

EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI E SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI

**Corso di Radioprotezione
INFN – Sede di Pavia
27 novembre 2020**

**Dott. Giuseppe Taino
Medico Autorizzato
IRCCS Istituti Clinici Scientifici Maugeri - Pavia**

Le radiazioni ionizzanti e la materia vivente

Lo studio degli effetti delle radiazioni ionizzanti (RI) sulla materia vivente è compito della radiobiologia. Per comprendere l'interazione fra RI e materia biologica sono necessarie conoscenze e metodologie proprie di alcune discipline fondamentali: fisica, chimica e biologia.

La radiobiologia è, di conseguenza, una branca delle scienze biologiche che assume caratteristiche interdisciplinari.

Effetti dell'esposizione a radiazioni ionizzanti

Nell'esposizione a RI si possono identificare due tipi di effetti:

DETERMINISTICI – reazioni tissutali (dose-dipendenti)

- **Si manifestano solo se viene superato un determinato valore di dose assorbita.**
- **Colpiscono tutti gli individui esposti a dosi superiori a quella soglia, salvo modeste differenze di suscettibilità individuale.**
- **La gravità delle manifestazioni cliniche è proporzionale alla dose assorbita: relazione dose-effetto (all'aumentare della dose assorbita aumenta la gravità degli effetti)**
- **Compaiono dopo un periodo di latenza che è inversamente proporzionale alla dose assorbita e dipendono dal tipo di irradiazione (globale o parziale)**

Effetti dell'esposizione a radiazioni ionizzanti

Nell'esposizione a RI si possono identificare due tipi di effetti:

STOCASTICI (dose-indipendenti)

- **Per manifestarsi non richiedono il superamento di un valore soglia di dose assorbita.**
- **Sono rappresentati da leucemie e tumori solidi.**
- **Sono a carattere probabilistico**
- **La probabilità di eventi dannosi sull'individuo irradiato o la frequenza di eventi dannosi sulla popolazione esposta sono rispettivamente direttamente proporzionali alla dose individuale assorbita e alla dose media ricevuta pro-capite. Sono caratterizzati da una relazione del tipo dose-risposta (all'aumentare della dose assorbita aumenta il numero dei soggetti della popolazione irradiata in cui compare l'effetto)**

Effetti dell'esposizione a radiazioni ionizzanti

Nell'esposizione a RI si possono identificare due tipi di effetti:

STOCASTICI (dose-indipendenti)

- **La gravità degli effetti non è proporzionale alla dose in quanto sono manifestazioni del tipo sì/no (tutto o niente)**
- **Il periodo di latenza è del tutto indipendente dalla dose**
- **Esiste una mancanza di azione sinergica nell'esposizione di varie parti o organi dell'organismo irradiato. La reazione alla radiazione di una parte del corpo non è influenzata in modo determinante dall'irradiazione di altre parti del corpo. Pertanto il rischio di comparsa di effetti stocastici tardivi, conseguente all'irradiazione di tutto il corpo, è la somma dei rischi dovuti all'irradiazione dei singoli organi e tessuti costitutivi.**

Effetti dell'esposizione a radiazioni ionizzanti

Nell'esposizione a RI si possono identificare due tipi di effetti:

STOCASTICI (dose-indipendenti)

- Sono caratterizzati dalla irrilevanza della distribuzione temporale della dose assorbita. Una certa dose comporta una determinata probabilità di comparsa dell'effetto, sia che venga somministrata in una sola volta, sia che venga suddivisa in più volte. Occorre ricordare che in merito a questa caratteristica esiste ancora necessità di conferme.

Effetti dell'esposizione a radiazioni ionizzanti

Nell'esposizione a RI si possono identificare due tipi di effetti:

STOCASTICI (dose-indipendenti)

- **Sono caratterizzati dalla irrilevanza della distribuzione spaziale a livello macroscopico della dose somministrata. Per dosi locali di alcuni gray, il rischio (probabilità) di effetti tardivi è correlato alla dose media all'organo e non alla distribuzione della dose ricevuta zona per zona nell'organo sensibile.**

fattori ponderazione, w_T , - ICRP60 e ICRP103

Organo o tessuto	Fatt. pond. w_T ICRP60	Fatt. pond. w_T NEW
Gonadi	0,20	0,08
Midollo osseo emopoiet.	0,12	0,12
Colon	0,12	0,12
Polmone, vie toraciche	0,12	0,12
Stomaco	0,12	0,12
Vescica	0,05	0,04
Mammella (uomo/donna)	0,05	0,12
Fegato	0,05	0,04
Esofago	0,05	0,04
Tiroide	0,05	0,04
Pelle	0,01	0,01
Superficie ossea	0,01	0,01
Cervello	org.riman.	0,01
Rene	org.riman.	0,01
Ghiandole salivari	org.riman.	0,01
Organi e tessuti rimanenti	0,05	0,12
TOTALE COMPLESSIVO	1,00	1,00

Gli effetti dell'esposizione a RI sono anche classificabili sulla base della generazione dove si manifestano:

EFFETTI SOMATICI

Sono gli effetti che interessano i soli individui irradiati e quindi le loro manifestazioni si limitano alla generazione colpita. Possono essere stocastici e non stocastici.

EFFETTI GENETICI

Sono gli effetti che si manifestano nella progenie e sono solo stocastici. Sono rappresentati dalle aberrazioni cromosomiche e dalle mutazioni genetiche.

EFFETTI TERATOGENI

Si manifestano sul prodotto del concepimento degli individui irradiati e possono essere non stocastici e stocastici in relazione al momento della gravidanza in cui è avvenuta l'irradiazione.

Effetti delle RI a livello cellulare

Poiché la cellula è assimilabile ad una soluzione acquosa, gli effetti che si producono sono conseguenti a:

- **azione diretta sulle molecole del soluto;**
- **azione indiretta conseguente all'interazione dei prodotti derivati dalla radiolisi dell'acqua con le molecole del soluto. I radicali liberi (complessi ad alta reattività) che si formano hanno vita breve (10^{-5} secondi) e per lo squilibrio elettrolitico nella loro struttura sono causa di lesioni a carico delle membrane cellulari (rilascio enzimi, alterazioni della permeabilità) e degli “organuli” citoplasmatici (mitocondri, ribosomi). I radicali liberi interagiscono con le molecole della cellula finchè non riacquistano una configurazione elettronica stabile.**

Effetti delle RI a livello cellulare

Le lesioni cellulari da RI sono distribuite casualmente all'interno della cellula, quelle biologicamente importanti sono localizzate principalmente nel nucleo dove possono essere colpite molecole indispensabili per la sopravvivenza (acidi nucleici).



