

EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI

Già nel 1896, soltanto pochi mesi dopo la scoperta dei raggi X (W.C.Röntgen, 1895), un costruttore dei tubi di vetro all'interno dei quali venivano prodotti i raggi, presentò lesioni alla cute delle mani, che oggi verrebbero classificate come **dermatite acuta da raggi X**.

L'anno successivo, H.Becquerel, lo scopritore della radioattività, osservò sul proprio corpo un eritema cutaneo in corrispondenza della tasca dell'abito nella quale aveva, per qualche tempo, tenuto una piccola ampolla contenente sali di radio.

Partendo da tale osservazione, verso la fine del secolo scorso, Pierre Curie espose intenzionalmente a una sorgente di radio un proprio braccio, provocando un eritema cutaneo e intuendo che un aumento della durata dell'esposizione avrebbe potuto, in alcuni casi, essere sfruttata per scopi terapeutici.

EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI

Il riconoscimento degli effetti cancerogeni dell'esposizione a radiazioni avvenne pochissimi anni dopo la scoperta dei raggi X e della radioattività: la prima osservazione, quella di degenerazione in carcinoma cutaneo di una precedente dermatite da raggi, risale al 1902.

Osservazioni analoghe si moltiplicarono negli anni successivi, mentre negli anni '20 divennero manifesti numerosi casi di necrosi e di tumori ossei alla mandibola in operai addetti per diversi anni a verniciare con composti a base di sali di radio, utilizzando pennellini "appuntiti" con le labbra, le lancette di orologi luminescenti.

EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI

Il processo di ionizzazione indotto dall'interazione delle radiazioni con la materia, porta necessariamente ad alterazioni degli atomi e delle molecole almeno in via transitoria e può in tal modo produrre un danno alle cellule.

Una “**alterazione**” rappresenta un effetto dannoso che non assume tuttavia necessariamente connotazioni deleterie per l'individuo esposto.

Il termine “**danno**” viene usato per denotare effetti deleteri clinicamente osservabili, che possono essere espressi sugli individui irradiati (**effetti somatici**) o sui loro discendenti (**effetti ereditari**).

Se un danno cellulare si verifica, e non è adeguatamente riparato, esso può impedire alla cellula di sopravvivere e riprodursi, oppure può dar luogo ad una cellula modificata ma capace di riprodursi.

Effetti deterministici

*Si definisce **effetto deterministico** o **effetto somatico non stocastico** un effetto “non casuale” ma “determinato”, che si manifesta negli individui che abbiano ricevuto una dose superiore ad un certo livello di dose detto **dose soglia**.*

La gravità dell'effetto aumenta all'aumentare della dose (oltre la soglia): per questa ragione tali effetti vengono detti ad accrescimento.

La soglia di dose varia fortemente a seconda dell'effetto considerato, ma è comunque elevata, dell'ordine del Gray .

*In oltre gli effetti non stocastici si manifestano di regola come **effetti precoci** (tossicità acuta), cioè a breve distanza di tempo dopo l'irradiazione (dopo giorni, settimane).*

Effetti stocastici

*Per **effetti stocastici** (o **probabilistici**) si intendono invece effetti tutto/niente, cioè non graduati, che non mostrano una soglia di dose al di sotto della quale sicuramente essi non compaiono, ma la cui **probabilità di accadimento** (ma **non** la cui gravità) dipende dalla dose assorbita.*

*Per i soli scopi della radioprotezione e delle stime del rischio, si ipotizza una **relazione lineare fra la dose assorbita e la probabilità dell'effetto**.*

*Gli effetti stocastici possono essere di tipo **somatico** (tumori solidi, leucemie) oppure di tipo **genetico** (mutazioni geniche, alterazioni cromosomiche).*

Detrimento

Nel 1990, nella sua Pubblicazione n. 60, l'ICRP (International Commission on Radiological Protection) ha introdotto il concetto di **detrimento**, definendolo come l'insieme degli effetti dannosi dovuti all'esposizione a radiazioni:

