

Presentato alla Giornata  
di Studio sugli Aspetti di  
Igiene e Sanità nelle  
Emergenze Nucleari,  
Firenze, Aprile 1981

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-81/50(P)  
1 Settembre 1981

L. Gatta e E. Righi: PREDISPOSIZIONE DI MEZZI E  
STRUTTURE PER L'EMERGENZA NUCLEARE:  
SCREENING DEGLI IRRADIATI.

PREDISPOSIZIONE DI MEZZI E STRUTTURE PER L'EMERGENZA NUCLEARE:  
SCREENING DEGLI IRRADIATI.

L. Gatta

Primario del Laboratorio di Analisi chimico-cliniche e Microbiologia,  
Ospedale "S. Sebastiano M.", Frascati, USL RM 29

e

E. Righi

Medico Autorizzato per la Radioprotezione dei  
Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN.

(Presentato alla Giornata di studio sugli aspetti di Igiene e Sanità nelle emergenze nucleari, organizzata dalla Sezione Medici dell'AIIRP in collaborazione con l'Associazione Italiana di Igiene e Sanità Pubblica, Sezione Toscana - Istituto di Igiene della Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università di Firenze, 9 Aprile 1981).

SOMMARIO.

Il coinvolgimento di gruppi della popolazione nella emergenza nucleare, soprattutto con le modalità dell'irradiazione esterna, deve ritenersi allo stato dei fatti una eventualità a bassissima incidenza probabilistica. Questa caratteristica non esclude tuttavia l'esigenza di approntare in misura adeguata gli interventi radioprotezionistici atti a fronteggiare una situazione anomala, inconsueta ed improvvisa che si dovesse verificare per una "emergenza esterna", cioè quando gli effetti non dovessero essere contenuti nell'ambito dell'impianto (nube radioattiva, sommersione, ecc.), oppure quando l'incidente dovesse prodursi direttamente all'esterno di un impianto nucleare (trasporto, perdita di una sorgente, eventi criminali, ecc.).

Nella predisposizione di mezzi e strutture per lo "screening degli irradiati", dovranno essere opportunamente valutate le scelte metodologiche, le sedi operative impegnate e la "massima risposta potenziale" concretamente ottenibile da una "struttura sanitaria tipo".

Dovrà essere anche prevista una buona flessibilità organizzativa in funzione della variabilità del numero dei soggetti da controllare, tenendo realisticamente presente che la domanda di intervento sanitario potrà essere amplificata dalla sovrapposizione di criteri "caldi" sociopolitici e quelli "freddi" di radioprotezione.

Una chiara impostazione tecnico-organizzativa dovrebbe almeno escludere che sulla pericolosità dei fatti accidentali prevalgano gli effetti devastanti della improvvisazione.

## INTRODUZIONE.

Per una migliore definizione dell'ambito operativo di interesse per la predisposizione di mezzi e strutture ai fini dello screening degli irradiati in infortuni e in incidenti di varia natura e dimensione, riteniamo fondamentali alcune puntualizzazioni preliminari di contenuto etologico.

Gli eventi da considerare a che si possa presumere in qualche modo una irradiazione accidentale non bellica e non terapeutica possono essere distinti nel modo seguente :

1. - Esposizione esterna di breve durata (da qualche secondo a una-due ore)
  - a) in una zona limitata, come nel caso di un incidente limitato di criticità occorso in un impianto senza apprezzabile dispersione di radionuclidi ;
  - b) in una zona estesa, come avviene nel passaggio rapido di una nube radioattiva proveniente da un reattore o da un impianto di trattamento di combustibile che abbiano subito un incidente grave.
  
2. - Esposizione esterna prolungata (da molte ore a qualche giorno o più a lungo)
  - a) in una zona limitata, come nel caso di una sorgente di radiazioni gamma non sufficientemente protetta ;
  - b) in una zona più estesa, come avviene nella dispersione e deposizione al suolo di radionuclidi in seguito a incendio o a esplosione dopo taluni incidenti gravi a centrali nucleari. L'irradiazione esterna per diffusione di radionuclidi nell'ambiente può avvenire per :
    - dispersione nell'atmosfera (nube radioattiva, sommersione, breve ritardo rispetto al momento dell'incidente e breve durata)
    - dispersione sul suolo (Cs 137, ritardo e durata più lunghi) ;
    - dispersione nelle acque superficiali e in mare (immersione).

In senso più strettamente topografico gli eventi accidentali possono essere suddivisi in :

- a) Incidente "interno" (ed emergenza interna) quando gli effetti si limitano all'edificio dell'impianto il cui accesso è controllato e dove sono applicate misure di controllo radioprotezionistico.
- b) Incidente "esterno" (ed emergenza esterna) quando gli effetti non sono o rischiano di non essere contenuti nell'ambito dell'impianto oppure quando l'incidente si produce all'esterno di un impianto nucleare (trasporto, perdita di una sorgente, eventi criminali, ecc.). In questi ultimi casi possono essere interessati soltanto pochi individui della popolazione, ma l'incertezza delle circostanze può rendere molto delicata tale situazione.

