

# **Corso di laurea in infermieristica**

## **EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI SULL’UOMO**

**Dott.ssa Caterina Capomolla  
U.O.C. di FISICA SANITARIA  
PRESIDIO OSPEDALIERO “VITO FAZZI”**

## Effetti delle radiazioni ionizzanti sull'uomo

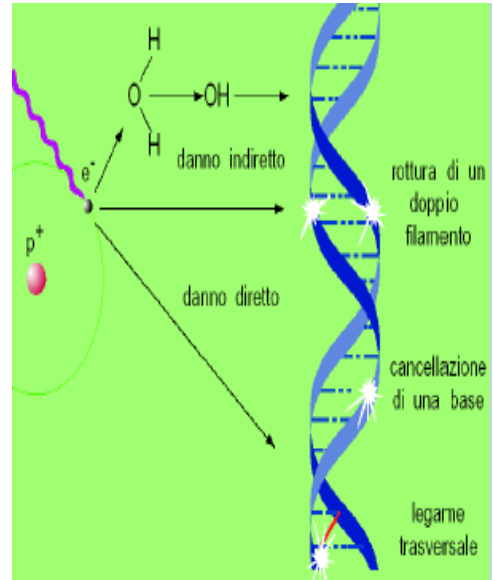
Quando la radiazione ionizzante attraversa la materia biologica e non, crea atomi ionizzati ed elettroni veloci. Questi elettroni a loro volta produrranno ancora ionizzazione finché non avranno speso tutta la loro energia. Gli effetti biologici dipendono dalla quantità di energia depositata dalla radiazione per unità di massa nel tessuto.

Il passaggio di radiazioni ionizzanti in una cellula vivente può dare origine a una complessa catena di eventi poiché nella cellula stessa sono presenti molecole molto diverse (l'acqua, il DNA ecc.).

La ionizzazione provoca la formazione di nuove entità chimiche, a volte molto reattive, come nel caso dei radicali liberi derivanti dalla ionizzazione dell'acqua; in questi casi possono avvenire reazioni chimiche capaci di modificare il contenuto della cellula stessa e quindi in grado di produrre un effetto biologico dipendente dalla natura del danno, dai componenti cellulari danneggiati e dalla specifica funzione della cellula interessata. La cellula umana contiene 46

cromosomi, che possono essere schematizzati come catene di geni: le caratteristiche che di ciascun individuo sono determinate da questi geni e dalla loro disposizione. Ogni cambiamento della struttura di un gene, cioè ogni mutazione, si trasmette alle cellule figlie, che hanno origine dalla cellula mutata.

Dopo un grande numero di repliche di cellule mutate può comparire un effetto macroscopico nell'organismo. Se la mutazione interessa le cellule germinali dell'individuo, è possibile che da una di queste cellule abbia origine un embrione; in questo caso la mutazione avrà un effetto genetico, potendo comparire nell'individuo figlio e/o nei figli che da questo saranno generati.



Quadro sinottico degli effetti biologici delle radiazioni ionizzanti

SCALA DI TEMPO	EFFETTI BIOLOGICI	MECCANISMI DI DIFESA
	ESPOSIZIONE assorbimento di energia	
10 <sup>-6</sup> sec.	IONIZZAZIONE - ECCITAZIONE effetto diretto / effetto indiretto (radicali H <sub>2</sub> O)	
10 <sup>-5</sup> sec.	MOLECOLE TRANSITORIAMENTE ALTERATE (radicali liberi)	riparazione chimica
secondi	amplificazione metabolica	
ore	MUTAZIONI / LESIONI BIOCHIMICHE	riparazione enzimatica
giorni	EFFETTI TARDIVI / LESIONI CELLULARI / MORTE CELLULARE	
anni	MALATTIE EREDITARIE / LEUCEMIE / CANCRO / MORTE ORGANISMO	selezione cellulare

**Legge di Bergonie e Tribondeau:** " Stabilisce che la radiosensibilità delle cellule è direttamente proporzionale alla loro attività riproduttiva e inversamente proporzionale al loro grado di differenziazione • Le cellule staminali (alta capacità proliferativa) sono quelle più radiosensibili • Più una cellula è matura più è radio resistente • Più un tessuto o un organo sono giovani più sono radiosensibili

• La radiosensibilità è tanto maggiore quanto maggiore è l'attività metabolica

- Quanto maggiore è la velocità di proliferazione cellulare e di crescita dei tessuti, tanto maggiore è la radiosensibilità

