



# Il rischio di effetti stocastici in Diagnostica per Immagini

*Francesco Coppolino*

*Rimini, 9 Novembre 2015*

# Introduzione

Esiste consapevolezza del  
"problema dose"  
nella popolazione?

# Introduzione

Esiste consapevolezza del

**”problema dose”**

nella popolazione?

Esiste coscienza del

**”problema dose”**

nel mondo medico e radiologico?



“La mano di Dio crea, non nasconde.”

“Ci sono dei confini al di là dei quali non è permesso andare. Dio ha voluto che su certe carte fosse scritto: hic sunt leones.”

Umberto Eco  
Il nome della rosa, Bompiani 1980

# Contributo dose alla popolazione

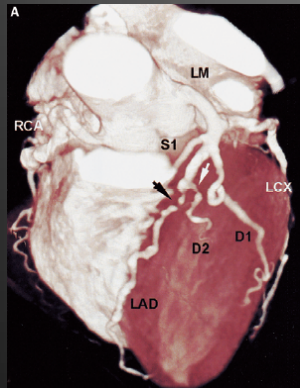
Medicina Nucleare..... 9%  
Radiologia Convenzionale..... 25%  
Tomografia Computerizzata.... 66%

---

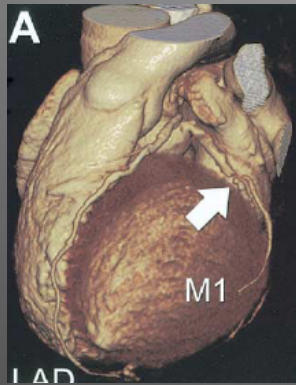
**100%**

*(Radiol med (2012) 117:312-321)*

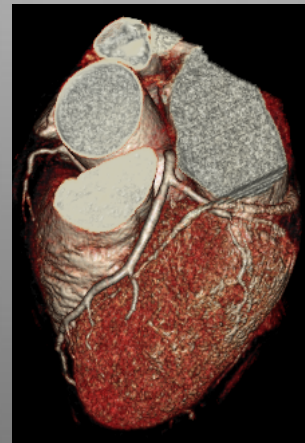
# TC MULTISLICE



4



16



64



128

320

**DOSE**

**RISOLUZIONE SPAZIALE E TEMPORALE**

2000

2015

**Aquillon** Sep 22 20:20 2004  
 119469  
 Reconstruction 0  
 Filming 0  
 Archive 0  
 0.0 0.0 Tube(OLP) 0%  
 Scan Autoview-m Raw-Data  
 Utility  
 Zoom Cineview Image selector  
 Measure Point Reset

# Scan Simulator

Adult    Region:     AP diameter:  cm    WL:   
 Child     cm    WW:

## Main

Scan Thickness:     Image Thickness:  mm    Pitch:


## Detail

Function Head:     Sure Exposure:   
 kV:     mA:     Scan time:  sec/rot.    FOV:   
 Range:  cm    Total:  sec    FC:     HP:     Couch:  mm/rot.

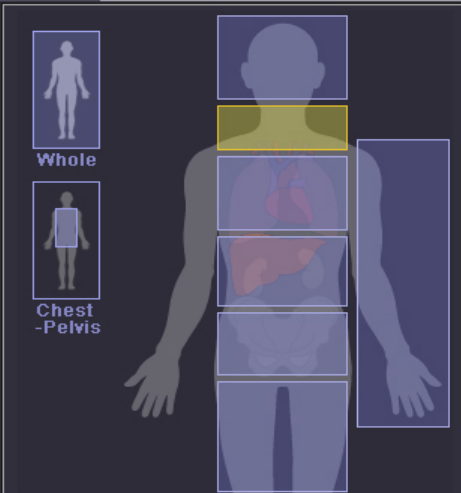
Results Calculate SD 6.00 mA 305(+/-34)

Dose :  IEC     Calculated for body size  
 CT DIvol [mGy]     DLP [mGy\*cm]

Simulation Quit

**HELICAL**    **Simulation Image**    **TOSHIBA TARO**  
 S:240,94mm    120kV/305mA  
 0.50s/5.0mm/0.5x32  
 HP45.0  
  
 R  
 WL = 40  
 WW = 200  
 SU/HF/VFF  
 FC12  
 This image is simulated using FC03

