



UNIVERSITÀ - OSPEDALE di PADOVA

MEDICINA NUCLEARE 1



CDL in Tecniche di Radiologia Medica, per Immagini e Radioterapia

# MEDICINA NUCLEARE 1

*Prof. Franco Bui*

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare 1 - [www.unipd.it/nucmed/](http://www.unipd.it/nucmed/)

2

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare 1 - [www.unipd.it/nucmed/](http://www.unipd.it/nucmed/)

## Fa male ? (1)

- Le tecniche di imaging radionuclidico hanno il pregio di essere poco o per nulla invasive e gravate da un tasso di morbilità estremamente basso; il paziente per la stragrande maggioranza delle indagini subisce, al più, una semplice iniezione endovenosa. Sono assai poche le metodiche che prevedono una maggior invasività, come l'accesso arterioso o il cateterismo.
- I radiofarmaci utilizzati in diagnostica possono essere considerati del tutto sicuri in quanto, in anni di impiego clinico rigorosamente controllato in tutte le medicine nucleari del mondo, è stato osservato un numero esiguo di reazioni avverse. Anche i farmaci non radioattivi a volte utilizzati come parte integrante di una indagine, come la furosemide per la scintigrafia renale sequenziale o il dipiridamolo per lo stress farmacologico del miocardio, sono per lo più farmaci di comune impiego.

## Fa male ? (2)

La medicina nucleare, al contrario della radiologia che è ormai ben conosciuta anche dal pubblico, è ancora circondata da un alone di mistero e di timore, legato più che altro all'aggettivo "nucleare".

Questo termine, che fa riaffiorare alla memoria olocausti bellici e incidenti nucleari, indica che le radiazioni utilizzate - i raggi  $\gamma$  - provengono dai nuclei atomici, al contrario dei raggi "X" utilizzati in radiologia che provengono dagli orbitali elettronici.

A tale proposito è bene ricordare che le radiazioni elettromagnetiche sono tutte uguali: dalle radiazioni emesse dai normali campi elettrici (a 50-60 Hz) alle onde radio, allo spettro visibile, alle radiazioni UV, X e  $\gamma$ , l'unica caratteristica che le differenzia è la loro lunghezza d'onda e quindi la loro energia che è inversamente proporzionale ad essa. In particolare, non c'è alcuna differenza, a parità di energia, fra una radiazione "X" di impiego radiologico ed una radiazione " $\gamma$ " di impiego medico-nucleare.

## Fa male ? (3)

Non si deve dimenticare che la radioattività è una normale componente dell'ambiente naturale. L'uomo è da sempre stato esposto alle radiazioni naturali, fin dalla sua comparsa sulla terra e le radiazioni naturali sono ancora adesso la principale fonte di dose alla popolazione mondiale.

La radioattività naturale origina dalle rocce o dalle acque terrestri, dallo spazio, sotto forma di raggi cosmici (raggi alfa, nuclei pesanti, mesoni, elettroni, protoni, neutroni e fotoni). La concentrazione dei radionuclidi naturali nel suolo e nelle acque varia molto da luogo a luogo a seconda della costituzione geologica; anche i raggi cosmici sono distribuiti difformemente sulla superficie terrestre poichè, risentono del campo gravitazionale (vengono deviati verso i poli).

L'atmosfera riduce l'esposizione ai raggi cosmici fungendo da schermo; la rarefazione dell'atmosfera, come in alta montagna o a bordo di aerei, produce un aumento dell'esposizione alle radiazioni.

