

## ASPETTI MEDICI DELL' INCIDENTE DI CERNOBYL

Studio effettuato nel 1996

Dr. Massimo Tosti Balducci  
U.O. Medicina Nucleare  
Az. USL 9 di Grosseto

A seguito dell'esplosione verificatasi nel reattore IV della stazione di Chernobyl e del successivo incendio, furono liberati isotopi radioattivi per un'attività totale pari a 11 EBq.

Per rendersi conto dell'ordine di grandezze in questione, si può considerare che con la stessa quantità di attività di iodio radioattivo si sarebbero potuti realizzare circa 60 miliardi di esami scintigrafia per la diagnosi di cancro della tiroide.

Fra i principali radionuclidi liberati, quelli aventi maggior impatto biologico noto erano

rappresentati dallo Iodio ( $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{134}\text{I}$ ,  $^{135}\text{I}$ ) dal Cesio ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) e dallo Stronzio ( $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ).

La fuoriuscita di questi radioisotopi dai locali del reattore non si verificò tutta al momento della esplosione, ma si protrasse nel tempo (fino a circa il 6 Maggio) sotto forma di gas, di vapori, di polveri e di aerosol.

Le particelle di maggiori dimensioni ricaddero in un raggio di circa 100 Km dalla centrale, provocando la maggior parte delle vittime; i gas, le polveri più sottili e l'aerosol sotto forma di "nube" vennero trasportati dalle correnti in varie parti del globo, praticamente risparmiando solo l'emisfero australe, per poi ricadere al suolo con le precipitazioni e con una dispersione estremamente disomogenea, anche in zone limitrofe.

La dose totale di irraggiamento e contaminazione è stata così determinata da quattro fattori:

- **Dose Nube:** dovuta alla esposizione diretta alla nube radioattiva.
- **Dose Inalata:** dovuta alla inalazione dei radionuclidi, in parte espirati ed in parte trattiene nelle vie respiratorie.
- **Dose al Suolo:** dovuta alla radioattività depositata al suolo e su altre superfici e dipendente dal tempo di dimezzamento dei radionuclidi oltre che dal tempo di permanenza nelle aree contaminate.
- **Dose Catena Alimentare:** dovuta alla ingestione di cibi e bevande contaminate. Al di là degli effetti dovuti all'irraggiamento ed alla contaminazione determinatasi nelle immediate vicinanze del reattore e che hanno interessato la popolazione che abitava nei dintorni della centrale (circa 120.000 persone), il personale della centrale ed i soccorritori (circa 800.000 persone), il fall-out verificatosi a distanza di migliaia di chilometri dal luogo dell'incidente pone problemi relativi alle azioni lesive dovute ad un accumulo generalizzato in tutto l'organismo (come per il Cesio) o selettivo d'organo (tiroide per lo Iodio, ossa per lo Stronzio).

Tabella delle dosimetrie stimate:

- **Soccorritori:** 170 mSv
- **Popolazione evacuata** - tiroide: 1000 mSv nei bambini < 3 anni - 70 mSv negli adulti - resto dell'intero organismo: 15 mSv .
- **Popolazione abitante nei paesi della ex URSS** - tiroide: 40.000 mSv nei bambini da 0 a 7 anni - resto dell'intero organismo: da 5 a 250 mSv.
- **Popolazione europea** - tiroide: da 1 a 20 mSv nei bambini - fino a 4 mSv negli adulti - resto dell'intero organismo: da 0,15 a 1,5 mSv.
- **Popolazione italiana** intero organismo: 0,38 mSv.

Gli effetti delle radiazioni ionizzanti sugli organismi viventi sono sostanzialmente distinguibili in due grandi gruppi: quelli per i quali l'effetto è in funzione della dose ricevuta e per i quali può esistere una soglia al di sotto della quale non si ha alcun effetto e quelli per i quali, invece, è

