

Effetti della radioattività

Il concetto di dose

Le radiazioni prodotte dai radioisotopi interagiscono con la materia con cui vengono a contatto, trasferendovi energia.

Tale apporto di energia, negli organismi viventi, produce una ionizzazione delle molecole: da qui la definizione di radiazioni ionizzanti.

La dose di energia assorbita dalla materia caratterizza questo trasferimento di energia.

Gli effetti possono essere irrilevanti o più o meno dannosi, a seconda della dose di radiazioni ricevuta e del tipo delle radiazioni stesse.

Per meglio chiarire l'importanza della dose assorbita, un esempio noto a tutti è quello delle radiazioni ultraviolette dei raggi solari, che, per l'uomo, a piccole dosi sono innocue, ma per esposizioni eccessivamente prolungate possono provocare colpi di sole o bruciature della pelle.

La misura della dose

L'unità di misura della dose assorbita dalla materia a seguito dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti è il **Gray** (simbolo: **Gy**):

1 Gray (Gy) = 1 joule (J) assorbito da 1 kilogrammo di materia

Per la misura delle dosi di radiazioni assorbite dall'uomo, o più precisamente per una misura degli effetti biologici dovuti alla dose di radiazioni assorbita, è stato introdotto il concetto di equivalente di dose, che tiene conto della dannosità più o meno grande, a parità di dose, dei vari tipi di radiazioni ionizzanti.

In questo caso, l'unità di misura è il **sievert** (simbolo: **Sv**).

In particolare:

per le radiazioni beta e gamma: 1 Gray => 1 Sievert

per le radiazioni alfa: 1 Gray => 20 Sievert

per i fasci di neutroni: 1 Gray => 3 - 11 Sievert (a seconda dell'energia dei neutroni)

Di uso più comune è il sottomultiplo millisievert (mSv), pari a un millesimo di Sv.

Ad esempio, come riportato nella seguente tabella, una radiografia al torace comporta l'assorbimento di una dose di circa 0,14 millisievert (mSv).

Alcuni dati dosimetrici relativi ad esami medici con raggi X:

Radiografia del torace 0,14 mSv
Radiografia dell'addome 1,1 mSv
Radiografia del tubo digerente 4,1 ÷ 7,2 mSv
Colecistografia 1,5 mSv
Urografia 3,1 mSv
Mammografia 1,0 mSv

L'esposizione dell'uomo alle radiazioni

L'uomo può essere esposto alla radioattività in due modi:

- per esposizione esterna, che avviene quando l'individuo si trova sulla traiettoria delle radiazioni emesse da una sorgente radioattiva situata all'esterno dell'organismo; si parla, in questo caso, di irradiazione
- per esposizione interna, che si verifica quando la sorgente radioattiva si trova all'interno dell'organismo, a causa di inalazione per respirazione, e/o ingestione, ovvero per introduzione attraverso una ferita; si parla, in questo caso, di contaminazione interna

L'esposizione esterna cessa quando l'individuo si allontana dalla sorgente ovvero vengono interposti opportuni schermi tra sorgente e individuo. Le radiazioni alfa, beta e gamma da esposizione esterna non fanno diventare radioattiva la materia che le assorbe.

L'esposizione interna cessa quando i radioisotopi respirati o ingeriti o introdotti attraverso ferite sono completamente rimossi dall'organismo (ad esempio: con l'urina, le feci, ecc.).

L'esposizione alle radiazioni naturali

Per poter considerare nella giusta luce gli effetti della radioattività sull'uomo, è necessario anzitutto prendere in considerazione l'esposizione alle radiazioni naturali. A tale "bagno di radioattività", in cui l'uomo è immerso fin dalla sua origine, gli organismi viventi si sono da tempo adattati.

La dose annualmente assorbita da ogni individuo della popolazione per effetto della radioattività naturale è mediamente di 2,4 mSv/anno.