## DANNI DETERMINISTICI

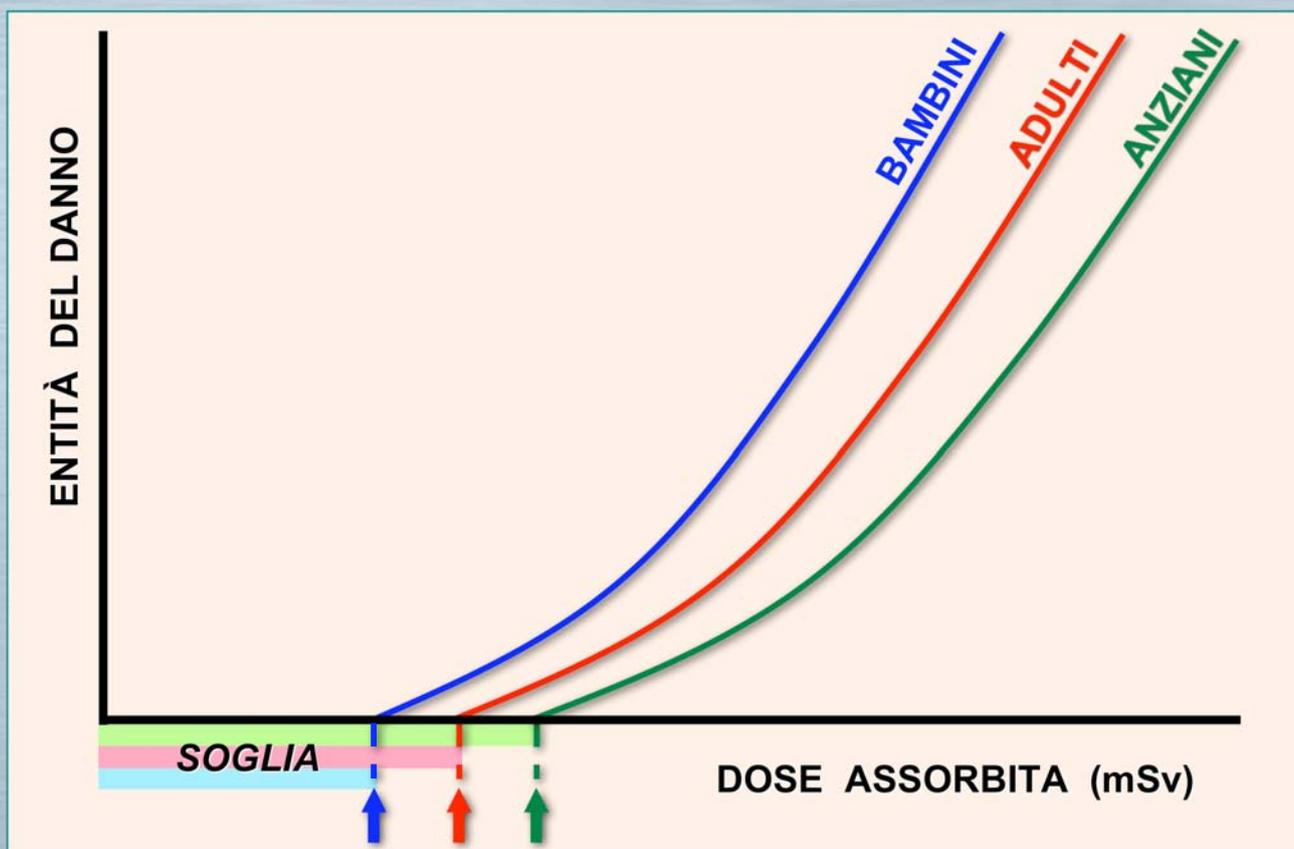
La **gravità** del danno è direttamente proporzionale all'**entità** della esposizione:

**MAGGIOR ESPOSIZIONE = MAGGIOR DANNO**

Si verificano **solo sopra un valore soglia**, che dipende da molti fattori (natura delle radiazioni, sensibilità dei tessuti, sensibilità individuale, ecc.)