Lesioni che interferiscono con il processo di replicazione e di traduzione del DNA

Effetti delle RI a livello cellulare

I danni da RI al DNA possono riguardare:

Desossiriboso e/o acido fosforico



**Interruzione del filamento di
DNA (semplice o doppia)**

Basi (A, T, G, C)



- 1. alterazioni con o senza rottura dei legami idrogeno**
- 2. distacco della base alterata**
- 3. legami anomali tra basi adiacenti e/o contrapposte**

Effetti delle RI a livello cellulare

Tutte le cellule possiedono meccanismi enzimatici di riparazione del DNA. Questi meccanismi possono essere diversi nella cellula a riposo e in quella in mitosi.

Cellula a riposo:

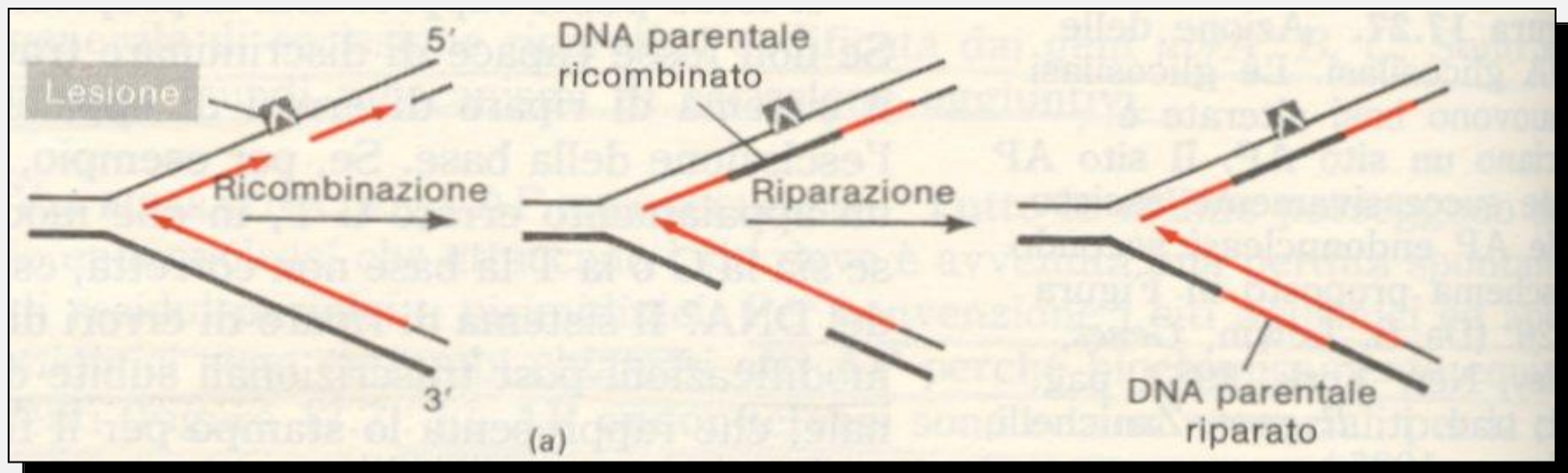
- riparazione diretta di legami anomali tra basi adiacenti (fotoattivazione)**
- rimozione e sostituzione diretta di una base danneggiata**
- rimozione di un intero tratto della catena di DNA danneggiata e sua sostituzione attraverso l'intervento sequenziale di enzimi.**

Effetti delle RI a livello cellulare

Tutte le cellule possiedono meccanismi enzimatici di riparazione del DNA. Questi meccanismi possono essere diversi nella cellula a riposo e in quella in mitosi.

Cellula in mitosi:

- riparazione per ricombinazione: il tratto di DNA danneggiato viene “saltato” durante la duplicazione; l'interruzione della catena figlia viene riparata utilizzando il corrispondente tratto di DNA non danneggiato dell'altra catena figlia.



Effetti delle RI a livello cellulare

Tutte le cellule possiedono meccanismi enzimatici di riparazione del DNA. Questi meccanismi possono essere diversi nella cellula a riposo e in quella in mitosi.

Cellula in mitosi:

- **Riparazione SOS**: interviene quando le lesioni sono numerose. Vengono attivate procedure biochimiche atte a far procedere la replicazione nella zona lesionata anche in assenza di un valido modello sulla catena parentale. In questo modo è possibile che vengano inserite delle basi sbagliate (*mutazioni*)

Effetti delle RI a livello cellulare

Tutte le cellule possiedono meccanismi enzimatici di riparazione del DNA. Questi meccanismi possono essere diversi nella cellula a riposo e in quella in mitosi.

In conclusione si potranno avere:

- **Lesioni cromosomiche uniche**
- **Lesioni cromosomiche strutturali (nel caso di danno prodotto prima della replicazione del DNA)**
- **Lesioni cromatidiche (nei casi di danno da RI prodotto dopo la replicazione su uno soltanto dei due cromatidi)**

