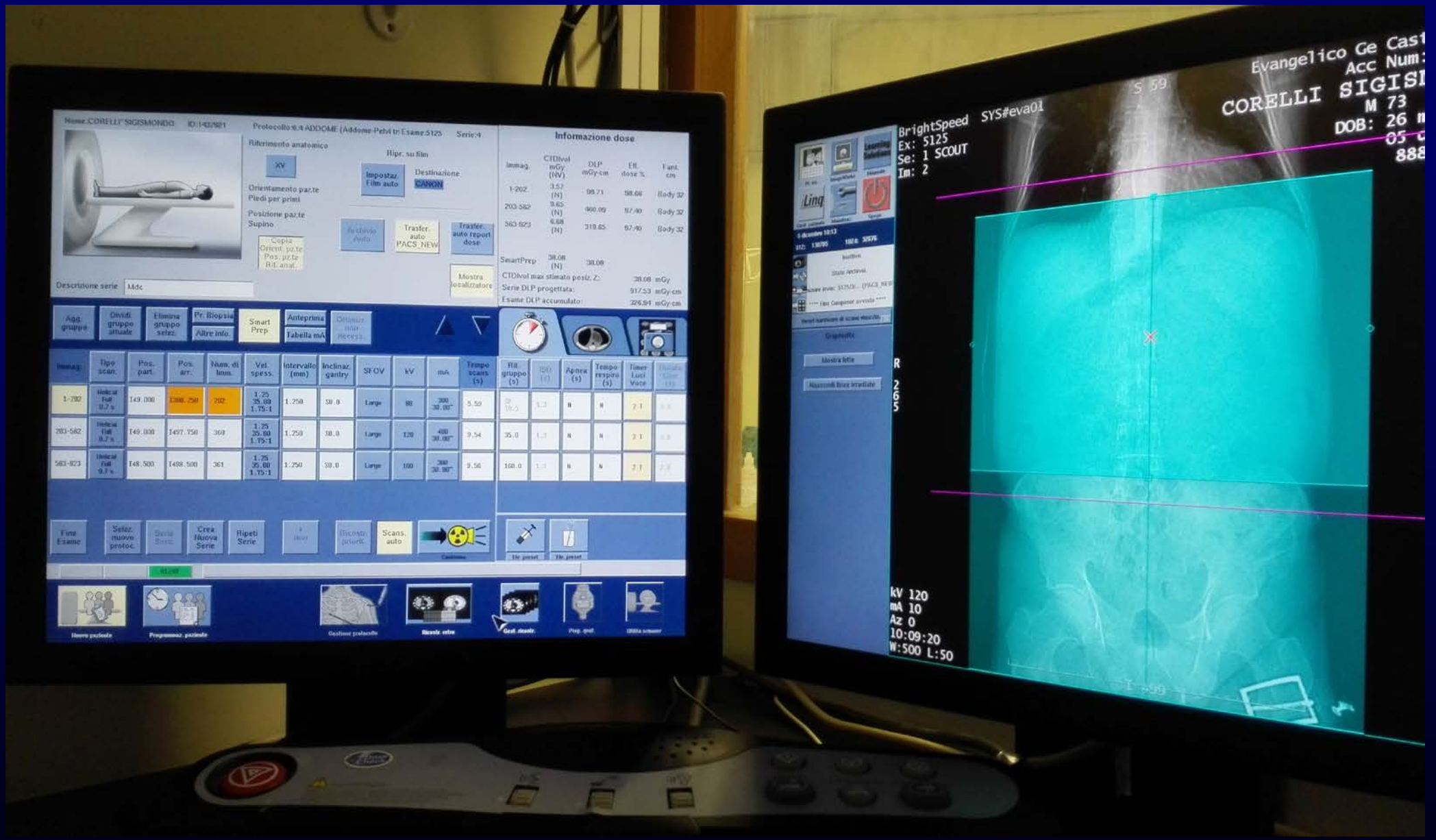
- Per ridurre la dose radiogena nella TC con mezzo di contrasto si è proposto l'utilizzo delle alte concentrazioni d Iodio che permettono di utilizzare Kv inferiori migliorando il rapporto S/R da utilizzare specie nelle fasi arteriose (imaging vascolare ed epatico).