Si manifestano dopo un periodo di latenza ben definito, generalmente breve (pochi min. – 1 mese) ma che può anche essere a distanza di anni (dermatiti, cataratta)

## DANNI DETERMINISTICI



## DOSI SOGLIA PER DANNI DETERMINISTICI

Organo bersaglio	acuta mSv	cronica mSv/anno	Cat. A anno	Cat. B anno
Testicoli - sterilità temporanea	150	400	20	6
Testicoli - sterilità permanente	350-600	2000	20	6
Ovaio - sterilità permanente	2500-6000	> 200	20	6
Cristallino - opacità	500-2000	> 100	150	50
Cristallino - cataratta	5000	> 150	150	50
Cute	3000-8000	1000-2000	500	150
Midollo emopoietico - depressione	500	> 400	20	6
Midollo emopoietico - aplasia	1500	> 1000	20	6
Sindrome gastro-intestinale	5000-6000			
Sindrome nervosa	10000			

## DOSI SOGLIA LETALI per Pan-Irradiazione

dose acuta (mSv)	EFFETTO	SINTOMI
< 1000	Non letale in adulti sani	Alterazioni ematologiche
1000-2000	Sopravvivenza <b>probabile</b> se curata	Sindrome emopoietica
2000-5000	Sopravvivenza <b>possibile</b> se curata	Sindrome emopoietica
5000-6000	<b>Scarsa probabilità</b> di sopravvivenza	Sindrome emopoietica
> 6000	<b>Letale</b>	Sindrome intestinale
> 10000	<b>Letale</b>	Sindrome neurologica

## DANNI STOCASTICI (PROBABILISTICI)

Sono espressione di lesioni del DNA cellulare

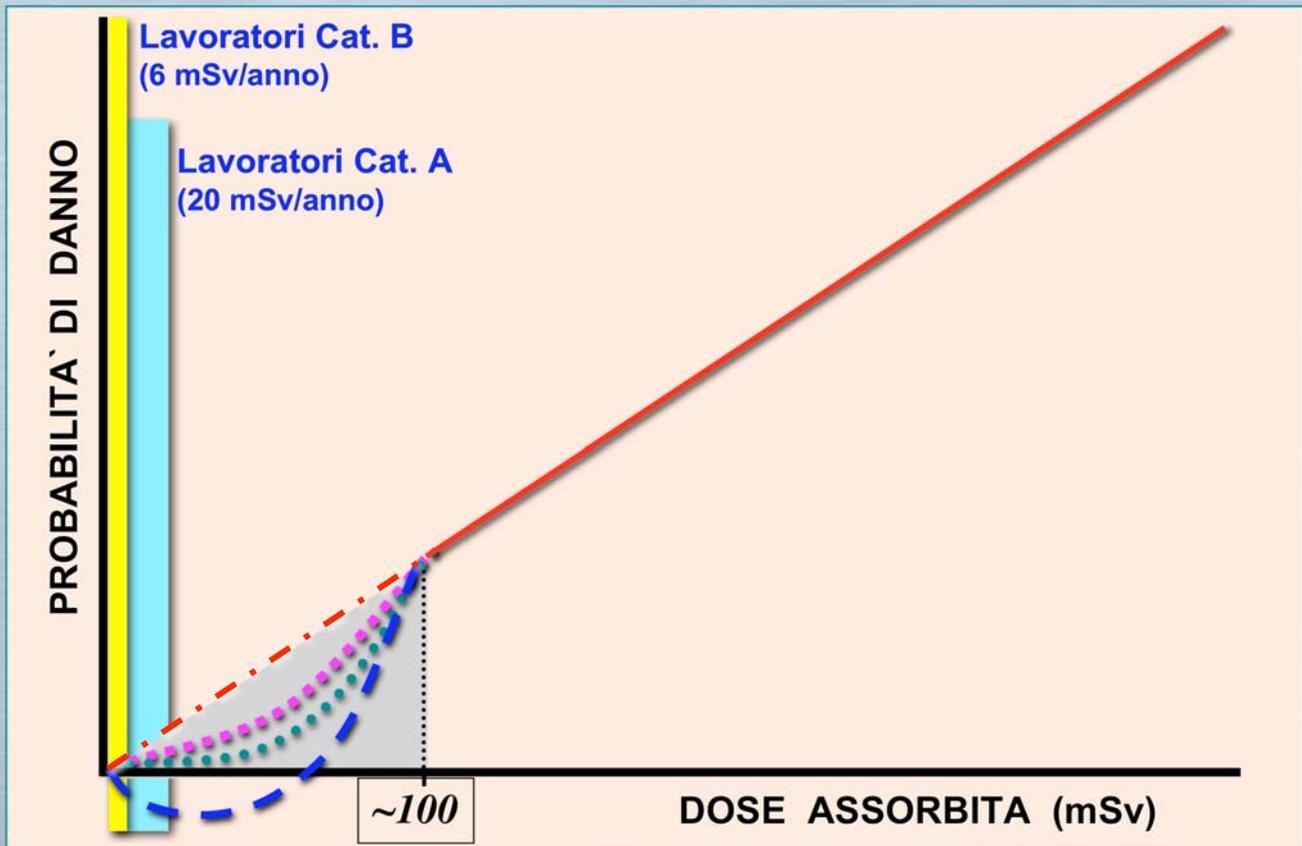
La **probabilità** che si manifesti il danno è direttamente proporzionale all'**entità dell'esposizione** senza un valore soglia.