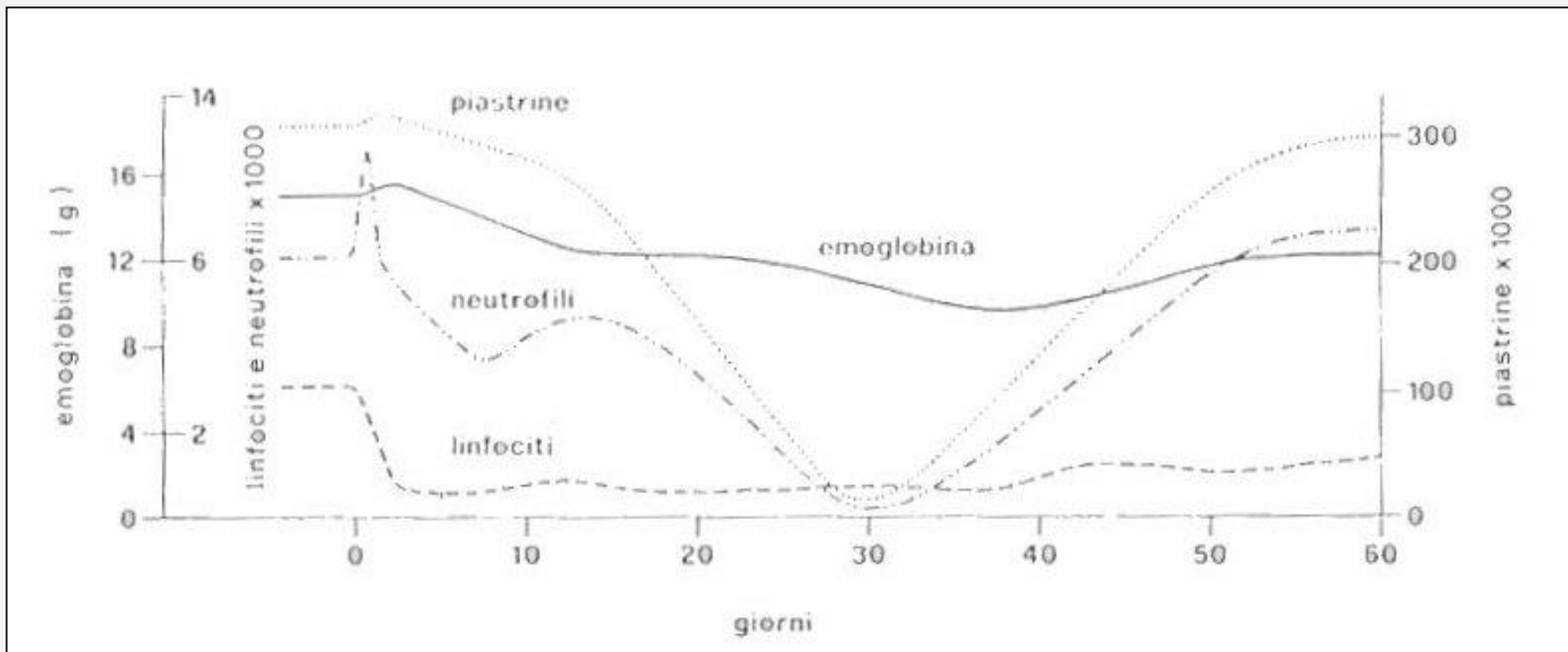
Effetti delle RI a livello cellulare

- **Le cellule non proliferanti possono mantenere allo stato latente anche per lungo tempo le aberrazioni cromosomiche (linfociti). Su questa proprietà è formulato un metodo di dosimetria biologica.**
- **Mutazioni: sono qualitativamente le stesse che avvengono spontaneamente; le RI aumentano il carico delle mutazioni nell'uomo.**
- **Trasformazione: presentazione nella cellula di caratteristiche simili a quelle tumorali (la trasformazione neoplastica è comunque la conseguenza di una complessa sequenza di eventi).**

Effetti delle RI a livello degli organi/tessuti

Organo emopoietico:

- **serie linfatica:** si verifica una precoce caduta del tasso linfocitario il cui grado e andamento temporale rappresentano un indice di gravità. Da un punto di vista pratico se nei primi 4 gg il livello dei linfociti si mantiene vicino a 100 per mmc si tratta di un caso di scarsa gravità e viceversa negli altri casi
- **serie granulocitaria:** spesso si ha un picco di granulocitosi già evidente nelle prime ore; l'entità e la durata sono correlati alla gravità dell'irradiazione. Si ha poi una caduta dopo 4 o 5gg che può raggiungere anche il 4% del normale. Il valore minimo si raggiunge intorno al 30° gg nei casi a prognosi favorevole e intorno al 10° per quelli con prognosi sfavorevole
- **serie piastrinica**
- **serie eritrocitaria**

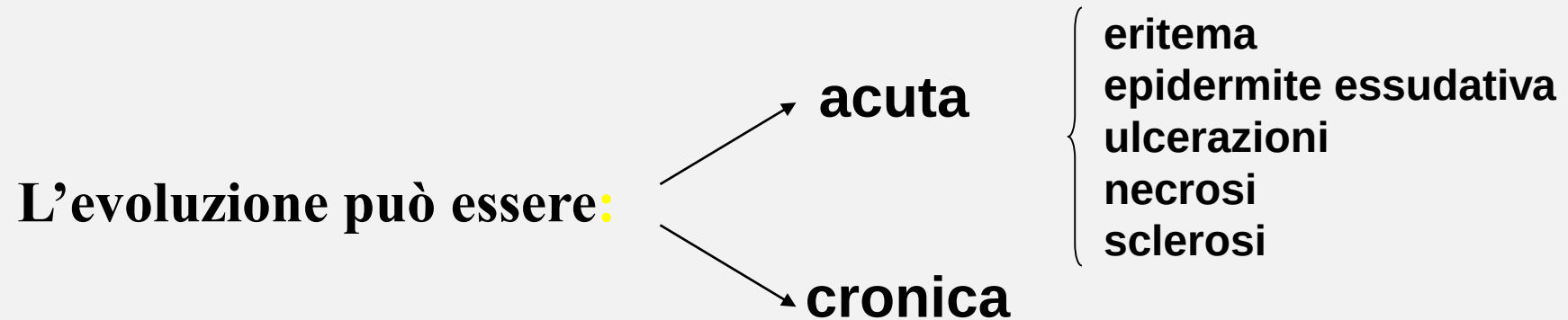


Quadro paradigmatico della forma ematologica grave della sindrome acuta da irradiazione.

Effetti delle RI a livello degli organi/tessuti

Organo cutaneo:

RI → Blocco mitotico delle cellule basali → Atrofia cutanea e caduta dei peli



La latenza può variare da ore a settimane

I casi cronici non sempre sono di facile diagnosi

L'evoluzione neoplastica non è eccezionale

Effetti delle RI a livello degli organi/tessuti

Endotelio intestinale:

RI



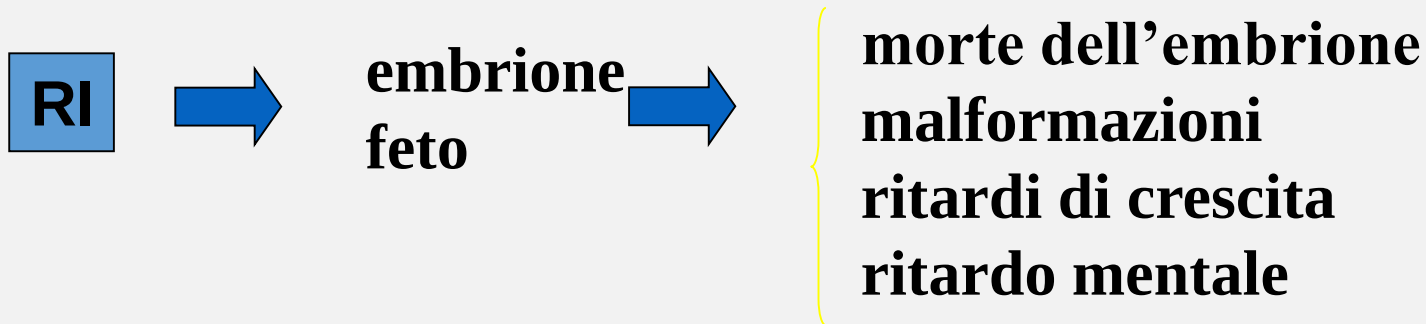
Blocco mitotico delle cellule basali delle cripte intervillari