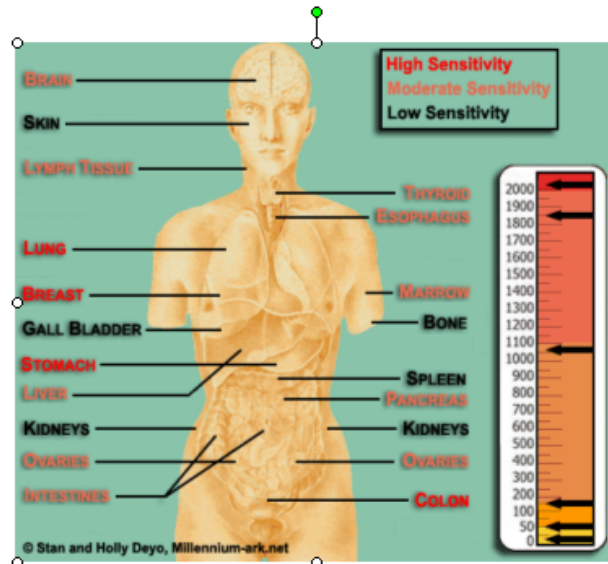
## Organi radiosensibili

### radiosensibili

Cellule basali della pelle  
Tessuto emopoietico  
Epitelio intestinale

### radioresistenti

Cervello  
Fegato  
Reni  
Muscoli  
Ossa  
Cartilagini



## Gli effetti delle radiazioni sull'organismo

Gli effetti delle radiazioni ionizzanti sull'organismo possono essere di due tipi: somatici e genetici. Gli effetti somatici si riferiscono ai danni che si osservano nell'individuo esposto e si esauriscono con lui; gli effetti genetici sono riferiti alle conseguenze dei danni prodotti sulle cellule germinali e trasmessi ai discendenti; tali conseguenze si manifestano solo nelle generazioni future. Gli effetti biologici, inoltre, possono essere suddivisi in "deterministici" e "stocastici"

- Effetti deterministici

- Effetti stocastici

- Effetti somatici

- Effetti genetici

### Effetti deterministici

- sono effetti a **soglia**, al di sotto della quale non si verifica il danno
- la gravità varia con la **dose**, maggiore è la dose maggiore è il danno
- Il periodo di **latenza** è solitamente **breve**, quindi gli effetti sono riscontrabili poco tempo dopo l'irraggiamento (minuti, ore, settimane)



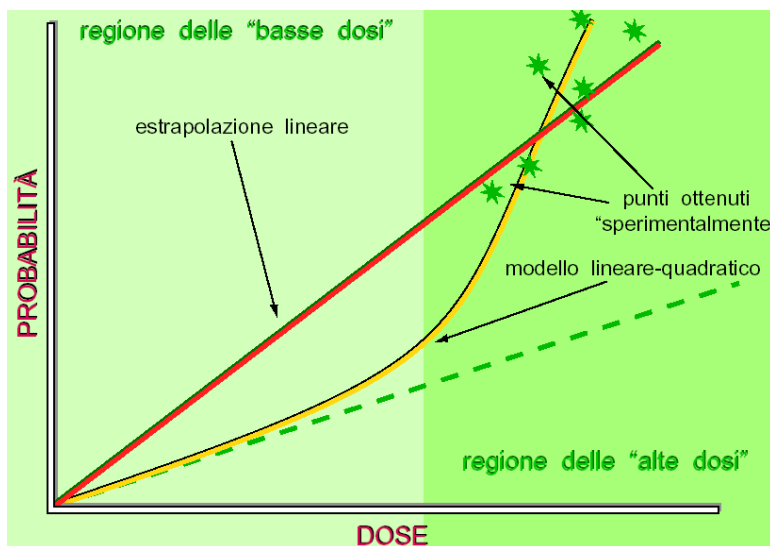
L'esposizione dal 9° al 60° giorno determina una mortalità di grado inferiore e un notevolissimo aumento delle malformazioni anche per dosi relativamente basse. Nel periodo fetale si riduce gradualmente il rischio di malformazioni e la radiosensibilità si avvicina a valori simili a quelli dei bambini. Da qui la raccomandazione per tutte le donne in età feconda di sottoporsi ad esami radiologici esclusivamente nei primi 10 giorni del ciclo (art. 111, comma 2, lett. C), D.Lgs. n.241/2000)

### Effetti stocastici (su probabilità statistica)

L'esposizione a "basse dosi" di radiazioni ionizzanti non determina la comparsa di danni immediati, bensì aumenta le probabilità statistiche di comparsa di danni a distanza. Queste malattie non presentano diversità rispetto a quelle dovute a cause "naturali" e quindi la loro discriminazione è estremamente difficoltosa; i dati finora ottenuti si basano sull'aumento dell'incidenza delle suddette malattie.