**MAGGIOR ESPOSIZ. = DANNO + FREQUENTE**

L'**entità** del danno è **indipendente dalla dose assorbita**

la patologia è indistinguibile da quella determinata da cause naturali o altre cause e si manifesta dopo un lungo periodo di latenza (da 2 a 20-30 anni)

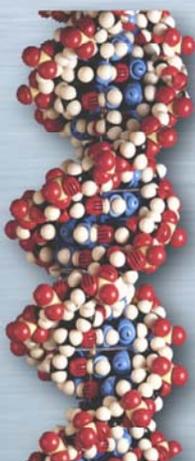
## DANNI PROBABILISTICI - STOCASTICI



Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare 1 - [www.unipd.it/nucmed/](http://www.unipd.it/nucmed/) 11

## DANNI AL DNA DA RADICALI LIBERI

I radicali liberi sono **prodotti di “scarto”** che si formano naturalmente all'interno delle cellule del corpo quando l'ossigeno viene utilizzato nei processi metabolici per produrre energia (ossidazione).



- Radicale Idrossile  $\cdot\text{OH}$
- Superossido  $\text{O}_2\cdot$
- Ossigeno  $\text{O}^+$
- Idrogeno  $\text{H}^+$
- Ossido d'azoto  $\text{NO}$

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare 1 - [www.unipd.it/nucmed/](http://www.unipd.it/nucmed/) 12

## DANNI AL DNA DA RADICALI LIBERI

Dal punto di vista biochimico, i radicali liberi sono **molecole molto instabili** in quanto possiedono un elettrone “spaiato” sull’orbitale esterno. Questo li porta a ricercare un equilibrio appropriandosi dell’elettrone delle altre molecole con le quali vengono a contatto, molecole che diventano instabili e che a loro volta ricercano un elettrone, innescando un meccanismo di instabilità a “catena”

Questa serie di reazioni può essere ridotta o arrestata dalla presenza dei vari agenti antiossidanti

**L’azione lesiva più grave è quella sul DNA cellulare** perchè altera l’informazione genetica e può provocare varie patologie (neoplasie, malattie cardiovascolari, diabete, cataratta, malattie del sistema immunitario, ecc)

## FORMAZIONE DEI RADICALI LIBERI

- Gas inquinanti e sostanze tossiche in genere (monossidi di carbonio prodotto dalla combustione; cadmio, piombo, mercurio idrocarburi derivati dalle attività industriali, ecc.)
- Il fumo di sigaretta e l’eccesso di alcool
- **Le radiazioni ionizzanti** e quelle solari (ozono e raggi UVA e UVB). Le radiazioni solari inducono sulla pelle processi di ossidazione che degradano gli acidi grassi delle membrane cellulari, formando radicali liberi
- Numerosi farmaci
- L’attività fisica intensa causa un incremento notevole delle reazioni che utilizzano l’ossigeno (respirazione polmonare, attività mitocondriale delle cellule muscolari, ecc.) e conseguente surplus di formazione di perossido di idrogeno.