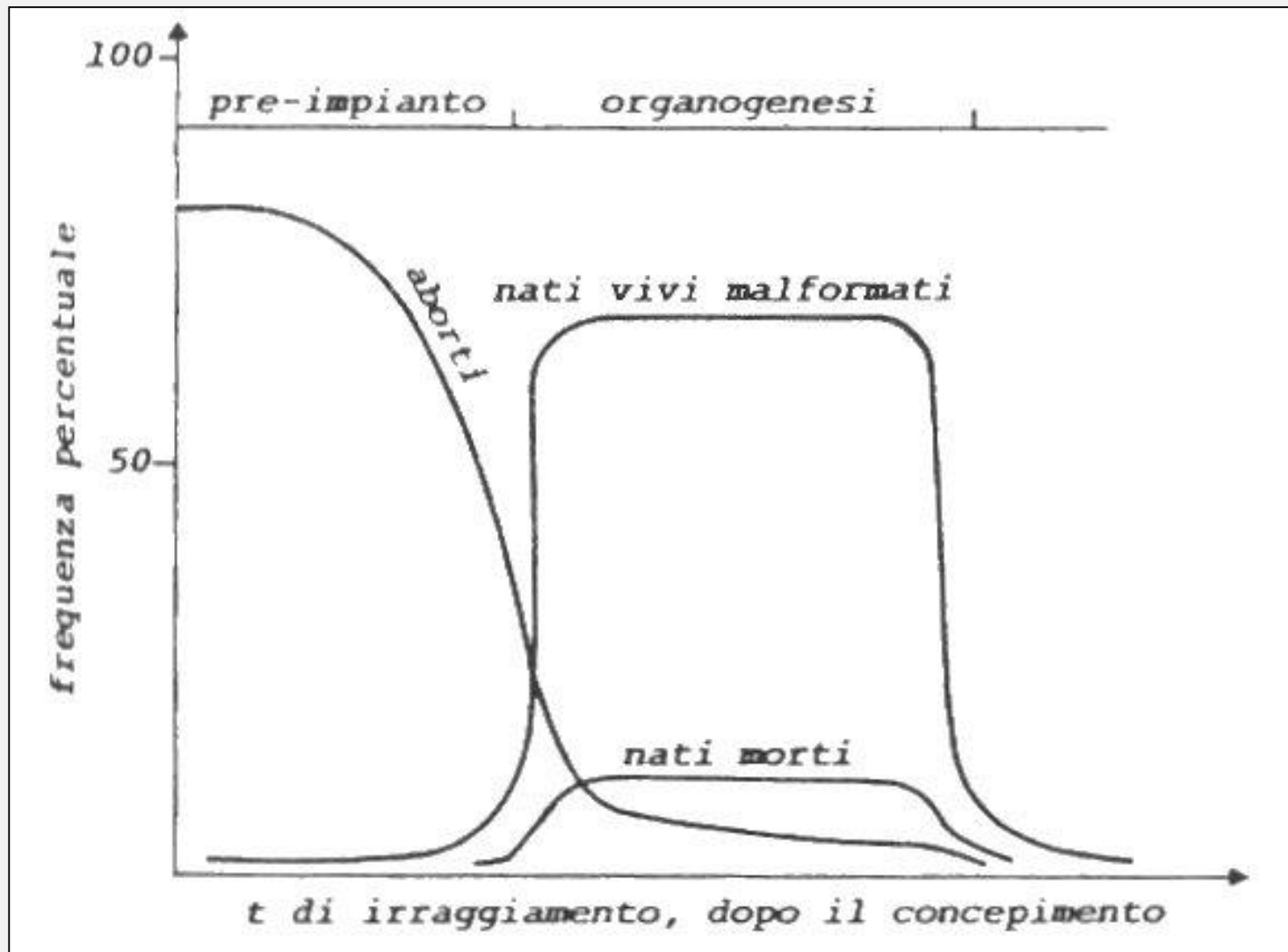
**atrofia della mucosa
turbe dell'assorbimento**

Effetti delle RI a livello degli organi/tessuti

Gonadi:



Non sembrano esservi anomalie nella discendenza e nella fertilità dei discendenti dei bambini irradiati in utero



Andamento schematico della frequenza percentuale di danni somatici all'embrione di topo a seguito di grave irradiazione (2 Gy) che avvenga a vari tempi dopo la fecondazione. Gli aborti prevalgono se l'irradiazione precede l'organogenesi, le malformazioni prevalgono se l'irradiazione avviene durante l'organogenesi.

Effetti delle RI a livello degli organi/tessuti

Organo visivo:

Cataratta da raggi: opacità centrale posteriore endocapsulare.

Tessuto osseo:

Particolarmente sensibili



**zone di accrescimento
(cartilagini di coniugazione)**

Poco sensibili



il tessuto dell'adulto

Il pericolo maggiore è la radioinduzione neoplastica

Effetti delle RI a livello degli organi/tessuti

Apparato respiratorio:

Generalmente poco sensibile

Nelle gravi esposizioni si ha polmonite interstiziale e fibrosi progressi

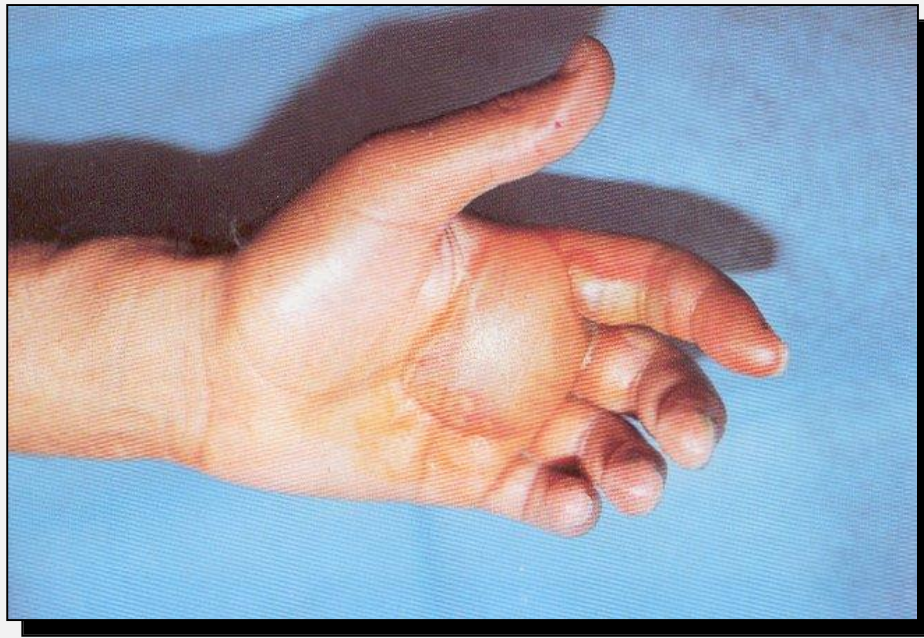
Apparato renale:

Molto radiosensibile ma molto protetto

In genere è scarsamente interessato a meno che non si tratti di pazienti sottoposti per altri motivi a terapia radiante.