Adult    Child    Trauma  
 Whole  
 Chest-Pelvis

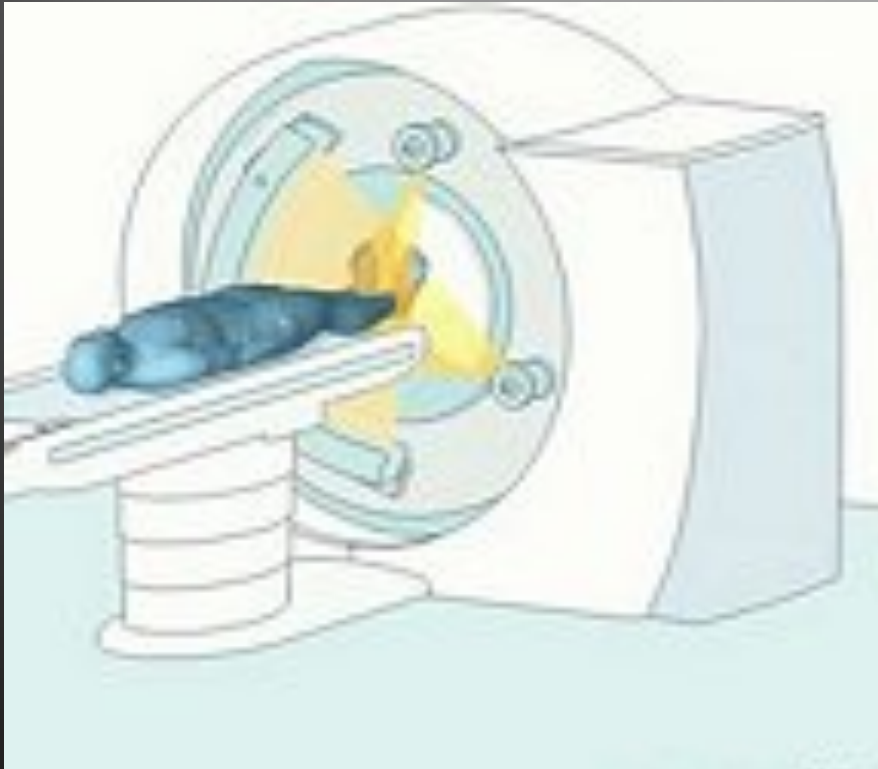


Protocol Selection    Anatomical Selection

Group A	Group B	Group C
Neck Volume	11 SU/HF	S
Neck Sharp	40 SU/HF	S
Neck Standard	5 SU/HF	S
Neck Smooth	3 SU/HF	S

ScanPlan    VARI    Repeat Exam    CE    Stop Rotate    Quit Exam    Next Patient

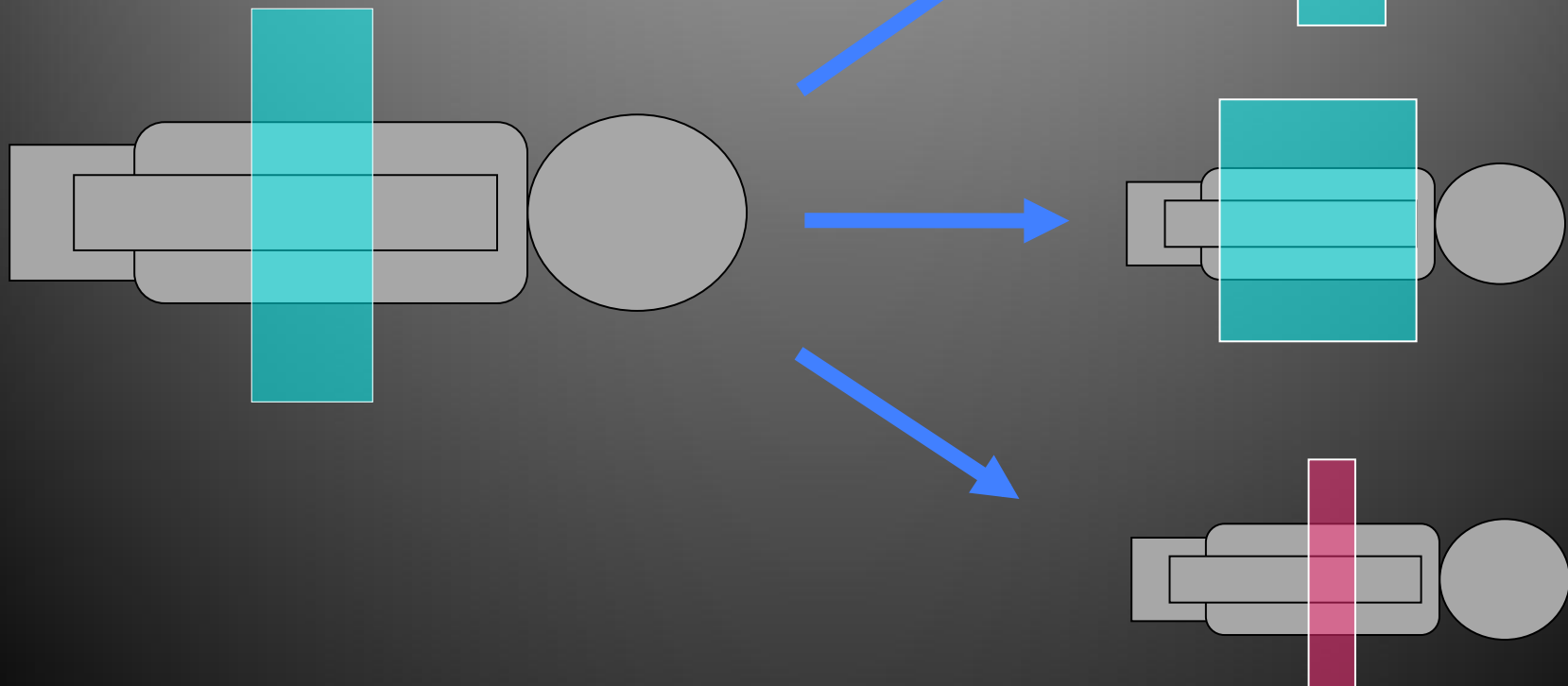
# Perché aumenta la dose in MDTC?