## DIFESA DAI RADICALI LIBERI

- Si stima che nel corpo umano i radicali liberi provochino, **ogni ora, circa 10.000 lesioni** al DNA cellulare, che vengono sistematicamente “riparate” od eliminate dai sistemi di difesa dell’organismo
- I meccanismi di difesa si “autoregolano”, sono cioè in grado di aumentare la loro attività quando aumentano gli insulti lesivi cui l’organismo è sottoposto

## CONCLUSIONI

- Le radiazioni ionizzanti, naturali ed artificiali, **sono uno dei più potenti agenti lesivi che si conoscano**
- Ad alte dosi producono effetti biologici gravissimi e, oltre determinati livelli, letali
- Riducendo le dosi si riducono, fino a scomparire di effetti deterministici
- Riducendo le dosi il rischio di danni stocastici (induzione di neoplasie) si riduce progressivamente ma, ai fini della radioprotezione, si deve presupporre che non si riduca mai a zero
- Dal punto di vista strettamente scientifico non è dimostrato che esposizioni a basse dosi (**< 20 mSv**) aumentino effettivamente tale rischio, o addirittura, lo riducano

## Fa male ?

Tutto questo viene ricordato non per generare una pericolosa familiarità verso l'uso delle radiazioni ionizzanti, che deve essere invece limitato e giustificato, quanto per evitare inutili allarmismi di fronte all'uso delle radiazioni in campo medico da parte di chi invece, giustamente, non teme le radiazioni che riceve in vacanza, alle terme o viaggiando in aereo.

Si può quindi affermare che la medicina nucleare moderna non fa né più né meno male della radiologia tradizionale. Per entrambe l'essenziale è limitarne l'impiego allo stretto indispensabile. Così facendo, viste le basse dosi generalmente utilizzate per le indagini medico-nucleari, il rischio più temuto, quello cioè di indurre una neoplasia, è sicuramente estremamente basso.

Unica vera controindicazione è la gravidanza, perchè non è possibile escludere potenziali danni all'embrione o al feto: l'esecuzione di una scintigrafia in una gravida deve essere attentamente valutata ed effettuata solo se l'indagine risulta indispensabile, improrogabile e insostituibile con altre che non facciano uso di radiazioni ionizzanti.

## DOSE EFF. (mSv) di alcune procedure

<b>Rx Torace</b>	<b>0.02</b>	<b>Scint. polmoni</b>	<b>1</b>
<b>Rx Colonna</b>	<b>1.3</b>	<b>Scint. renale</b>	<b>1</b>
<b>IVU</b>	<b>2.5</b>	<b>Scint. tiroide</b>	<b>1</b>
<b>Pasto baritato</b>	<b>3</b>	<b>Scint. ossea WB</b>	<b>4</b>
<b>Clisma opaco</b>	<b>7</b>	<b>SPET miocardio</b>	<b>5</b>
<b>CT testa</b>	<b>2.5</b>	<b>SPET cerebrale</b>	<b>7</b>
<b>CT torace</b>	<b>8</b>	<b>Scint Gallio WB</b>	<b>18</b>
<b>CT addome</b>	<b>10</b>	<b>PET</b>	<b>7</b>
<b>CT WB</b>	<b>20-30</b>	<b>PET/CT - WB</b>	<b>15-25</b>

## PET-CT: ESPOSIZIONE DEL PAZIENTE

	mSv
Dose efficace PET ( <i>corr. attenuazione con <math>^{68}\text{Ge}</math></i> )	6.65
Dose efficace CT-WB <b>LQ</b> mode ( <i>10 mA, pitch=6</i> )	0.75
Dose efficace CT-WB <b>MQ</b> mode ( <i>80 mA, pitch=3</i> )	19-22
Dose efficace CT-WB <b>HQ</b> mode ( <i>&gt;100 mA + contrasto</i> )	20-30