



## LA RADIOPROTEZIONE NELL'AMBIENTE SANITARIO

### COS'E' LA RADIOPROTEZIONE ? CONTRIBUTI DELL'ESPOSIZIONE A SCOPI MEDICI

S. Tofani

MASTER DI PRIMO LIVELLO PER LE FUNZIONI DI COORDINAMENTO  
DELLE PROFESSIONI SANITARIE

---

---

---

---

---

---

---

---

#### COSA SI PREFIGGE LA RADIOPROTEZIONE

- Limitare quanto più possibile i rischi derivanti da radiazioni ionizzanti per i lavoratori, la popolazione ed i pazienti
- Attraverso il contenimento delle esposizioni:
  - sempre al di sotto di soglie prefissate
  - più basse possibili

---

---

---

---

---

---

---

---

Rispondendo a questi principi

#### GIUSTIFICAZIONE

nessuna pratica radiologica deve essere attuata a meno che non produca un beneficio netto e dimostrabile.

---

---

---

---

---

---

---

---

Rispondendo a questi principi

**OTTIMIZZAZIONE**

l'esposizione alle radiazioni ionizzanti  
deve essere tanto bassa quanto  
ragionevolmente ottenibile, in  
considerazione anche di fattori economici  
e sociali: ALARA.

---

---

---

---

---

---

---

---

Rispondendo a questi principi

**LIMITAZIONE DELLE DOSI**

la dose ricevuta dagli individui non deve  
eccedere i limiti stabiliti.

---

---

---

---

---

---

---

---

**COME SI REALIZZA LA RADIOPROTEZIONE  
DEI LAVORATORI E DELLA POPOLAZIONE  
(Sorveglianza Fisica e Medica)**

SORVEGLIANZA FISICA DELLA PROTEZIONE : valutazioni,  
misure ed esami effettuati, indicazioni fornite e  
provvedimenti formulati dall'Esperto Qualificato ed adottati  
dal Datore di Lavoro per la protezione sanitaria dei  
lavoratori e della popolazione

SORVEGLIANZA MEDICA DELLA PROTEZIONE : visite  
mediche, indagini specialistiche, provvedimenti e  
disposizioni sanitarie adottate dal Medico Autorizzato per la  
protezione sanitaria dei lavoratori esposti

---

---

---

---

---

---

---

---

## Parametri per la protezione dalle radiazioni ionizzanti

Affinché la protezione dalle radiazioni sia efficace, tutti i parametri che influenzano l'esposizione devono essere ottimizzati e mantenuti sotto controllo. Questo si realizza attraverso accorgimenti e norme di buona tecnica.

---

---

---

---

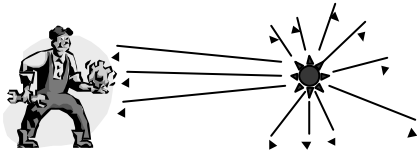
---

---

---

## Irradiazione esterna

I parametri più importanti sui quali bisogna fare riferimento contro i rischi da irradiazione esterna sono la distanza dalla sorgente e la presenza di eventuali schermature ed il tempo di esposizione. Operando su questi tre parametri fondamentali della radioprotezione, si potrà agire nel modo più efficace per limitare le dosi assorbite durante tutte le procedure di lavoro.



---

---

---

---

---

---

---

## Distanza



Dato che il livello di esposizione è inversamente proporzionale al quadrato della distanza (ad esempio, raddoppiando la distanza l'esposizione diminuisce di un fattore 4), occorre che l'operatore, compatibilmente con le attività da svolgere, si mantenga alla **maggior distanza possibile dalle sorgenti di radiazioni**.

---

---

---

---

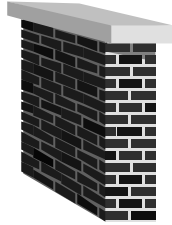
---

---

---

## Schermature

I livelli di esposizione alle radiazioni si riducono notevolmente interponendo tra sorgente e operatori barriere di materiale idoneo (per esempio, piombo): infatti maggiore è lo spessore della barriera e minore sarà la quantità di radiazione in grado di oltrepassarla.