Detrimento



- ***Rischio di tumori letali (con un fattore di rischio specifico, che tenga conto dei tempi di latenza)***
- ***Morbilità dovuta a tumori non letali***
- ***Rischio di malattie ereditarie gravi nei discendenti***

Effetto e dose soglia

EFFETTO	DOSE SOGLIA (Gy)
• Sterilità temporanea nel maschio (esposizione acuta)	0.15
• Sterilità permanente nel maschio (esposizione acuta)	3.6 - 6
• Sterilità temporanea nella donna (esposizione acuta)	2.5 - 6
• Opacità del cristallino	2 - 10 (radiazioni a basso LET*)
• Opacità del cristallino	1 - 3 (radiazioni ad alto LET)
• Depressione temporanea dell'attività del midollo osseo	0,5
• DL 50/60 **	3 - 5
• DL 100 ***	5 - 10 (entro 10-20 giorni dall'esposizione) per "sindrome gastro-intestinale" > 15 (quasi immediata) per "sindrome del sistema nervoso centrale"

* - LET: linear energy transfer (espresso in keV/(m di percorso in acqua) – i raggi X utilizzati in radiodiagnostica sono radiazioni “a basso LET” (circa 3.5 keV/m – neutroni e particelle α sono radiazioni “ad alto LET”)

** - DL 50/60: in una “popolazione” esposta, Dose Letale per il 50% degli individui esposti entro 60 giorni dall'esposizione

*** - DL 100: in una “popolazione” esposta, Dose Letale per il 100% degli individui esposti, indipendentemente dall'adozione di provvedimenti terapeutici

Grandezze radioprotezionistiche

La dose D è insufficiente a predire sia la severità sia la probabilità degli effetti.

ICRP 60 raccomanda l'adozione della nuova grandezza **Dose Equivalente H_T** .

La dose equivalente cerca di tenere conto del diverso livello di pericolosità delle radiazioni per un dato tessuto.

$$H_T = \sum_R D_{T,R} W_R$$

Dove W_R è il fattore peso della radiazione R misurato rispetto a un valore di riferimento della efficacia biologica.

L'unità di misura della dose equivalente è il Sievert (Sv) Joule/kg.

Grandezze radioprotezionistiche:

Dose equivalente e fattori di ponderazione

Fattori di ponderazione della radiazione incidente per ottenere dalla dose assorbita (in Gy) il valore di dose equivalente (in Sv)

Tipo di radiazione	Fattore di ponderazione della radiazione (W_r)
Fotoni di tutte le energie ed elettroni	1
Neutroni di energia inferiore a 10 KeV	5
Neutroni tra 10 KeV e 100 KeV	10
Neutroni tra 100 KeV e 2 MeV	20
Neutroni tra 2 MeV e 20 MeV	10
Neutroni di energia maggiore di 10 MeV	5
Protoni	5
Particella alfa, nuclei pesanti	20

Grandezze radioprotezionistiche:

Dose efficace

Se a parità di dose equivalente si irradiano tessuti diversi si osserva che l'incidenza di leucemie e tumori solidi non è uguale per i diversi tessuti.

Esiste una diversa radiosensibilità.

Si definisce quindi una ulteriore grandezza dosimetrica detta dose efficace E come:

$$E = \sum_T H_T W_T$$

Ovvero come prodotto tra la dose equivalente ed il fattore di ponderazione caratteristico di ciascun tessuto irradiato.

Grandezze radioprotezionistiche:

Dose efficace e fattori di ponderazione

Fattori di ponderazione tessutale per ottenere il passaggio dalla dose equivalente alla dose efficace (secondo ICRP 60/1990 o L.241/00)

Tessuto/Organo	Fattore di ponderazione tessutale Wt
	lcrp60
Gonadi	0,20
Colon	0,12
Esofago	0,05
Fegato	0,05
Mammella femminile	0,05
Midollo rosso	0,12
Pelle	0,01
Polmone	0,12
Stomaco	0,12
Superficie ossea	0,01
Tiroide	0,05
Vescica	0,05
Organi restanti	0,05