Effetti del kVp e della concentrazione iodica sull'enhancement

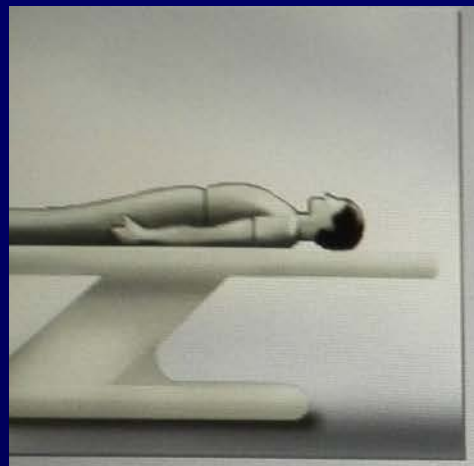
- A Kilovoltaggi **minori** corrisponde un maggior enhancement
- A bassi KV l'output energetico è più simile all'energia dell'elettrone nell'orbitale esterno dello Iodio (k_{edge} =33 Kev)
- 1 mg di iodio produce circa
  - 30 UH a 100 kVp
  - 40 UH a 80 kVp



Bae KT Radiology 2010



S.C. di Diagnostica per Immagini ed Ecografia Interventistica- OEI Genova



Riferimento anatomico

XY

Orientamento paz.te
Piedi per primi

Posizione paz.te
Supino

Copia Orient. pz.te Pos. pz.te Rif. anat.