---

---

---

---

---

---

---

## Schermature

durante il funzionamento di un'apparecchiatura a raggi X ed/o impiego di sorgenti radioattive l'operatore deve mantenersi al riparo delle barriere o, qualora questo non sia possibile, indossare indumenti protettivi, quali grembiuli, occhiali, guanti piombati.



---

---

---

---

---

---

---

Fattori di attenuazione della radiazione X forniti da barriere di piombo

---

---

---

---

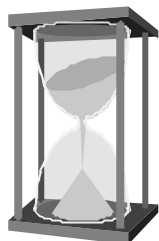
---

---

---

## Tempo

Essendo l'esposizione alle radiazioni direttamente proporzionale al tempo, per ridurre i livelli di esposizione occorre rimanere il minor tempo possibile in presenza della sorgente di radiazione, cioè solo per il tempo strettamente necessario allo svolgimento delle attività.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Irradiazione interna



Per quanto riguarda la sicurezza nei confronti dei pericoli legati alla contaminazione interna, la principale metodica si basa invece sul **contenimento**, ovvero sulla necessità di isolare la sorgente radioattiva, al fine di impedire ogni fuga verso l'ambiente esterno e la possibilità di contaminazione degli operatori e della popolazione.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Irradiazione interna: modalità di contaminazione



Inhalation



Ingestion



Absorption



Wounds

---

---

---

---

---

---

---

---

### Come si limita l'irradiazione interna

- Conservare le sorgenti non sigillate in contenitori ermetici;
- indossare indumenti protettivi (guanti monouso, camici) durante le operazioni di manipolazione;
- impiegare cappe a filtro assoluto durante operazioni in cui si possono sviluppare vapori o gas;
- predisporre superfici facilmente lavabili;
- rimuovere immediatamente eventuali oggetti contaminati, che andranno gestiti come rifiuti radioattivi.

---

---

---

---

---

---

---

---

### COME SI REALIZZA LA RADIOPROTEZIONE DEI PAZIENTI

Riducendo le esposizioni a scopo medico

attraverso un programma di qualità sulla apparecchiature e sulle procedure diagnostiche

Figure professionali coinvolte  
Medico Specialista Responsabile delle apparecchiature  
Esperto in Fisica Medica  
TSRM

---

---

---

---

---

---

---

---

***Perché l'obiettivo di ridurre l' ESPOSIZIONE A SCOPO MEDICO è così importante?***

---

---

---

---

---

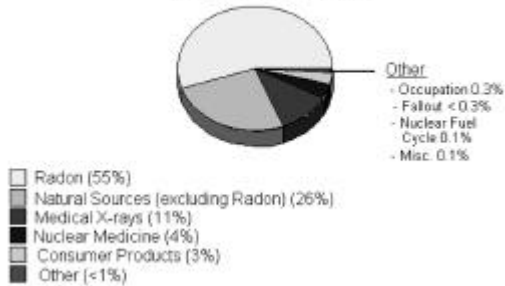
---

---

---

## Sources of Radiation Exposure

From NCRP Report No. 93




---



---



---



---



---



---

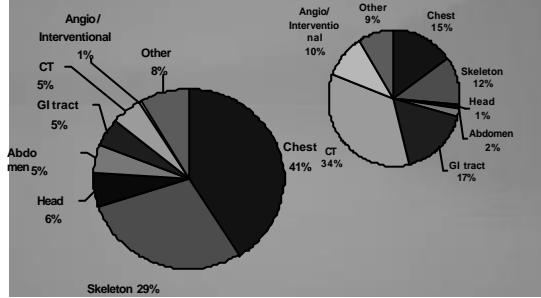


---

## UNSCEAR 2000

• Contributions to frequency

(b) Contributions to collective dose




---



---



---



---



---



---



---

## EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI

Gli effetti biologici possono essere:

- Stocastici
- Deterministici

Per gli effetti stocastici vi è correlazione tra la dose che il soggetto riceve e il rischio di comparsa dell'effetto considerato.

Per gli effetti deterministici vi è correlazione tra la dose che il soggetto riceve e l'entità dell'effetto considerato.