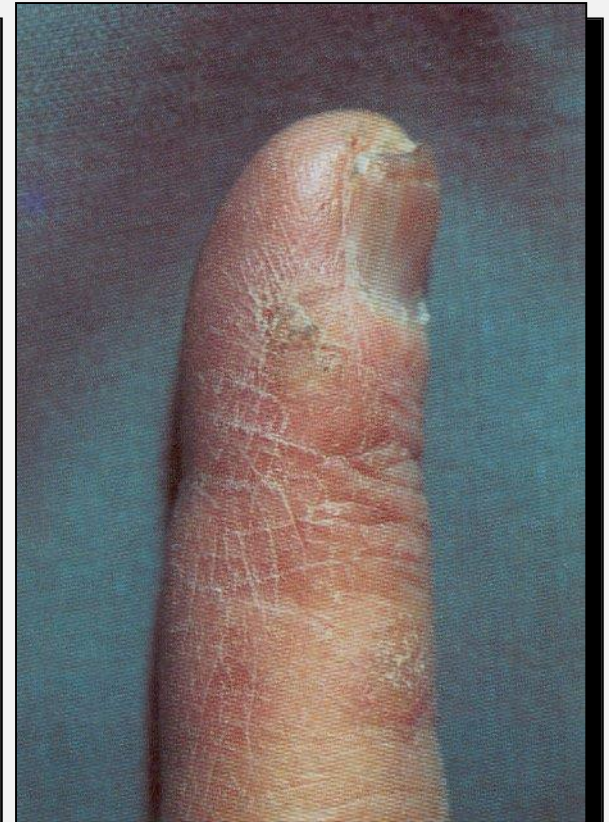
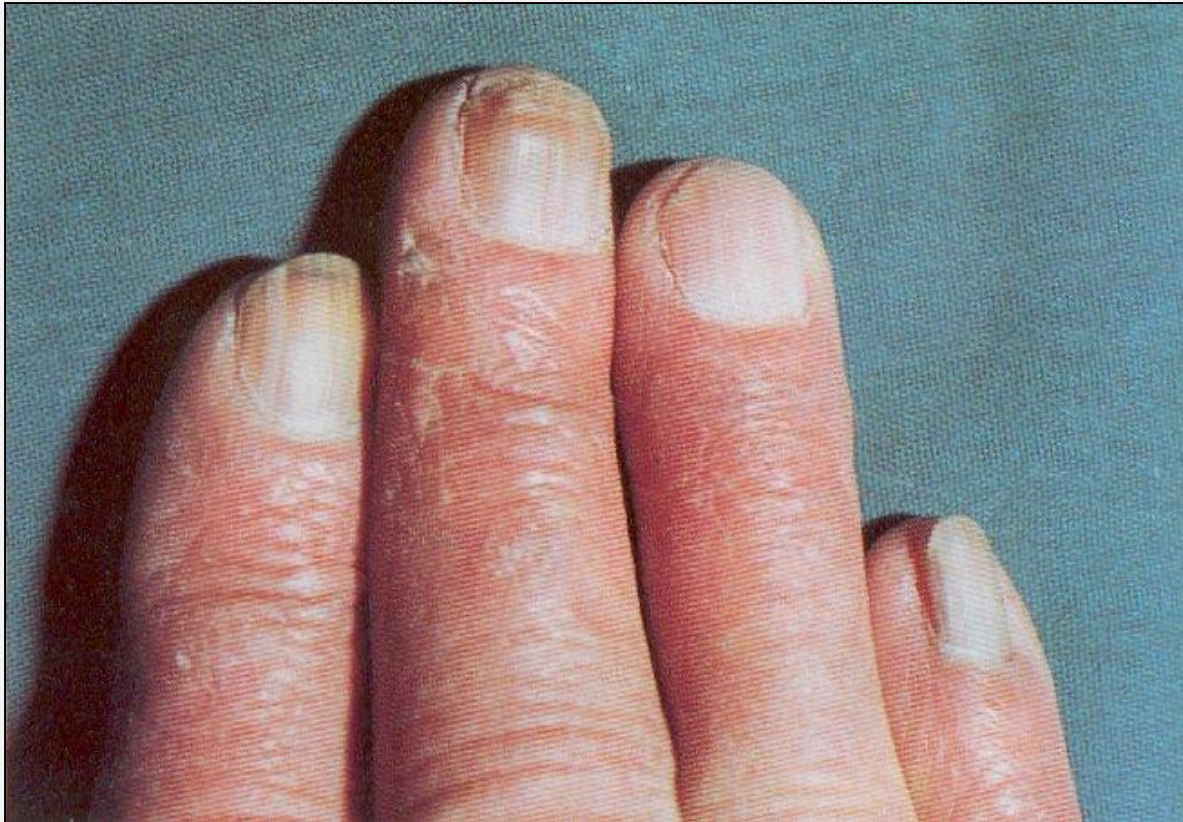
Eritema iniziale e eritema tardivo (dopo 4 settimane) della coscia nello stesso soggetto, che aveva raccolto e tenuto in tasca una sorgente di iridio 192 da 14 Ci per gammagrafia industriale.



Flittena da
radioepidermite
essudativa: si noti il
carattere **translucido**
dovuto al tipo di sierosità.



Radioepidermite
essudativa del 3° e 4° dito
al 21° giorno da
irradiazione accidentale
per errata manipolazione
di una sorgente di cobalto
60 (dose locale da 40 a 60
Gy)



Aspetti clinici di radiodermite cronica professionale

Sindromi da irradiazione esterna globale acuta nell'uomo

Sindrome ematologica

0,25 Gy

Sopravvivenza virtualmente certa

1 Gy

Soglia della sindrome ematologica (ospedalizzazione)

2 Gy

Sopravvivenza probabile

5 Gy

Sopravvivenza possibile

6 Gy

Sopravviv. virtualmente imposs.

Sindrome gastrointestinale

10 Gy

Sindrome neurologica

2,5 Gy

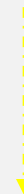
$DL_{50/60}$

5 Gy

6 Gy

DL_{100}

7 Gy



UN NUOVO ASPETTO RADIOPROTEZIONISTICO: L'EFFETTO BYSTANDER

Una crescente evidenza sperimentale testimonia che le radiazioni ionizzanti, a livello di una popolazione cellulare, sono in grado di indurre effetti biologici rilevanti, comprese alterazioni cromosomiche e mutazioni geniche, anche a livello della frazione di cellule non direttamente attraversata dall'energia radiante.

Tale fenomeno è conosciuto come *effetto bystander* .