Ripr. su film

Impostaz. Film auto

Destinazione
CANON

Archivio Auto

Trasfer. auto PACS_NEW

Trasfer. auto report dose

Mostra localizzatore

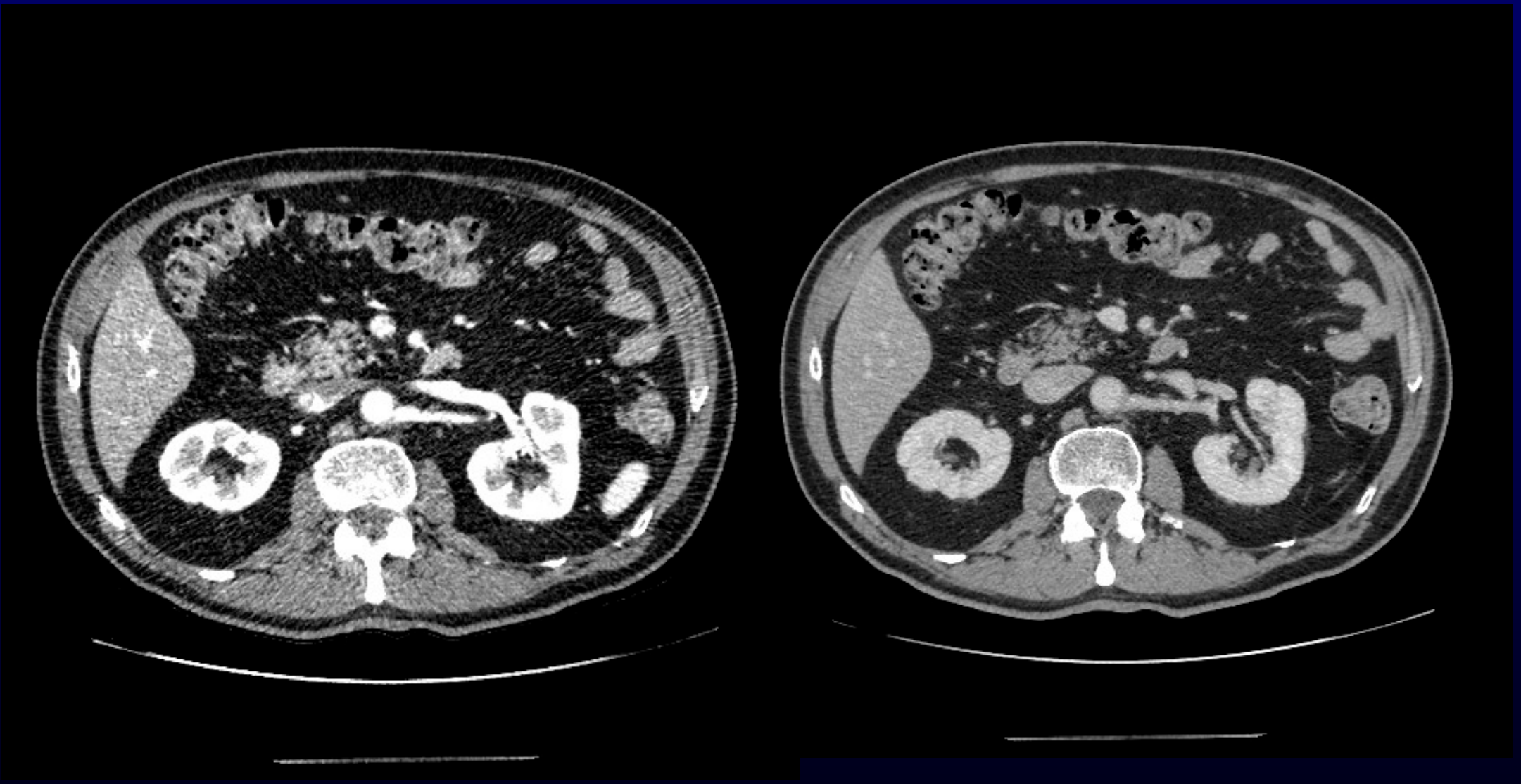
erie Mdc

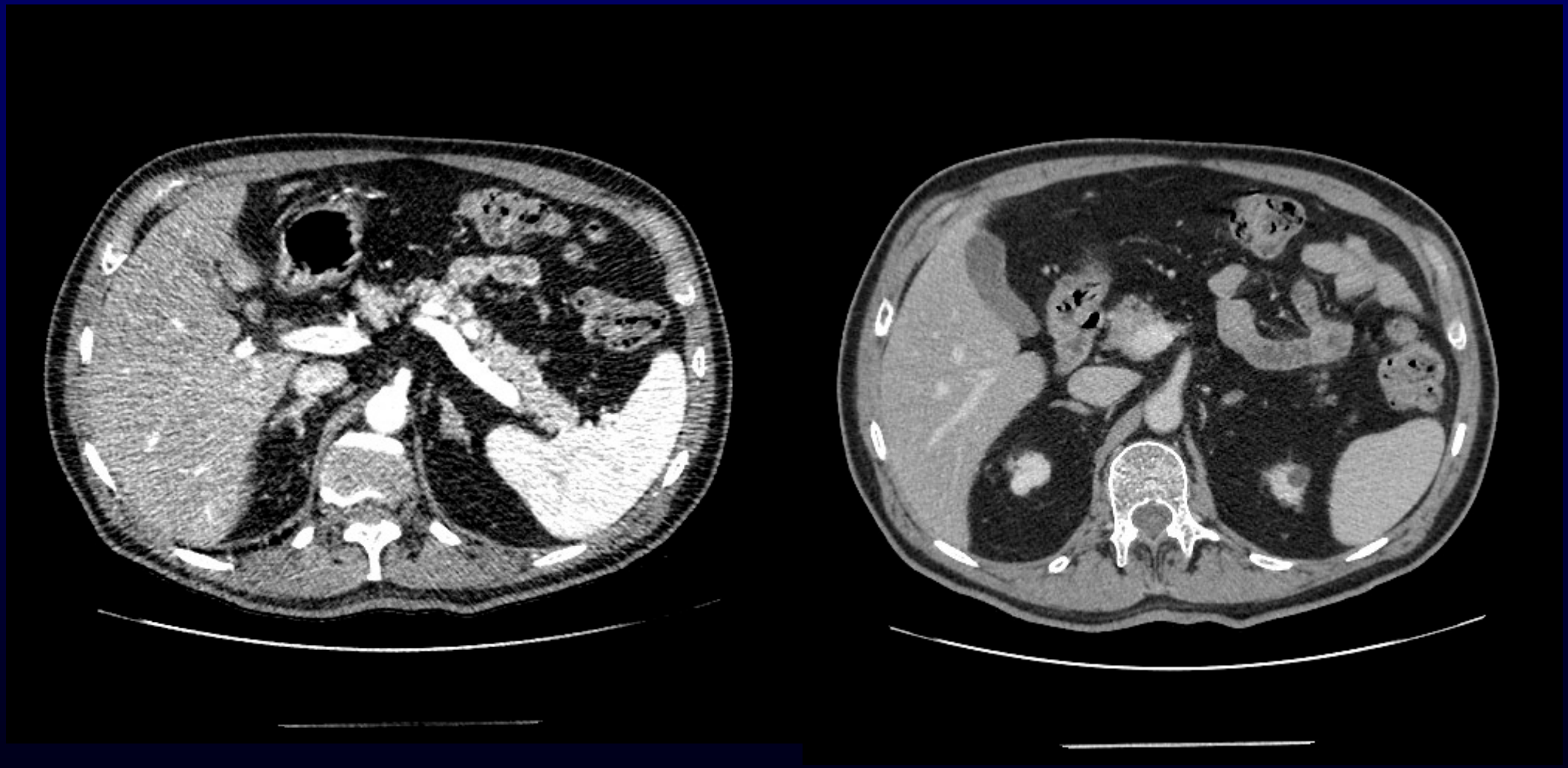
Immag.	CTDIvol mGy (NV)	DLP mGy·cm	Eff. dose %	Fant. cm
1-202	3.57 (N)	99.71	98.66	Body 32
203-562	9.65 (N)	460.09	97.40	Body 32
563-923	6.68 (N)	319.65	97.40	Body 32
SmartPrep	38.08 (N)	38.08		