---



---



---



---



---



---



---

ESEMPI	
EFFETTI STOCASTICI	EFFETTI DETERMINISTICI (dosi soglia in singole frazioni)
Mucositi radioindotta Aberrazioni cromosomiche Trasformazione maligna	Midollo emopoietico: aplasia (dose soglia 3 Gy, total body) Mucosa: mucositi (dose soglia 5 Gy) Orecchio: cataratta (dose soglia 4 Gy) Genitali: oligospermia (dose soglia 5 Gy)

---

---

---

---

---

---

---

---

**ESAMI CHE COMPORTANO RISCHI DI EFFETTI DETERMINISTICI**

**ESAMI AD ALTE DOSI QUALI QUELLI IN RADIOLOGIA INTERVENTISTICA**

Esami con dosi superiori a 100 mSv (1 Gy)

---

---

---

---

---

---

---

---

Effetti deterministici osservati a basse dosi da irradiazioni acute della cute, osservati a seguito di una sola o in più procedure RX interventistiche ravvicinate

1. Eritema a 2Gy
2. Cataratta a 2Gy
3. Epilazione permanente 7Gy
4. Necrosi della cute 12 Gy

Per esposizioni protratte degli occhi (interventisti):

5. Cataratta a 4 Gy se la dose viene ricevuta in meno di 3 mesi, (5.5 Gy), per periodi superiori

---

---

---

---

---

---

---

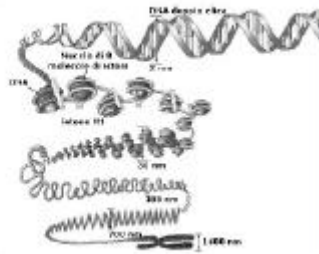
---

## EFFETTI STOCASTICI

### EFFETTI BIOLOGICI STOCASTICI

Gli effetti stocastici si manifestano nel soggetto esposto in seguito ad alterazione del genoma delle cellule somatiche o nella discendenza dal soggetto esposto in seguito ad alterazioni del genoma delle cellule germinali.

Non vi è una dose-soglia al di sotto della quale tali effetti non si manifestano: anche dosi minime possono causare l'effetto.



---

---

---

---

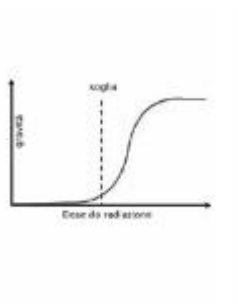
---

---

---

---

## Esiste una soglia per gli effetti?



---

---

---

---

---

---

---

---

**ESAMI CHE COMPORTANO RISCHI DI EFFETTI STOCASTICI**

**TUTTI GLI ESAMI CHE COMPORTANO ESPOSIZIONI ALLE RADIAZIONI TONIZZANTI**

ESEMPIO:

Torace  $\Rightarrow$  0.1 mSv  $\Rightarrow$  5 casi su un milione

Pelvi  $\Rightarrow$  1 mSv  $\Rightarrow$  5 casi su centomila

---

---

---

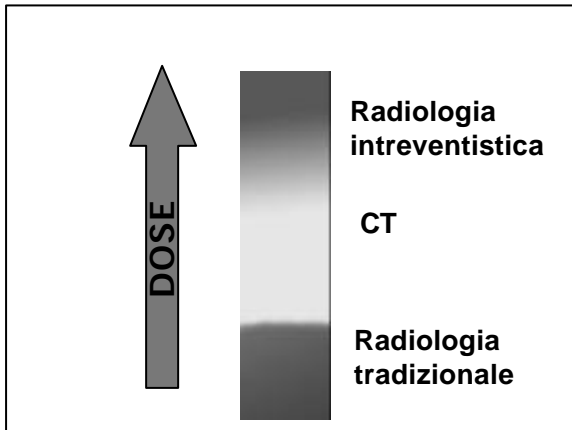
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Radiologia interventistica

I valori di dose possono essere tali da indurre effetti deterministici

---

---

---

---

---


---

---

---

Angiografia

Più di 50 report con segnalazioni di danni deterministici negli anni 90

Più di 100 casi 

Probabilmente centinaia non segnalati

---

---

---

---

---

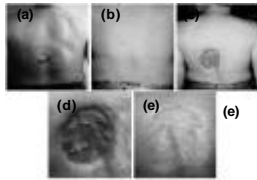
---

---

---

Due procedure di angioplastica coronarica in un'unica sessione.