Caratteristiche dell'effetto *bystander*

- 1. E' stato descritto in relazione a radiazioni di differente qualità (α , γ , β , X, ioni pesanti)**
- 2. È mediato dalla liberazione di fattori solubili che le cellule irradiate rilasciano nell'ambiente extracellulare e/o dal passaggio di mediatori attraverso *gap junction*.**
- 3. Si manifesta a dosi molto basse (mGy)**
- 4. Le curve dose-risposta non sono lineari (forte crescita iniziale seguita da un plateau)**
- 5. Dipende da:**
 - ✓ Dose e qualità della radiazione**
 - ✓ Tipo di cellula e fase del ciclo cellulare**
 - ✓ Condizioni di coltura (grado di contatto tra cellule, costituzione del mezzo, ecc)**

Sintesi dei principali studi condotti in vitro in relazione all'effetto bystander

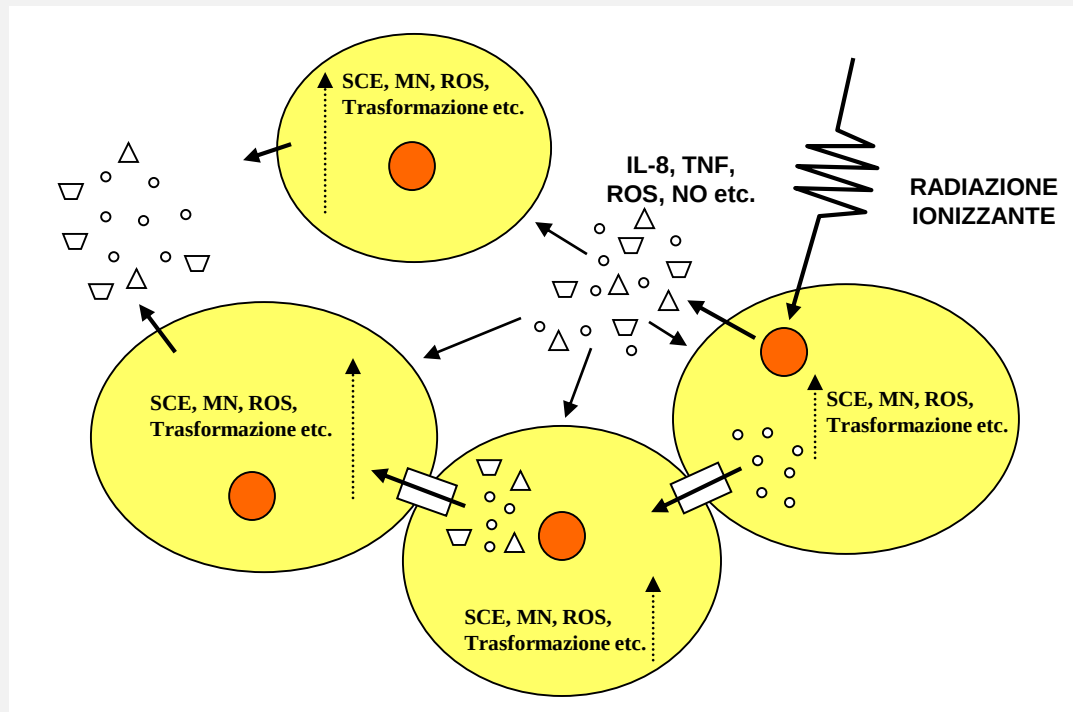
Tipo cellulare	Esposizione	Effetti osservati	Note	Riferimento
Cellule CHO	Radiazione α (0,3-2,5 mGy)	Aumento della frequenza di SCE nella popolazione cellulare irradiata superiore all'atteso	1% di cellule in coltura mediamente attraversate da particelle α e 35-40% della popolazione cellulare con aumento frequenza SCE	Nagasawa e Little, 1992
Fibroblasti	Radiazione α (4-190 mGy)	Aumento della produzione ROS in fibroblasti non irradiati condizionati dal mezzo delle cellule irradiate	Aumento dell'espressione del gene per IL-8 nelle cellule irradiate e di IL-8 extracellulare	Narayanan et al., 1997
Cheratinociti umani normali	Radiazione γ (0,5- 7 Gy)	Riduzione della sopravvivenza di cheratinociti non irradiati dopo trasferimento del mezzo di coltura delle cellule irradiate	Irraggiamento del solo mezzo privo di effetti, nessuna relazione dose-risposta, effetto bystander fino 0.5 Gy	Mothersill e Seymour, 1997; Seymour e Mothersill, 2000
Fibroblasti umani normali	Radiazione α (6,6-750 mGy)	Aumento dell'espressione dei geni p21 e p 53 significativamente superiore all'atteso	Riduzione dell'effetto in seguito a pretrattamento con lindano: ruolo delle gap junction nell'amplificazione dell'effetto	Azzam et al., 1998
Cellule V79 di hamster cinese	Radiazione β (3 MeV) da timidina triziata	In colture miste di cellule marcate e non marcate riduzione della sopravvivenza maggiore di quanto atteso sulla base dell'assunto che le sole cellule radiomarcate siano interessate dall'effetto	Riduzione dell'effetto in seguito a pretrattamento con lindano: (inibitore delle gap junction) e DMSO (scavenger di ROS)	Bishayee et al., 1999
Fibroblasti umani	Ioni Carbonio	Aumento della frequenze di cellule micronucleate superiore all'atteso	Effetto parzialmente inibito da pretrattamento con DMSO e completamente inibito da pretrattamento con lindano	Shao et al.,2003

Conseguenze dell'effetto *bystander*

1. ↓ della sopravvivenza /efficienza clonale
2. ↑ della trasformazione cellulare neoplastica
3. Induzione dell'apoptosi
4. ↑ della produzione intracellulare di ROS (Reactive Oxygen Species)
5. ↑ dello scambio di cromatidi fratelli (SCE= Sister Chromatid Exchange)
6. ↑ della frequenza di micronuclei
7. ↑ dell'instabilità genomica
8. ↑ della frequenza di mutazioni a livello genico
9. alterata espressione genica di proteine specifiche

Meccanismo d'azione dell'effetto *bystander*

L'effetto bystander è mediato dalla diffusione di uno o più fattori dalle cellule irradiate alle cellule circostanti non irradiate, a livello delle quali si legano a recettori citoplasmatici e/o di membrana. La diffusione di tali fattori avviene in primo luogo attraverso il mezzo di coltura ma anche attraverso le giunzioni serrate (*gap junction*).



Da C.Grandi,
R.Moccaldi,

G Ital Med Lav
Erg 2005; 27:1,
21-34

Meccanismo d'azione dell'effetto *bystander*

L'evento innescante la sintesi e/o la liberazione dei fattori solubili non è noto ma si ipotizza che possa essere rappresentato dai seguenti:

- **sintesi di radicali OH**
- **formazione di elettroni idrati**
- **formazione di rotture a singolo filamento del DNA (Single Strand Breaks- SSB)**
- **formazione di rotture a doppio filamento del DNA (Double Strand Breaks- DSB)**

Meccanismo d'azione dell'effetto *bystander*

Natura dei fattori secreti :

Attraverso le *gap junction* la componente di trasmissione dell'effetto può avvalersi unicamente di composti di basso peso molecolare (<2000), date le dimensioni del canale formato da questo tipo di giunzioni.

Tra i mediatori dell'*effetto bystander* sono stati indicati i radicali liberi e più in generale specie molecolari reattive dell'ossigeno (ROS) e dell'azoto (RNS), in sintonia con l'abolizione dell'effetto a seguito del pretrattamento con agenti bloccanti di radicali liberi (scavenger) quali il DMSO (dimetilsolfossido) o lindano (inibitore delle *gap junction*).