<i>Sorgente</i>	<i>Esposizione esterna(mSv/anno)</i>	<i>Esposizione interna(mSv/anno)</i>	<i>Totale(mSv/anno)</i>
Raggi cosmici	0,36		0,36
Potassio-40	0,15	0,18	0,33
Uranio-238 e radioisotopi associati	0,10	1,24	1,34
Torio-232 e radioisotopi associati	0,16	0,18	0,34

Alla radioattività naturale contribuiscono una componente terrestre e una componente extraterrestre.

La componente terrestre è dovuta ai radionuclidi presenti nei materiali della crosta terrestre (rocce, minerali), come: il potassio-40, l'uranio naturale, il torio e i radionuclidi ad essi associati. Tra questi ultimi, particolare importanza riveste il radon, prodotto gassoso che offre il maggiore contributo alla radioattività naturale.

La componente extraterrestre è costituita dai raggi cosmici, i cui effetti sono tanto più rilevanti quanto più ci si allontana dalla superficie terrestre, e quindi dalla protezione dell'atmosfera. Ad esempio, in un volo in aereo, l'effetto dei raggi cosmici è circa 100 volte maggiore di una zona al livello del mare.

Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti

Da quando l'uomo ha scoperto la radioattività, le proprietà di vari radioisotopi sono state sfruttate per impieghi pacifici e purtroppo, talvolta anche a scopi bellici.

Ciò ha determinato, da una parte, lo studio degli effetti sull'uomo di dosi di radiazioni anche elevate, e dall'altra, lo sviluppo di principi e strumenti per una efficace protezione dalle radiazioni ionizzanti (radioprotezione).

In termini molto generali, gli effetti delle radiazioni ionizzanti sull'uomo possono distinguersi in effetti immediati (detti anche deterministici) ed effetti a lungo termine (detti anche stocastici).

Gli effetti immediati sono quelli che, al di sopra di un certo valore di dose, si manifestano indistintamente a tutti coloro che sono stati irradiati, entro un tempo di solito assai breve (non più di qualche giorno o qualche settimana), e per cui la gravità dei danni aumenta con l'aumentare della dose.

Nella tabella qui sotto riportata è indicata la stima nell'individuo adulto della soglia di dose per effetti deterministici:

Tessuto ed effetto	Soglia di dose	
	<i>Equivalente di dose totale ricevuto in una singola breve esposizione(Sv)</i>	<i>Equivalente di dose totale ricevuto per esposizioni fortemente frazionate o protratte (Sv)</i>
Testicoli Sterilità temporanea Sterilità permanente	0,15 3,5	NA ¹ NA
Ovaie Sterilità	2,5 ÷ 6,0	6,0
Cristallino Opacità osservabili ² Deficit visivo	0,5 ÷ 2,0 5,0	5,0 > 8,0
Midollo osseo Depressione dell'emopoiesi Aplasia mortale	0,5 1,5	NA NA

¹ NA indica "Non Applicabile", in quanto la soglia dipende dall'intensità di dose più che dalla dose totale.

² Opacità lenticolari appena osservabili.

Ad esempio: una esposizione superiore a 1 Gray comporta, come conseguenze, vomito e netta modificazione della formula del sangue; una esposizione superiore a 5 Gray può provocare il decesso per danno al tessuto emopoietico se il soggetto non è sottoposto a cure adeguate.

I suddetti valori si riferiscono a una esposizione omogenea a tutto il corpo. Nel caso della radioterapia dei tumori, si arriva a somministrare dosi molto più elevate, anche oltre 40 Gray, ma concentrate limitatamente ed esclusivamente al tumore da distruggere.

L'esposizione a dosi più o meno elevate di radiazioni ionizzanti può avere effetti a lungo termine che possono provocare cancro o leucemia. Tali effetti si manifestano in modo aleatorio, che non si può predire in modo certo per ciascuna persona sottoposta alle radiazioni. In questi casi, si parla di probabilità di accadimento, che cresce o diminuisce a seconda dell'entità più o meno rilevante della dose assorbita. La stima di tale probabilità è ricavata dai

dati sperimentali (epidemiologia) ottenuti osservando le conseguenze dell'esposizione alle radiazioni su persone o gruppi di persone (ad esempio: i giapponesi sopravvissuti alle esplosioni nucleari di Hiroshima e Nagasaki; i lavoratori e le popolazioni limitrofe esposti alle conseguenze di incidenti in installazioni nucleari).