Dose  $\approx$  20 Gy (ICRP 85)



- (a) 6-8 weeks after multiple coronary angiography and angioplasty procedures.
- (b) 16-21 weeks
- (c) 18-21 months after the procedures showing tissue necrosis.
- (d) Close-up photograph of the lesion shown in (c).
- (e) Photograph after skin grafting. (Photographs courtesy of T. Shope & ICRP).

---

---

---

---

---

---

---

---

## ICRP 85



Opacità del cristallino radioindotta in un radiologo interventista a causa degli alti livelli di radiazione diffusa a causa del posizionamento del tubo RX sopra il tavolo (Photograph from Vañó et al. (1998).

---

---

---

---

---

---

---

---

Molti di questi danni sono evitabili.  
Tutti i maggiori lo sono!

---

---

---

---

---

---

---

---

Perché sono accaduti nei '90 all'inizio della sua diffusione?

**-Training non adeguato di:**

- cardiologi
- urologi
- gastroenterologi
- ortopedici
- chirurghi vascolari

**-Carenza di un valido approccio radioprotezionistico**

---

---

---

---

---

---

---

---

Effetti determinati al paziente e all'operatore possono essere evitati seguendo le indicazioni di buona pratica.

---

---

---

---

---





---

---

---

## Angiografia

 **Metodi per controllare la dose:**

-  **Fascio On per il tempo minimo necessario**
-  **Ricordare che il dose rate è più elevato per pazienti spessi e che la dose, conseguentemente, aumenta più velocemente.**
-  **Tenere il tubo RX alla massima distanza possibile dal paziente**
-  **Mantenere l'IB il più vicino possibile al paziente**

---

---

---

---

---





---

---

---

## Angiografia-continua

### Metodi per controllare la dose:

-  Utilizzare ingrandimenti solo quando necessario
-  Rimuovere la griglia per le procedure su pazienti piccoli (pediatrici).
-  Massima collimazione.
-  Quando la procedura si prolunga eccessivamente considerare la possibilità di variare la posizione del tubo RX in modo che la porzione di cute irradiata non sia sempre la stessa.

---

---

---

---

---

---

---

---

Effetti stocastici al paziente

---

---

---

---

---

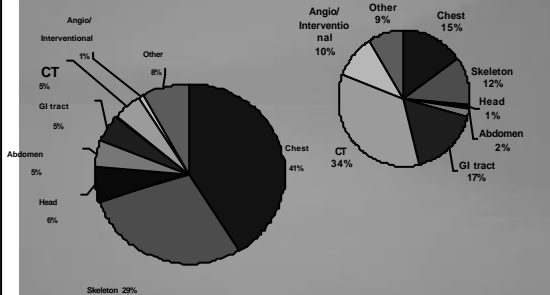
---

---

---

### UNSCEAR 2000

#### • Contributions to frequency



---

---

---

---

---

---

---

---

# Tomografia computerizzata



---

---

---

---

---

---

---

## Analisi della situazione

- La tecnologia CT continua ad evolversi molto rapidamente
- E' uno dei più importanti esami radiologici a livello mondiale
- La frequenza degli esami CT sta aumentando rapidamente
- La dose al paziente negli esami CT non è diminuita in contrasto con quanto avvenuto per gli esami radiografici tradizionali dove si è avuta una riduzione del 30% negli ultimi 10 anni

TC ICRP 87

---

---

---

---

---

---

---

## Gestione della dose in Tomografia Computerizzata

### Analisi della situazione

- Perché è aumentata la frequenza?
- Perché aumenta la dose?
- E' la dose effettivamente alta? quanto?
- Cosa può essere fatto per controllare la dose al paziente?
  - Cosa possono fare gli utilizzatori?
  - Cosa può fare il costruttore?