funzione della dose solo la probabilità che l'evento si verifichi e per i quali non esiste una soglia al di sotto della quale non si verifica l'effetto. Da questo concetto fondamentale di radiobiologia ne deriva che mentre è relativamente semplice stabilire i danni dovuti al primo tipo di effetto, perché c'è una relazione diretta tipo dose-risposta (per esempio l'induzione di cataratta, di lesioni cutanee non neoplastiche, di lesioni del midollo osseo o delle gonadi) è estremamente più complesso valutare il secondo tipo di effetto per il quale, qualunque dose, per quanto piccola, può essere capace di causare un danno (per esempio mutazioni genetiche o induzione di tumori). Prima che questo potenziale effetto si verifichi trascorre inoltre un periodo di tempo che può essere anche lungo e se a ciò si aggiunge che esistono molte variabili (diverso tipo di alimentazione, le diverse abitudini di vita, la diversa etnia ecc.) che possono influenzare il manifestarsi del danno, si capisce come sia molto difficile imputare con assoluta certezza l'insorgenza di un tumore all'azione di una modesta esposizione alle radiazioni. L'esperienza acquisita sui danni indotti dalle radiazioni si basa su modelli sperimentali o sulle conseguenze dovute ad esplosioni atomiche (sia a scopo bellico che per test nucleari) o su pazienti sottoposti a trattamenti con radiazioni ionizzanti a scopo terapeutico. L'esperienza di Chernobyl è stata pertanto unica nel suo genere, per la quantità di radiazioni liberate e per il numero di persone interessate direttamente o indirettamente dal fall-out. Questo significa che molti modelli sperimentali, proposti per cercare di calcolare il rischio delle popolazioni esposte, non sempre sono applicabili in questo caso. Per quanto riguarda gli organi maggiormente esposti a rischio, quello che fino ad oggi è stato più studiato perché con sicurezza ha rivelato le conseguenze del disastro di Chernobyl, è la tiroide. Il motivo di ciò si deve a due ragioni: fra le famiglie di isotopi liberati, lo iodio è stato fra i più rilevanti in termini di quantità; questo elemento viene normalmente assorbito dalla tiroide che lo usa per formare gli ormoni tiroidei; il secondo motivo, legato al primo, è rappresentato dalla carenza di iodio di cui soffrono praticamente tutti i paesi colpiti dal fall-out, ivi compresa l'Italia. Pertanto è facile immaginare che le tiroidi di queste persone abbiano avidamente assorbito lo iodio radioattivo presente nell'atmosfera, sul suolo e negli alimenti e quindi siano state sottoposte ad un rischio maggiore rispetto ad altre popolazioni, ugualmente interessate dal fall-out, ma che, vivendo in Paesi dove la carenza di iodio viene compensata da una regolare profilassi con iodio stabile, hanno avuto minore possibilità di assorbire lo iodio radioattivo. Secondo alcuni Autori infatti la profilassi iodica riduce il rischio di incidenza di neoplasia tiroidea nella popolazione esposta, di un fattore 2-3. I dati attualmente prodotti riguardano soprattutto i bambini bielorusi che abitavano nelle regioni più colpite dalla nube di iodio radioattivo; in questa popolazione l'incidenza di cancro della tiroide è aumentata da 0,3 a 11 casi ogni 100.000 abitanti, superando, nel 1995, i 400 casi in totale.

### **Diversa incidenza di Cancro della tiroide in bambini bielorusi provenienti da aree fortemente contaminate (Gomel) ed aree non contaminate (Vitebsk)**

Contributo del Prof. E. Demidchick

Un numero così elevato di questa patologia non era mai stato rilevato prima, soprattutto se si considera che si tratta di bambini e quindi sembra evidente il rapporto di causa effetto con l'incidente della centrale. Un aspetto che ha colto di sorpresa un po' tutti i ricercatori, è stato il breve tempo di latenza fra l'esposizione e la comparsa della neoplasia, che è stato molto più breve del tempo di latenza previsto, attorno ai 20 anni. Inoltre il cancro in questi bambini sembra avere un atteggiamento biologico molto più aggressivo delle forme di neoplasia tiroidea che insorgono nei bambini non esposti alle radiazioni, anche se istologicamente queste due forme di tumore sono simili. In un recente lavoro si riporta che, in base a proiezioni epidemiologiche, il numero di cancri della tiroide atteso nei paesi della CEE colpiti dal fall-out è di 618 casi, di cui 62 ad esito fatale; a questo numero dovrà poi essere aggiunto quello molto più elevato dei bambini dei paesi extracomunitari (Ucraina, Bielorussia, Russia, Polonia) maggiormente colpiti. I dati desunti da un rapporto dell'Istituto Superiore di Sanità relativi alla popolazione italiana indicano, pur tutte le riserve dovute, una predizione di circa 60 tumori tiroidei ad esito letale che si verranno a realizzare in un periodo di circa 30 anni dall'evento di Chernobyl. Questo numero, che preso di per sé può sembrare elevato, in realtà, se confrontato con l'incidenza spontanea di questa neoplasia nel nostro Paese, assume una valenza ben minore e diviene tanto modesto da essere del tutto indistinguibile dalle forme spontanee.