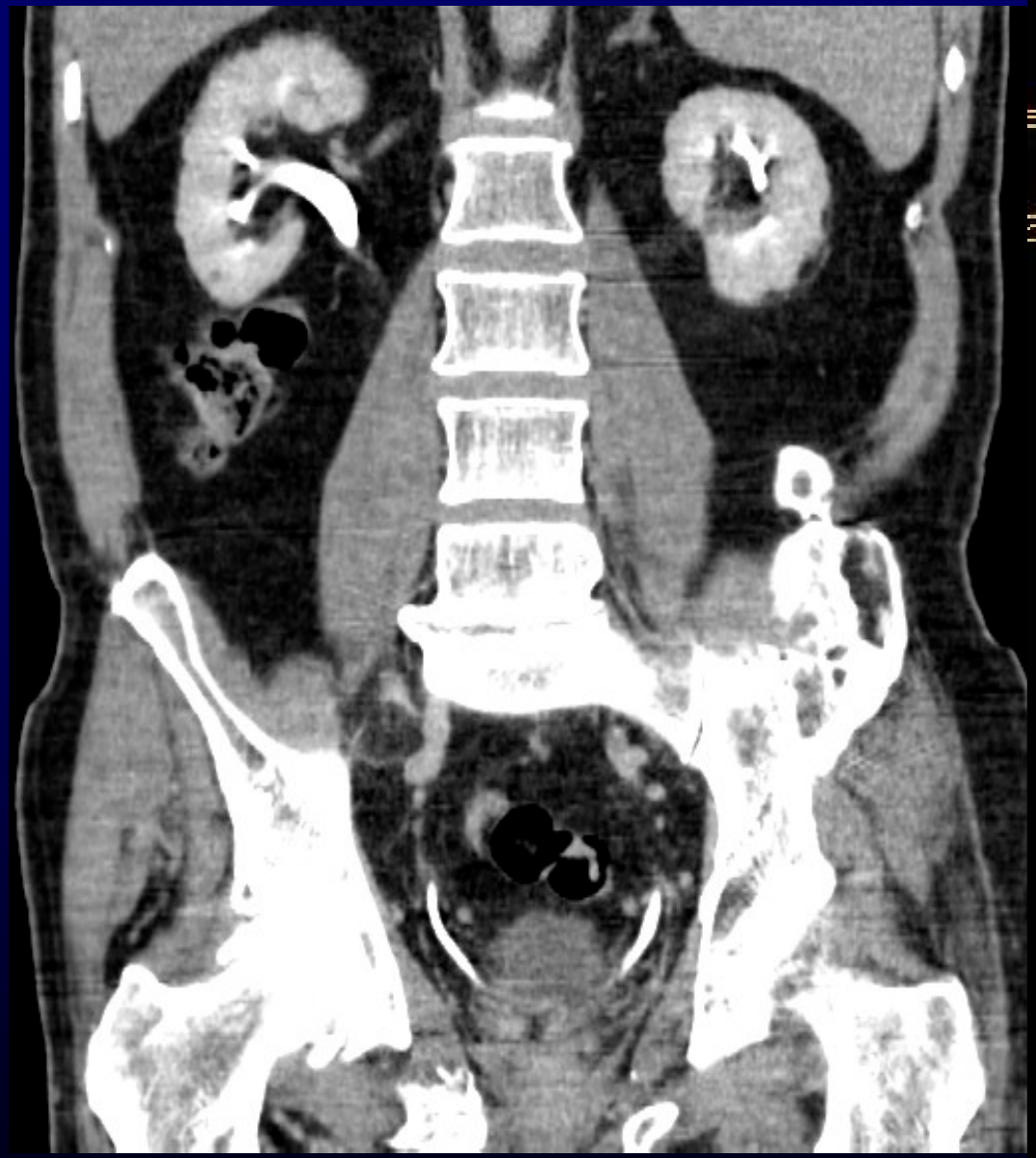
CTDIvol max stimato posiz. Z: 38.08 mGy
Serie DLP progettata: 917.53 mGy·cm
Esame DLP accumulato: 326.94 mGy·cm