# Con la MDTC si può essere tentati di:

- eseguire più fasi
- coprire regioni più ampie
- aumentare i mA per ridurre il rumore nelle fette più sottili



# Radiation Dose Associated with Unenhanced CT for Suspected Renal Colic: Impact of Repetitive Studies

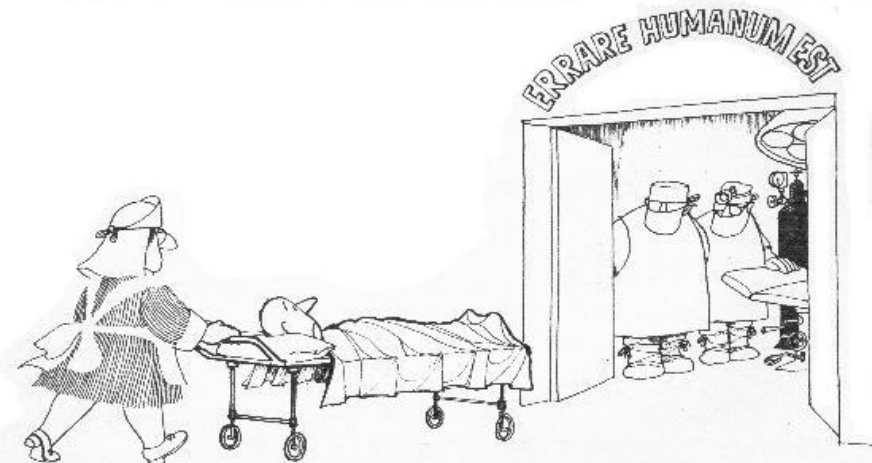
Sharyn I. Katz<sup>1,2</sup>  
Sanjay Saluja<sup>1</sup>  
James A. Brink<sup>1</sup>  
Howard P. Forman<sup>1</sup>

**OBJECTIVE.** The purpose of our study was to assess the dose of ionizing radiation delivered through the use of unenhanced CT for suspected renal colic by determining the incidence of repeated unenhanced CT examinations and the cumulative radiation dose delivered.

**MATERIALS AND METHODS.** All unenhanced CT examinations for suspected renal colic performed at our institution over a 6-year period were included, and patient age, sex, and multiplicity of examinations were determined. For the adult patient, this protocol prescribes a fixed tube current of 200 mA, 140 kVp, and a nominal slice width of 5 mm. The dose-length product (DLP) was estimated for 15 randomly chosen single-detector CT (SDCT) and MDCT adult flank pain examinations using manufacturer's software. The mean DLPs for SDCT and MDCT were computed and converted to effective doses. Total effective doses were calculated for patients who underwent more than three examinations, and values were compared with established standards.