Si è potuto così stabilire che la probabilità di insorgenza di cancro o leucemia è elevata per alte dosi, mentre è assai limitata per basse dosi.

Il limite massimo di dose stabilito dalla legge italiana per le persone del pubblico è 1 millisievert (1mSv) / anno al di sopra della dose naturale di radiazioni.

Secondo gli studi sugli effetti a lungo termine, questa dose corrisponde ad una probabilità di sviluppo di un cancro o leucemia mortale pari a 1 / 100.000 .

La radioprotezione

Una volta conosciute le conseguenze dannose che l'esposizione alle radiazioni ionizzanti può provocare, è stato necessario provvedere alla predisposizione di adeguate misure di protezione.

E' nata così la radioprotezione, ossia un insieme di misure destinate a garantire la protezione dalle radiazioni ionizzanti dei lavoratori, della popolazione e dell'ambiente.

Le regole più elementari della radioprotezione sono le seguenti:

- allontanarsi dalla sorgente di radiazioni, in quanto l'intensità delle radiazioni diminuisce con la distanza (ad esempio: le installazioni nucleari sono circondate da una "zona di rispetto" che impedisce l'insediamento di attività umane nelle immediate vicinanze)
- interporre uno o più dispositivi di schermatura tra la sorgente e le persone (ad esempio, nelle installazioni nucleari, la protezione dei lavoratori e dell'ambiente circostante è assicurata da una serie di schermi costituiti da spessori o muri di piombo, di acciaio, di cemento, di materiali speciali)
- ridurre al minimo la durata di esposizione alle radiazioni.

Queste regole sono peraltro simili a quelle da prendere a riferimento per proteggersi dai raggi solari (ad esempio: l'utilizzazione di creme speciali che fungono da schermo e limitano l'esposizione).

Oltre che da norme elementari di buona pratica, la radioprotezione è regolata da una severa normativa di legge. Negli Stati dell' Unione Europea, ciascuno Stato Membro è obbligato a inserire nella propria legislazione le specifiche Direttive Euratom, periodicamente aggiornate secondo i più rigorosi standards internazionali.

In Italia, la legislazione fondamentale sulla radioprotezione è contenuta nel Decreto Legislativo n. 230 del 1995, recentemente aggiornato ed integrato dal Decreto Legislativo n. 241 del 2000.

I principi ispiratori di tale legge, come di tutte le analoghe leggi dei Paesi dell'Unione Europea, sono i seguenti:

- Principio della Giustificazione dell'attività (Le attività che comportano rischi di esposizione alle radiazioni ionizzanti devono essere preventivamente giustificate e periodicamente riconsiderate alla luce dei benefici che da esse derivano)
- Principio dell'Ottimizzazione della protezione (Le esposizioni alle radiazioni ionizzanti debbono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali)
- Principio della Limitazione delle dosi (La somma delle dosi ricevute non deve superare i limiti prescritti).

In relazione a quest'ultimo enunciato, la legge italiana prescrive che non si debbano superare i seguenti limiti:

Per i "lavoratori esposti" (lavoratori impegnati in attività che prevedono l'uso o la manipolazione di radioisotopi) al massimo 20 millisievert/anno in più rispetto alla radiazione naturale (pari, come abbiamo visto, a 2,4 millisievert/anno)

Per tutti gli altri individui della popolazione:

al massimo 1 millisievert/anno in più rispetto alla radiazione naturale (pari, come abbiamo visto, a 2,4 millisievert/anno).

I criteri di radioprotezione che devono essere rispettati oggi per la costruzione di una nuova installazione nucleare impongono che la dose che tale nuovo insediamento determina per la popolazione circostante debba essere contenuta entro una piccola frazione rispetto al limite di legge (pari, come già visto, a 1 millisievert/anno in più rispetto alla radiazione naturale).

fonte: A.N.P.A