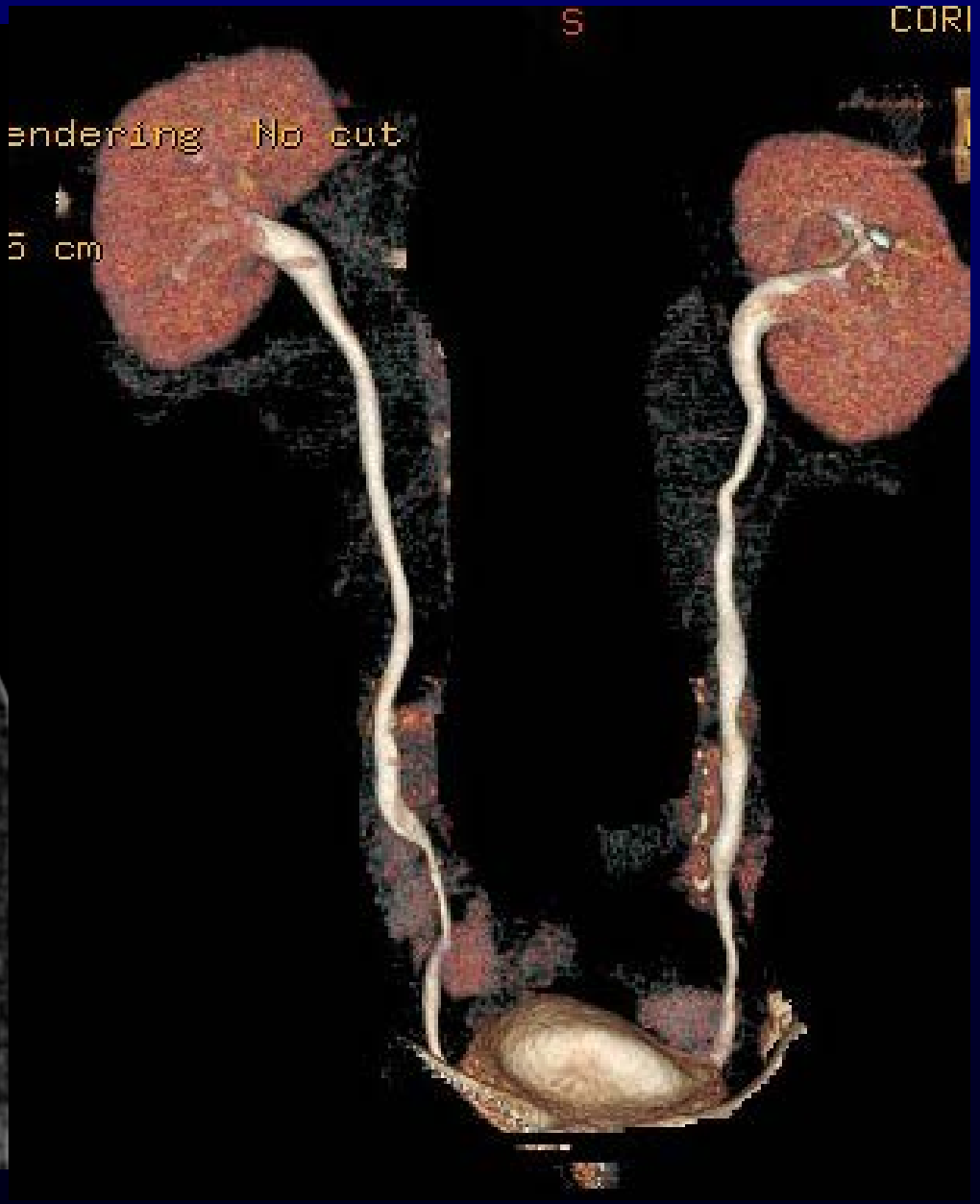
Dividi gruppo attuale | Elimina gruppo selez. | Pr. Biopsia | Altre info. | Smart Prep | Anteprima | Tabella mA | Ottimizz. non necess. | Prec | Succ

Tipo scan.	Pos. part.	Pos. arr.	Num. di Imm.	Vel. spess.	Intervallo (mm)	Inclinaz. gantry	SFOV	kV	mA	Tempo scans (s)	Rit. gruppo (s)	ISD (s)	Apnea (s)	Tempo respiro (s)	Timer Luci Voce	Durata Cine (s)
Helical Full 0.7 s	I49.000	I300.250	202	1.25 35.00 1.75:1	1.250	S0.0	Large	80	300 30.00~	5.59	SP 10.5	1.3	N	N	2 T	2.0
Helical Full 0.7 s	I49.000	I497.750	360	1.25 35.00 1.75:1	1.250	S0.0	Large	120	400 30.00~	9.54	35.0	1.3	N	N	2 T	2.0
Helical Full 0.7 s	I48.500	I498.500	361	1.25 35.00 1.75:1	1.250	S0.0	Large	100	300 30.00~	9.56	160.0	1.3	N	N	2 T	2.0








S
CORI
endering No cut
5 cm

MARLIA

Villa Reale di Marlia

TRIBUNALE DI LUCCA
Pag... il rilascio di pag. 8
... 2764
Lucca, 29/9/14

Reg. Sent. 1282/2014
R.G. N. R. 4064/12
R.G. 907/13
Data del deposito 4/9/14
n. _____ R.C.
Redatta scheda il _____