Le caratteristiche principali degli effetti stocastici sono:

- **Non** richiedono il superamento di una **dose-soglia**.
- Riguardano solo **una piccola frazione degli esposti** con frequenza di comparsa proporzionale alla dose.



- La gravità **non dipende dalla dose** in quanto sono del tipo **tutto o nulla**.

Gli effetti **somatici stocastici** sono quelli più importanti dal punto di vista radio-protezionistico in quanto, almeno in via teorica si possono verificare anche per livelli di dose molto bassi; viceversa gli effetti deterministici si verificano solo per valori di dose elevati e sono quindi da escludere in attività ospedaliere comportanti l'impiego di radiazioni ionizzanti. Gli effetti somatici stocastici sono rappresentati da lesioni neoplastiche, quali le leucemie e altre forme tumorali solide (cancro del

polmone, tumore della mammella, carcinoma della tiroide, tumori dello scheletro, etc.). Tali effetti hanno tempi di latenza piuttosto lunghi: il tempo di latenza minimo varia da tre anni per le leucemie e i tumori ossei a dieci anni per gli altri tumori solidi.

EFFETTI DETERMINISTICI SULLA PELLE PER ESPOSIZIONE ACUTA A RAGGI X			
EFFETTO	Dose soglia Gy	Tempo di insorgenza	Tempo di picco
-Eritema precoce transitorio	2	Ore	ca. 24 ore
-Eritema importante	6	10 giorni	ca. 2 sett.
-Epilazione temporanea	3	ca. 3 sett.	
-Epilazione permanente	7	ca. 3 sett.	
-Desquamazione secca	10	ca. 4 sett.	ca. 5 sett.
-Desquamazione umida	15	ca. 4 sett.	ca. 5 sett.
-Necrosi cutanea	18	> 10 sett.	
-Necrosi cutanea tardiva	15	> 1 anno	
-Atrofia del derma (2 <sup>a</sup> fase)	10	> 1 anno	

*Effetti genetici*: si è visto che le radiazioni ionizzanti provocano il danno maggiore a carico del DNA; è quindi comprensibile che anche basse dosi di radiazioni possano creare dei danni genetici che si evidenzieranno nella prole in prima o successive generazioni. L'incidenza naturale di malformazioni (gravi, lievi, lievissime) è calcolata in 105.000 casi per milione di nati vivi. Studi su animali valutano in 1 Gy la dose di raddoppio: ovvero se 1 milione di individui ricevessero 1Gy, si avrebbe il raddoppio delle malformazioni. Estrapolando si calcola che 10 mGy provochino 185 nuovi casi per milione, pari ad un incremento dello 0.17% dei casi naturali.

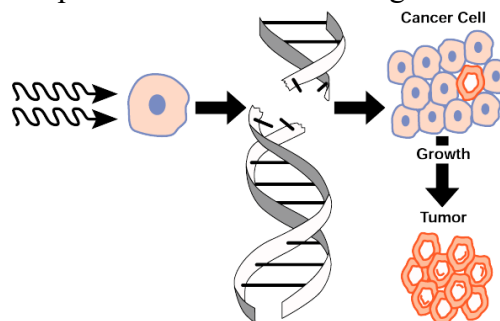


Figure 1. Development of cancer from mutation produced by ionizing radiation.

In conclusione si è visto che le radiazioni ionizzanti determinano effetti dannosi sugli organismi viventi. Tali effetti si dividono in "ereditari" o **genetici** (sulla generazione) e in "**somatici**" (sull'individuo esposto).

A loro volta questi ultimi si dividono in:

- **deterministici**, che si manifestano per dosi relativamente elevate e su tutti gli individui esposti e in cui esiste una correlazione dose/effetto con un valore di soglia al di sotto del quale non si manifestano;
- **stocastici** (con probabilità statistica), che si manifestano per dosi basse – ben al di sotto delle soglie di insorgenza degli effetti deterministici - e solo su alcuni individui esposti; per tali effetti non vi è un'apparente dose soglia, l'entità del danno è indipendente dalla dose ricevuta e le caratteristiche del danno sono identiche alle malattie di origine "naturale".