**RESULTS.** A total of 5,564 examinations were performed on 4,562 patients. Of these patients, 2,795 (61%) were women (mean age, 45.5 ± 16.2 [SD] years) and 1,731 (38%) were men (mean age, 44.7 ± 16.4 years), with 144 patients (3%) of pediatric age. The mean effective doses for a single study were 6.5 mSv for SDCT and 8.5 mSv for MDCT. A subset of 176 patients (4%) had three or more examinations, with estimated effective doses ranging from 19.5 to 153.7 mSv. All patients with multiple examinations had a known history of nephrolithiasis.

**CONCLUSION.** Patients with a history of nephrolithiasis and flank pain are at increased risk for serial CT with potentially high cumulative effective doses.



# **Dosimetria in TC: numero esami Italia**

**ITALIA 2010: 6 MILIONI DI ESAMI  
(2 MILIONI IN PS)**

**ITALIA 2015: circa 8/10  
MILIONI DI ESAMI TC...**

# Il calcolo della dose

## Parametri:

- Dose assorbita
- Dose efficace
- CTDI
- DLP

La dose assorbita è uguale alla quantità di energia rilasciata / la massa dell'organo.

$$1 \text{ Gray (Gy)} = 1 \text{ Joule / Kg} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ Gray} = 100 \text{ Rad}$$

1 Rad = 1 centiGy = 10 milliGy = 10 milliSv (dose equivalente)

Per convenzione si considera che tutto l'organo sia irradiato in modo uniforme (*anche se così non è*)

## CT Dose Index and Patient Dose: They Are *Not* the Same Thing<sup>1</sup>

Cynthia H. McCollough, PhD  
Shuai Leng, PhD  
Lifeng Yu, PhD  
Dianna D. Cody, PhD  
John M. Boone, PhD  
Michael F. McNitt-Gray, PhD

In 1981, Shope et al (1) published "A Method for Describing the Doses Delivered by Transmission X-ray Computed Tomography." In that article, they introduced the computed tomography (CT) dose index (CTDI) as a metric to quantify the radiation output from a

scanner in a consistent and reproducibly measured fashion. This is because the primary beam emitted from the scanner (originally a relatively thin fan beam, which with current technology has expanded to cone beams of up to 16 cm

$$\text{DLP} = \text{CTDI}_{\text{vol}} \cdot \text{scan length (mGy.cm)}$$

Regione del corpo	coefficiente di conversione (cc)
Testa	0.0023
Collo	0.0054
Addome	0.015
<b>Torace</b>	<b>0.017</b>
Pelvi	0.019

CTDI vol → DLP → DLP x coeff. di conversione → Dose efficace

# Il calcolo della dose

## Dose efficace

(Unità di misura = mSv)

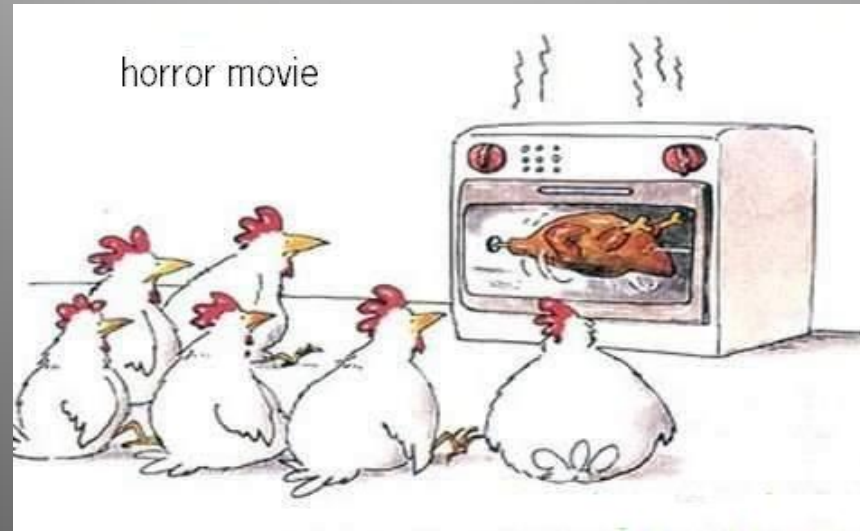
si calcola

sommando la dose assorbita dai singoli organi

(cristallino, tiroide, mammella, gonadi, etc...)