Importanza di alcuni mediatori dell'*effetto bystander*

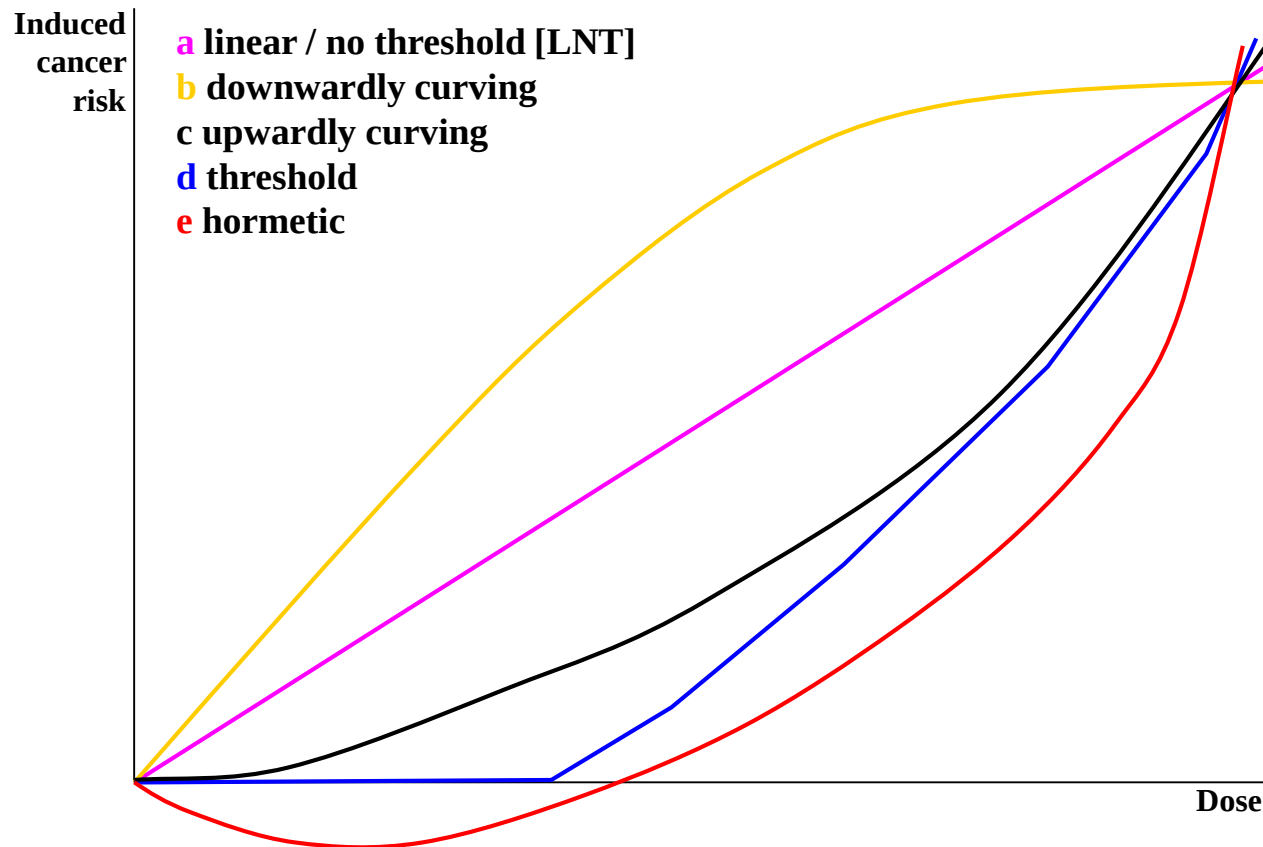
Una piccola molecola che oggi rappresenta un buon candidato a mediatore è l'ossido nitrico (NO)

Uno studio condotto su una linea neoplastica di dotto salivare umano (HSG) non irradiata e trattata con un generatore chimico di ossido nitrico, ha infatti evidenziato un aumento dell'indice proliferativo e della formazione di micronuclei (Shao et al., 2002).

Una posizione che raccoglie crescenti consensi riconosce come mediatori dell'*effetto bystander* le citochine, in particolare l' IL-8 e il TNF- α

Fattori secreti da cellule irradiate con UV (verosimilmente citochine) determinano un incremento di mutazioni in cellule non irradiate fino a 10 volte nell'arco di cinque generazioni (Boesen et al., 1992).

Il rischio secondo i vari approcci disponibili in letteratura



Effetto bystander in vivo

E' stato osservato l' *abscopal effect* (abscopal= lontano dal bersaglio) in seguito a radioterapia di diversi tipi di cancro quali linfomi, adenocarcinomi, melanomi e leucemie (*Camphausen et al, 2003*).

L'*effetto bystander* non implica necessariamente un aumento del rischio

- Mutazione, trasformazione: andamento sovralineare
- Inattivazione, apoptosi: andamento sublineare

In vivo, infatti, appare sempre più chiaro che gli effetti bystander sono probabilmente meccanismi protettivi basati sull'eliminazione di gruppi funzionali di cellule potenzialmente danneggiate, oppure sulla forzatura verso il differenziamento

SORVEGLIANZA SANITARIA

- **La sorveglianza medica, insieme alla sorveglianza fisica, si pone come obiettivo quello di prevenire i danni deterministici e quello di limitare gli eventi stocastici.**
- **Punto di partenza della sorveglianza sanitaria dei lavoratori radioesposti è la valutazione dello stato generale di salute (art. 83 comma 5, D.Lgs. 230/95) in rapporto alle condizioni lavorative che possono incidere, sotto il profilo sanitario, sull'idoneità al lavoro specifico.**

OBIETTIVI PRATICI DELLA SORVEGLIANZA SANITARIA

- **1- Individuare l'eventuale appartenenza del soggetto in esame ad un gruppo a rischio per una determinata patologia oncologica, ricollegabile a condizioni di maggiore suscettibilità.**
- **2. Verificare l'eventuale esposizione concomitante ad altri agenti genotossici (chimici, farmacologici, virali, ecc.).**
- **3. Individuare condizioni fisiopatologiche subcliniche che possano provocare un rischio di assorbimento di dose maggiore rispetto al soggetto sano**



- **Giudizio di idoneità al rischio da radiazioni ionizzanti e patologia neoplastica**

PREMESSE

- **L'aumento dell'età della popolazione lavorativa (e l'incremento dell'aspettativa di vita per i soggetti colpiti dalla malattia) comporta un aumento della prevalenza di lavoratori affetti da patologia neoplastica**
- **Come conseguenza aumenta la probabilità che si debba giudicare del giudizio di idoneità circa l'esposizione a RI in lavoratori con pregressa malattia neoplastica**

CRITERI PER LA FORMULAZIONE DEL GIUDIZIO DI IDONEITÀ AL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A SORGENTI IONIZZANTI