Aspetti più controversi dei possibili effetti dovuti a questo incidente riguardano la possibilità di induzione di danni non neoplastici sempre a carico della tiroide. Nel già citato lavoro, nei paesi della CEE ci dovremo attendere la comparsa di 1855 casi di noduli tiroidei benigni ed un numero non quantificato, ma comunque elevato, di tiroiditi autoimmuni. Per queste due patologie comunque i pareri sono molto discordi perché il loro rapporto di dipendenza con le radiazioni è tutt'altro che dimostrato e potrebbe essere ricondotto alle condizioni di carenza iodica. Di fatto comunque, sembra che in Bielorussia si stia registrando un crescente numero di nuovi casi di tiroide. Resta infine da chiarire se il maggior riscontro di patologie tiroidee dopo il 1986 sia dovuto ad una maggior attenzione posta nella ricerca di queste malattie ed al costante monitoraggio eseguito, in altre parole, cioè, se sia vero o meno che anche in passato queste malattie erano presenti e con la stessa diffusione, ma non venivano diagnosticate perché non ricercate con sufficiente attenzione. Tuttavia, il riscontro di queste forme, in aumento rispetto alla popolazione di controllo, non interessata dal fall-out, sembra legare in modo inequivocabile la maggior incidenza di cancro della tiroide con gli effetti di Chernobyl. La possibilità di induzione di altre forme neoplastiche a carico di organi diversi dalla tiroide (soprattutto forme leucemiche) è ancora meno facilmente dimostrabile e quindi prevedibile per la indistinguibilità dalle stesse patologie insorte per cause diverse dalle radiazioni liberatesi dal reattore IV. Lo stesso dicasi per le alterazioni del sistema immunocompetente che renderebbero le popolazioni contaminate più esposte al rischio di malattie autoimmuni (diabete, artrite reumatoide, tiroiditi) od alle infezioni. Di fatto, la dieta povera di proteine e di sostanze essenziali che caratterizza le abitudini alimentari delle popolazioni più contaminate, può giocare un ruolo parimenti importante ed ancora una volta non distinguibile da quello svolto dalla contaminazione. A tale proposito giova comunque ricordare che indubbiamente una dieta povera di proteine e di sostanze "nobili" rende meno efficaci i meccanismi di riparazione di danno molecolare e cellulare dovuti alle radiazioni e quindi, in ultima analisi, rende più vulnerabile l'organismo. In altri termini, cioè, se i bambini bielorussi potessero disporre di una dieta migliore sarebbero senza dubbio minori i danni dovuti alla contaminazione cui sono esposti. In sostanza quindi i bambini che vivono nelle aree maggiormente contaminate ed economicamente più povere, ad economia esclusivamente rurale, ricevono per lo più cibi prodotti localmente e quindi spesso altamente contaminati e che, per di più, sono quasi sempre insufficienti qualitativamente, realizzandosi così un pericoloso sinergismo atto ad indurre la malattia. Fra i vari radionuclidi biologicamente importanti rilasciati dal reattore al momento dell'incidente, oltre allo Iodio, ve ne sono altri particolarmente studiati e fra questi il Cesio. Il Cesio, presente essenzialmente nelle sue due forme isotopiche 134 e 137, ha rispettivamente un tempo di dimezzamento fisico di circa 2 e 30 anni; gli studi che vengono condotti al momento sono quindi basati quasi esclusivamente sul 137-Cs. Al fine di valutare la quantità di radiazioni assorbite, sono disponibili rivelatori che possono dare una stima della quantità di radioattività presente in tutto l'organismo (Whole Body Counter) o della radioattività presente nei liquidi biologici (urine). A questo riguardo sono stati prodotti lavori nei quali si è osservata una estrema variabilità nella attività registrabile nei bambini bielorussi, russi ed ucraini; questa variabilità è presumibilmente dovuta alla diversa dieta cui sono sottoposti i bambini; infatti se si considera un gruppo omogeneo proveniente da un'area fortemente contaminata e ad economia rurale, dove la dieta è costituita quasi esclusivamente da alimenti prodotti localmente, i dati di rilevazione di 137-Cs nelle urine mostrano valori univocamente elevati e significativamente correlati con la quantità di 137-Cs presente nel terreno dell'area di provenienza. Inoltre i valori della presenza di 137-Cs nelle urine sono correlabili con quelli ottenuti mediante Whole Body Counter, a riprova della reale contaminazione dell'organismo e della adeguatezza dei sistemi di rivelazione. Attualmente sappiamo che il Cesio viene eliminato dall'organismo con le urine molto rapidamente nei primi giorni, ma successivamente la sua escrezione (che è maggiore nelle bambine rispetto ai bambini) diviene progressivamente più lenta; il tempo in cui il contenuto di questo radionuclide si riduce della metà all'interno dell'organismo (tempo di dimezzamento biologico) è di circa 100 giorni. Per quanto riguarda lo Stronzio, che si accumula nelle ossa, questo ha un tempo di dimezzamento biologico di circa 50 anni, il che significa che tutti quei bambini che hanno assorbito questo radionuclide, anche se morissero all'età di 100 anni, continuerebbero ad avere una certa quantità di Stronzio nelle ossa.