«pesata» in relazione alla sensibilità alle radiazioni

# Il calcolo della dose



La **dose efficace** è stata introdotta per fornire la stima del **rischio stocastico** globale dovuto ad una radiazione ricevuta sia dall'intero corpo che da una sua parte



“Cosa intendete dire?”

“Non lo so esattamente. Ma come ti ho detto, bisogna immaginare tutti gli ordini possibili, e tutti i disordini.”

Umberto Eco  
Il nome della rosa, Bompiani 1980



## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

L' International Commission Radiation Protection (ICRP) giudica che non è appropriato ai fini di sanità pubblica calcolare il numero ipotetico di casi di cancro che potrebbero essere associati a dosi molto piccole di radiazioni ricevute da un gran numero di persone durante periodi di tempo molto lunghi.

Molte variabili sono coinvolte nel rischio cancro !!!.

### **Conclusioni e raccomandazioni principali**

*Le seguenti dichiarazioni sintetiche si riferiscono in larga parte agli effetti sulla salute attribuibili alle radiazioni nel campo di dose fino a circa 100 mSv (sia come dose singola che annuale), per gli scopi della radioprotezione.*

**L'utilizzo di una relazione proporzionale semplice tra gli incrementi di dose e l'incremento di rischio per l'induzione di cancro e di malattia ereditaria a basse dosi/bassi ratei di dose è un'ipotesi scientificamente plausibile; sono riconosciute incertezze su questa valutazione.**

*(Pubblicazione ICRP n. 103, del 21.03.2007)*

## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione ICRP, continuando a ritenere che i coefficienti di rischio nominale raccomandati dovrebbero essere applicati a intere popolazioni e non agli individui,

pur riconoscendo

significative differenze nel rischio tra i maschi e le femmine (specie riguardo la mammella) in funzione dell'età di esposizione

## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione ICRP, continuando a ritenere che i coefficienti di rischio nominale raccomandati dovrebbero essere applicati a intere popolazioni e non agli individui,

pur riconoscendo significative differenze nel rischio tra i maschi e le femmine (specie riguardo la mammella) in funzione dell'età di esposizione

Esprime una

Stima dei coefficienti probabilistici nominali di rischio

(Pubblicazione ICRP n. 103, del 21.03.2007)

Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a  
100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione ICRP propone pertanto:

- Coefficienti probabilistici nominali per il rischio di neoplasia:
  - 5,5 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per l'intera popolazione
  - 4,1 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per i lavoratori adulti
- Coefficienti probabilistici nominali per il rischio di effetti ereditari fino alla seconda generazione:
  - 0,2 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per l'intera popolazione
  - 0,1 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per i lavoratori adulti

## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione ICRP propone pertanto:

- Coefficienti probabilistici nominali per il rischio di neoplasia:
  - 5,5 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per l'intera popolazione
  - 4,1 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per i lavoratori adulti
- Coefficienti probabilistici nominali per il rischio di effetti ereditari fino alla seconda generazione:
  - 0,2 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per l'intera popolazione
  - 0,1 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per i lavoratori adulti
- Quest'ultimo dato esprime il cambiamento più significativo rispetto alla Pubblicazione IRCP 60 (1991): 1,3 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per l'intera popolazione  
0,8 ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per i lavoratori adulti

Riduzione di un fattore 6-8 !!!

(Pubblicazione ICRP n. 103, del 21.03.2007)

## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione ICRP giudica inoltre il rischio di cancro conseguente all'esposizione in utero non maggiore di quello conseguente all'esposizione durante la prima infanzia.

## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione ICRP giudica inoltre il rischio di cancro conseguente all'esposizione in utero non maggiore di quello conseguente all'esposizione durante la prima infanzia.

Valuta inoltre che le reazioni tissutali indotte da irradiazione in utero, le malformazioni e gli effetti neurologici riconoscano un dose-soglia dell'ordine di circa 100 mGy.

## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione ICRP giudica inoltre il rischio di cancro conseguente all'esposizione in utero non maggiore di quello conseguente all'esposizione durante la prima infanzia.

Valuta inoltre che le reazioni tissutali indotte da irradiazione in utero, le malformazioni e gli effetti neurologici riconoscano una verosimile dose-soglia dell'ordine di circa 100 mGy.

Esprime incertezza sull' induzione di deficit del QI.  
(a basse dosi, il rischio è giudicato non avere significato pratico).



## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione sottolinea che la conoscenza del ruolo dell'instabilità genomica indotta dall'effetto bystander\* è ancora insufficientemente sviluppata per gli scopi della radioprotezione: *in molti casi questi processi verranno compresi nelle valutazioni epidemiologiche generali di rischio.*

*\* Effetto Bystander: (descritto in relazione a dosi anche molto basse, in relazione a radiazioni di differente qualità): effetto biologico anche rilevante (alterazioni cromosomiche; mutazioni geniche) indotto dalle radiazioni ionizzanti su popolazioni cellulari «contigue», ma non direttamente attraversate dall'energia radiante.*

## Accettazione del modello lineare senza soglia per dosi inferiori a 100mSV (LNT – Linear Non Threshold)

La Commissione sottolinea che la conoscenza del ruolo dell'instabilità genomica indotta dall'effetto bystander\* è ancora insufficientemente sviluppata per gli scopi della radioprotezione: in imin molti casi questi processi verranno compresi nelle valutazioni epidemiologiche generali di rischio.

- **Effetto Bystander:** (descritto in relazione a dosi anche molto basse, in relazione a radiazioni di differente qualità): *effetto biologico anche rilevante (alterazioni cromosomiche; mutazioni geniche) indotto dalle radiazioni ionizzanti su popolazioni cellulari «contigue», ma non direttamente attraversate dall'energia radiante.*

\*\*\*\*\*

- La Commissione esplicita da ultimo che alle basse dosi il rischio di induzione di malattie diverse dal cancro rimane incerto e non è possibile in merito nessun giudizio specifico.

(Pubblicazione ICRP n. 118 del 2012)

# RIDURRE LA DOSE !

*The British Journal of Radiology, 81 (2008), 442–443*

## COMMENTARY

### Tailored CT: *primum non nocere*

E M LAUTIN, MD, FACR, M K NOVICK, MD and R JEAN-BAPTISTE, MD

*Department of Radiology, Lenox Hill Hospital, 100 East 77th Street, New York, NY 10021, USA*

**ABSTRACT.** Despite its vital diagnostic utility, the ionizing radiation used in CT is not benign. Patients have an increased risk of dying from a radiation-induced cancer for every pass through a CT scanner. One way to reduce this risk is to tailor CT, especially follow-up scans, to specific areas of concern. By doing so, we can help to minimize the small but real risk from this essential technology.

Received 8 October 2007  
Revised 28 November 2007  
Accepted 7 December 2007

DOI: 10.1259/bjr/33187914

Tenere sempre nella massima considerazione  
il problema della esposizione del paziente e dei rischi connessi  
Principio A.L.A.R.A. (As Low As Reasonably Achievable)

# RIDURRE LA DOSE !

*The British Journal of Radiology, 81 (2008), 442–443*

## COMMENTARY

### Tailored CT: *primum non nocere*

E M LAUTIN, MD, FACR, M K NOVICK, MD and R JEAN-BAPTISTE, MD

*Department of Radiology, Lenox Hill Hospital, 100 East 77th Street, New York, NY 10021, USA*

**ABSTRACT.** Despite its vital diagnostic utility, the ionizing radiation used in CT is not benign. Patients have an increased risk of dying from a radiation-induced cancer for every pass through a CT scanner. One way to reduce this risk is to tailor CT, especially follow-up scans, to specific areas of concern. By doing so, we can help to minimize the small but real risk from this essential technology.

Received 8 October 2007  
Revised 28 November 2007  
Accepted 7 December 2007

DOI: 10.1259/bjr/33187914

Tutte le dosi sono giustificate se realmente necessarie, ma il risparmio di dose è del 100% se l'esame non viene eseguito.

Tenere sempre nella massima considerazione il problema della esposizione del paziente e dei rischi connessi

# Rischio radiogeno

Use of CT scans in children to deliver cumulative doses of about 50 mGy might almost triple the risk of leukemia and dose of about 60 mGy might triple the risk of brain cancer...

*(Pearce MS et al, Lancet, 2012)*

# Rischio radiogeno

Use of CT scans in children to deliver cumulative doses of about 50 mGy might almost triple the risk of leukemia and dose of about 60 mGy might triple the risk of brain cancer...

*(Pearce MS et al, Lancet, 2012)*

La saggezza di solito si trova nel mezzo, cioè quando, per produrre un beneficio, non si reca danno.

*(Pitagora, Insegnamenti, VI Secolo a.C.)*