- 1. Elementi di giudizio legati alle caratteristiche della malattia neoplastica**
- 2. Elementi di giudizio legati alla condizione psico-fisica del lavoratore**
- 3. Elementi di giudizio legati alle attività di lavoro cui il lavoratore è destinato**
- 4. Elementi di giudizio legati alla Normativa, a indicazioni operative e a Linee Guida**

CRITERI PER LA FORMULAZIONE DEL GIUDIZIO DI IDONEITÀ AL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A SORGENTI IONIZZANTI

1. Elementi di giudizio legati alle caratteristiche della malattia neoplastica:

- **Età del lavoratore**
- **Epoca di insorgenza della neoplasia (la malattia risale a più o meno di 5 anni prima)**
- **Sede di insorgenza della neoplasia**
- **Tipo istologico della neoplasia, grado di differenziazione, stadiazione TNM (o altra)**
- **Giudizio prognostico oncologico dopo la accertata remissione clinica e strumentale di malattia**
- **Posizione della neoplasia nella scala di radioinducibilità**
- **Calcolo della PC (probabilità causale) ove esistano dati espositivi significativi**

ESPOSIZIONE A RADIAZIONI IONIZZANTI E RISCHIO STOCASTICO: LE SCALE DI RADIOINDUZIONE ONCOGENA

Scala di priorità nella radioinduzione oncogena secondo BEIR V (1989)

<u>Molto alta</u>	<u>Alta</u>	<u>Media</u>	<u>Bassa</u>
Leucemia	Colon	Ovaio	Pancreas
Mammella	Stomaco	Mieloma	Cavità orale e
			faringe
Tiroide	Pelle	SNC	Laringe
Polmone	Reni-Vescica	Prostata	Paratiroidi
	Esofago		Utero
	Fegato		Linfoma H
	Osso		Linfoma non H

Organo o tessuto	Fatt.ponder Wt ICRP60	Fatt.ponder Wt ICRP103
Gonadi	0,20	0,08
Midollo osseo emopoiet	0,12	0,12
Colon	0,12	0,12
Polmone, vie toraciche	0,12	0,12
Stomaco	0,12	0,12
Vescica	0,05	0,04
Mammella	0,05	0,12
Fegato	0,05	0,04
Esofago	0,05	0,04
Tiroide	0,05	0,04
Pelle	0,01	0,01
Superficie ossea	0,01	0,01
Cervello	Org.riman.	0,01
Rene	Org.riman.	0,01
Ghiandole salivari	Org.riman.	0,01
Organi e tessuti rimanenti*	0,05	0,12
TOTALE COMPLESSIVO	1,00	1,00

Fattori di ponderazione secondo ICRP 60 e ICRP 103

*organi e tessuti rimanenti:

•1991: muscolo, cervello, intestino tenue, reni, cistifellea, milza, timo, utero, surrene, vie aeree extratoraciche;

•2007: tessuto adiposo, surrene, tessuto connettivo, vie aeree extratoraciche, cistifellea, pareti del cuore, linfonodi, muscolo, pancreas, prostata, pareti intestino tenue, milza, timo e utero

CRITERI PER LA FORMULAZIONE DEL GIUDIZIO DI IDONEITÀ AL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A SORGENTI IONIZZANTI

2. Elementi di giudizio legati alla condizione del lavoratore:

- Eventuale copresenza di patologie non direttamente correlate alla neoplasia che possono influire sulle condizioni generali di salute del lavoratore e/o condizionare gli esiti e la ripresa della malattia neoplastica già trattata
- Eventuali trattamenti chemio o radioterapici pregressi che possono rendere non significativa (o “più significativa”) una esposizione per motivi professionali al rischio RI
- Qualifica del lavoratore, aspettative professionali e di carriera riposte nell’attività di lavoro a rischio, posizione contrattuale, volontà del lavoratore
- Condizione psicologica del lavoratore

CRITERI PER LA FORMULAZIONE DEL GIUDIZIO DI IDONEITÀ AL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A SORGENTI IONIZZANTI

3. Elementi di giudizio legati alle attività di lavoro cui il lavoratore è destinato:

- **Analisi dei compiti lavorativi svolti nell'ambito della mansione specifica, analisi delle misure di prevenzione e protezione in atto, entità del rischio in condizioni di lavoro standard e in potenziali situazioni di esposizioni a seguito di evento accidentale**
- **Classificazione radioprotezionistica effettuata da EQ per il lavoratore**
- **Tipo di esposizione potenziale: irradiazione esterna parziale, irradiazione esterna globale, contaminazione interna**
- **Possibilità di utilizzo di DPI per prevenire il rischio di irradiazione (in particolare degli organi sede della pregressa neoplasia)**

CRITERI PER LA FORMULAZIONE DEL GIUDIZIO DI IDONEITÀ AL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A SORGENTI IONIZZANTI

4. Elementi di giudizio legati alla Normativa, ad indicazioni operative e a Linee Guida:

D.M. della Sanità n. 488/01: elenca una serie di condizioni fisiopatologiche che,” pur non escludendo a priori l’idoneità al lavoro che espone a radiazioni ionizzanti, devono essere valutate con particolare attenzione dal medico addetto alla sorveglianza medica” (art 3, comma 3).

CRITERI PER LA FORMULAZIONE DEL GIUDIZIO DI IDONEITÀ AL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A SORGENTI IONIZZANTI

4. Elementi di giudizio legati alla Normativa e a indicazioni operative:

IAEA 2004: fornisce tre linee guida della quali una contiene raccomandazioni generali sulle condizioni di esposizione professionali per le quali è necessario effettuare un monitoraggio. Le altre due trattano specificatamente di aspetti correlati alla contaminazione interna e all'irradiazione esterna.

Nel documento si afferma che “non esiste alcun motivo per intrinseco per cui i lavoratori che precedentemente abbiano subito un trattamento radiante siano esclusi dall'attività lavorativa. Ciascuno dovrà essere valutato individualmente prendendo in considerazione la tipologia di trattamenti, la prognosi e altre considerazioni relative alla salute, alla volontà del lavoratore e alla tipologia di lavoro”

CRITERI PER LA FORMULAZIONE DEL GIUDIZIO DI IDONEITÀ AL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A SORGENTI IONIZZANTI

**Elementi di giudizio legati alla Normativa, ad
indicazioni operative e a Linee Guida:**

**Ministero del lavoro 2004_ - Motivazione per un parere su un
ricorso avverso il giudizio di idoneità formulato dal Medico
Autorizzato:**

**“.....allo stato attuale delle conoscenze non risulta da
studi scientifici ed epidemiologici che l'esposizione a
radiazioni ionizzanti, nei limiti delle dosi previste dalla legge,
comporti in lavoratori con pregresse neoplasie, trattate tra
l'altro con radioterapia, un incremento significativo, rispetto ai
lavoratori sani, del rischio di tumori radioindotti”.**