TRIBUNALE DI LUCCA
in composizione collegiale

REPUBBLICA ITALIANA

IN NOME DEL POPOLO ITALIANO

Il Tribunale Penale di Lucca, composto dai seguenti Magistrati:

1) dott. Carlo Annarumma Presidente

2) dott. Alessandro Dal Torrione Giudice – est. -

3) dott. Rodolfo Tolomei got Giudice

all'udienza del **04/07/2014** ha pronunciato e pubblicato mediante lettura del dispositivo la seguente

SENTENZA

Se ne deduce che a Marlia, dove si pratica radiologia di base (es: torace e scheletro), la dose per esame era ed è inferiore alla millisivert (mSv), dosaggio scientificamente considerato, come da letteratura sopraripportata, entro assoluti range di sicurezza per la salute pubblica. A confronto bisogna tener presente che comunque la dose di 1 sv (sivert), mille volte superiore al millisivert, ha una probabilità causale nel determinare leucemie pari allo 0,002.

Questa indicazione dell'ISS è pienamente confermata da una ulteriore direttiva come quella rappresentata dai Documenti SIRM (Società Italiana di Radiologia Medica) 2010-2012 relativa ai Consensi Informati, che afferma che il consenso informato relativo alla esposizione ai raggi X di pazienti di sesso femminile in età fertile (ciò rileva anche per quanto riguarda la contravvenzione di cui al capo C) dell'imputazione, n.d.r.) prevede la raccolta di una dichiarazione da parte della paziente che esclude la possibilità di una gravidanza in atto e che la raccolta di tale documento è fatta o dal Medico Radiologo o dal TSRM (tecnico di radiologia, n.d.r.), indifferentemente (ciò è riportato, in effetti, nello stampato della Ausl 2 contenente la "*dichiarazione liberatoria donne in età fertile*" circa l'assenza in atto di stato di gravidanza, prodotta all'udienza del 6.2.14, n.d.r.).

Quanto al primo capo, il processo ha consentito di accertare come da parte dei suddetti tecnici di radiologia (alla cui condotta avrebbero appunto concorso il direttore sanitario e dell'U.O.di radiologia dell'ospedale di Lucca) non vi stato alcun esercizio di compiti propri del medico specialista in radiologia, alcuna indebita invasione di campo, men che meno sotto il profilo del dolo, bensì il corretto e ordinario svolgimento dei compiti loro propri.

Al riguardo, le persone escusse in sede di i.p., le cui dichiarazioni sono state acquisite agli atti con il consenso delle parti, che si sono recate presso il Distretto sanitario di Marlia per svolgere esami radiologici di base, senza mezzi di contrasto, hanno pressoché concordemente riferito di essersi presentate munite di prescrizione del proprio medico curante; che i relativi esami erano stati eseguiti da un operatore da identificarsi in un tecnico di radiologia, il quale aveva preventivamente loro chiesto (sono state assunte a s.i.t. quasi tutte persone di sesso femminile) se fossero o meno in stato di gravidanza ("... *di aver eseguito esclusivamente gli RX a cura dell'operatore, che si limitò a domandarmi se avessi sospetto su un'eventuale gravidanza*", così ad es. Monati Katia); di non ricordare – in alcuni casi - se avessero o meno sottoscritto alcuna documentazione inerente gli esami (ma, come nel caso della predetta Monati, in atti vi è copia della dichiarazione liberatoria, di cui sopra si è detto, firmata dalla stessa), mentre altre hanno espressamente dichiarato di avere firmato un modulo (v. s.i.t. Romei Carla).

Per questi motivi, su concorde richiesta delle parti, deve essere pronunciata sentenza di assoluzione di tutti gli imputati, perché il fatto non sussiste.

BARGA

Grazie