TC ICRP 87

---

---

---

---

---

---

---

## Perché è aumentata la frequenza?

- 20 anni fa, una TC standard del torace richiedeva parecchi minuti di scansione oggi le stesse informazioni si ottengono con una scansione di durata inferiore al singolo atto respiratorio
- I progressi nella tecnologia TC hanno reso possibile l'introduzione di procedure interventistiche, sostituendo in molti casi gli interventi effettuati sotto guida ecografica
- Recentemente sta prendendo piede screening tramite CT



TC ICRP 87

---

---

---

---

---

---

---

---

## Perché è aumentata la dose?

- La qualità dell'immagine aumenta all'aumentare dell'esposizione
- C'è la tendenza ad aumentare il volume anatomico esaminato
- Le moderne CT elicoidali permettono di effettuare scansioni senza gap fra le slice e con sovrapposizione delle slice
- Ripetizione degli esami CT

TC ICRP 87

---

---

---

---

---

---

---

---

## La dose è effettivamente alta? quanto?

- La dose efficace negli esami Tc è dell'ordine di **8 mSv** (circa 400 volte una radiografia del torace) e in alcuni esami particolari (es. regione pelvica) può arrivare a 20 mSv
- La dose assorbita dai tessuti durante gli esami CT può avvicinarsi o superare i livelli di dose (100 mSv) per cui esistono risultati "certi" di correlazione dose effetto dati da studi epidemiologici

TC ICRP 87

---

---

---

---

---

---

---

---

## Dose agli organi in TC

- La dose alla mammella nelle TC toraciche può essere superiore ai 30-50 mGy, anche quando la mammella non è l'obiettivo dell'indagine TC
- il cristallino nelle TC craniche, la tiroide nelle TC craniche o toraciche e le gonadi nelle TC pelviche ricevono alte dosi

TC (cont. 87)

---

---

---

---

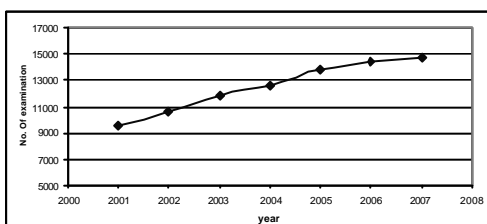
---

---

---

---

Numero di prestazioni TC anni 2001-2007 presso USL Valle d'Aosta



Anno	2004	2005	2006	2007
TC effettuate fuori Regione da residenti	1900	1612	1520	
TC effettuate in regione da non residenti	5049	4505	2950	2000

---

---

---

---

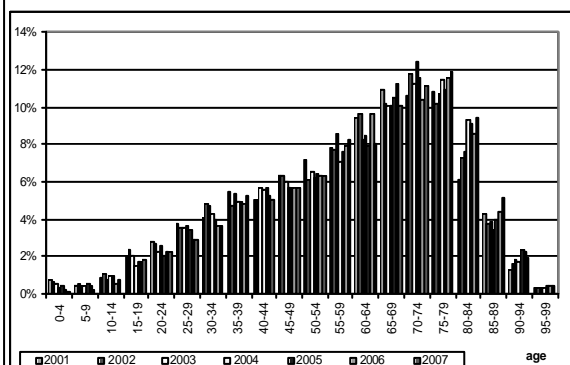
---

---

---

---

Numero di prestazioni TC in funzione dell'età




---

---

---

---

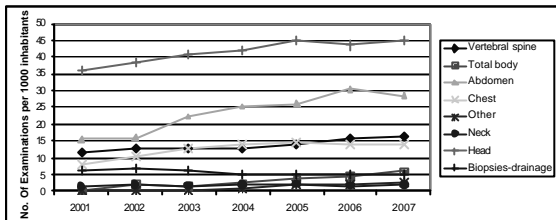
---

---

---

---

### Andamento 2001/2007 delle prestazioni CT



Numero di prestazioni Uro-TC

Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
n.	0	5	127	390	548	717	577

---

---

---

---

---

---

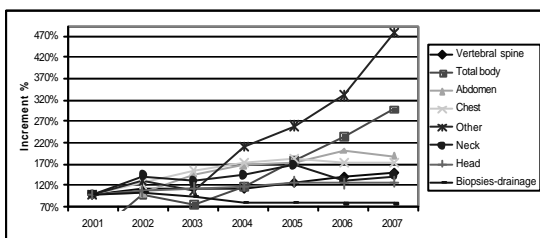
---

---

---

---

### Andamento 2001/2007 delle prestazioni CT




---

---

---

---

---

---

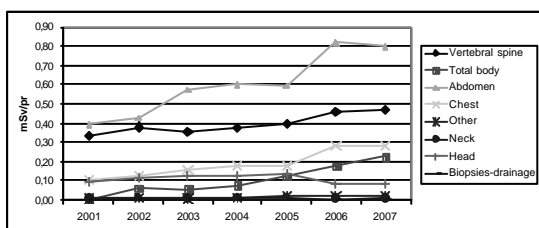
---

---

---

---

### Andamento 2001/2007 della dose efficace in funzione della prestazione




---

---

---

---

---

---

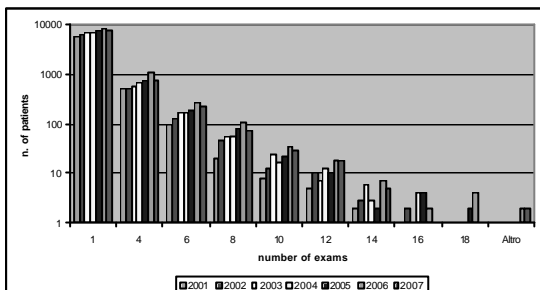
---

---

---

---

### N. di prestazioni per ogni paziente




---

---

---

---

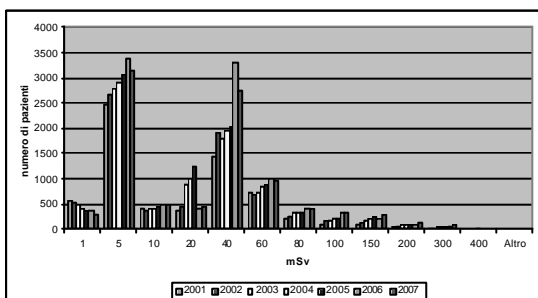
---

---

---

---

### Distribuzione dose efficace per ogni paziente




---

---

---

---

---

---

---

---

### Dose pro capite annua da esami CT:

Valle d'Aosta	n prestazioni per 1000 abitanti	Dose efficace pro capite mSv
2001	78	0,95
2002	89	1,14
2003	98	1,27
2004	103	1,34
2005	113	1,42
2006	117	1,81
2007	119	1,89

---

---

---

---

---

---

---

---

### Dose pro capite annua da esami CT:

- Dati di letteratura relativi al numero di prestazioni per 1000 abitanti :
  - United States (91), Switzerland (43), Canada (41) and Australia (52) e riferiti al 1991-1996 (dati riportati dalla UNSCEAR) sono comparabili con i nostri (78).
  - dati più recenti, riferiti al 2002, disponibili per la Francia (69-97 per 1000 abitanti) e il Luxembourg (135) sono comparabili con i nostri (89). (Scanff P., Donadieu J, Pirard P and Aubert B, Population exposure to ionizing radiation from medical examinations in France, Br J Radiol 2008; 81: 204-213)
  
- Poche valutazioni recenti sono disponibili in relazione alla dose alla popolazione da esami CT:
  - Germania 0.72 mSv nel 1996 (UNSCEAR 2000: 64 CT examination per 1000 population, average dose 11.3 mSv)
  - Lussemburgo 0.99 mSv nel 2002.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Detrimento

anno	ICRP 60 std	ICRP 60 età - sesso	Preston
2001	4,7	3,3	3,2
2002	5,7	4,5	4,3
2003	6,4	4,4	4,3
2004	6,7	4,7	4,5
2005	7,1	4,9	4,8
2006	9,0	6,1	5,8
2007	9,4	6,3	6,0

---

---

---

---

---

---

---

---