Non considereremo in questa breve disamina gli eventi accidentali che possono coinvolgere persone addette all'impianto o comunque residenti per motivi di lavoro nell'area dell'impianto stesso, e per le quali i criteri di intervento di emergenza sono codificati, tra l'altro,

in pubblicazioni di grande autorevolezza quali "IAEA Safety Series n. 47" e "ICRP Publication 28" ambedue del 1978.

Ci soffermeremo invece sull'eventuale coinvolgimento di individui della popolazione, ipotizzando un evento incidentale tale da comportare il rischio del superamento delle dosi previste per i membri della popolazione.

#### COINVOLGIMENTO DEGLI INDIVIDUI DELLA POPOLAZIONE.

Tale eventualità allo stato dei fatti deve ritenersi, soprattutto per quanto riguarda l'irradiazione esterna come tale o anche associata alla contaminazione o a traumatismi di altro genere (termici, chimici, meccanici), a scarsissima incidenza probabilistica, quasi tendente a zero. Gli incidenti di Windscale (1957) e di Three Miles Island (1979) non hanno comportato implicazioni da irradiazione esterna di qualche significato medico immediato a carico della popolazione.

Tra gli incidenti avvenuti al di fuori degli impianti nucleari ricordiamo i seguenti

- a) Nel 1962 in Messico una famiglia composta dai genitori, da due figli e da una nonna fu irradiata da una sorgente di Co 60 da 5 Ci abbandonata in casa dal precedente inquilino. Unico superstite il padre in quanto uscendo per andare a lavorare prese una dose minore.
- b) Nel 1968 in Argentina un operaio di una raffineria di petrolio raccolse un oggetto metallico di cui non conosceva la natura, mettendolo in una tasca della tuta. L'oggetto era una sorgente di Cs 137 da 13 Ci. L'irradiazione raggiunse 1,7 Mrad alla coscia sinistra e 1,12 Mrad alla coscia destra e i danni che ne seguirono resero necessaria l'amputazione di ambedue gli arti inferiori.
- c) In epoca più recente (1978) una famiglia algerina è stata irradiata inconsapevolmente da una sorgente di Ir 192.
- d) Nel 1972 negli Stati Uniti un uomo irradiava a scopo criminale il proprio figlio di 11 anni mediante due sorgenti di Cs 137 da 2 Ci ciascuna, procurandogli gravi danni (castrazione e necrosi cutanee).

Come si può osservare, mancano a tutt'oggi casi di irradiazione grave di membri della popolazione come conseguenza di imponenti fuoriuscite di sostanze radioattive da impianti nucleari a seguito di incidente.

#### CRITERI DI SCREENING (ESAMI EMATOLOGICI DI BASE).

In ogni modo, i criteri di screening, malgrado la bassissima prospettiva degli eventi considerati, non possono non implicare la migliore efficienza degli interventi diagnostici, una sufficiente tempestività operativa ed una buona flessibilità organizzativa in funzione della variabilità del numero dei soggetti eventualmente da controllare.

Da tenere presente inoltre che questo gruppo della popolazione potrà comprendere anche bambini, gestanti, malati e anziani e che non saranno disponibili dati dosimetrici individuali e, in linea di massima, dati ematologici riferibili allo stato clinico anteriore.

E' anche da prevedere una prevalenza di sollecitazioni "calde" sociopolitiche sulle indicazioni "fredde" di radioprotezione con conseguente lievitazione del numero degli individui da sottoporre a controlli.

Il livello operativo sanitario sarà, come già detto, quello dello screening, cioè una metodologia diagnostica capace di discriminare in tempi rapidi e con il timore del solo rischio del "falso positivo" anche i soggetti pauci e asintomatici, per il successivo passaggio dei casi significativi a livelli diagnostici e terapeutici superiori.

La sede dove operare questo screening deve garantire i seguenti requisiti:

- a) disponibilità continua (24 ore su 24) per assicurare, tra l'altro, la tempestività dei prelievi e delle osservazioni cliniche necessaria per una corretta interpretazione dei dati medici ottenuti;
- b) capacità di rapida conversione di mezzi e di strutture ai fini dell'emergenza, mezzi e strutture che operano abitualmente per i compiti istituzionali della sede;
- c) adatta recettività con possibilità di infrastrutture di appoggio (attesa, smistamento, vitto, assistenza sociale, astanteria, ecc.);
- d) regolamentazione dell'accettazione che deve essere orientata sulla radioprotezione (la storia della radioprotezione in campo professionale non dimentica le vicissitudini degli "irradiati itineranti" da una sede all'altra, e non per corretti motivi di smistamento o avviamento).

Ravvisando l'opportunità di evitare la fondazione di "vuote cattedrali sanitarie" fini a se stesse, riteniamo che la sede per lo "screening degli irradiati" possa identificarsi con una struttura ospedaliera anche zonale che disponga di un laboratorio d'urgenza in turno continuo e che sia stata "rivisitata" ed adeguata in senso radioprotezionistico.

Per quanto riguarda gli accertamenti da effettuare, appare evidente l'esigenza di esplorare, in caso di irradiazione certa o sospetta, la crasi ematica mediante un buon esame emocromocitometrico portando particolare attenzione sulla serie bianca.

Alla stessa stregua di quanto indicato per le esposizioni accidentali di natura professionale, è opportuno che nelle prime 24 ore dall'irradiazione acuta i prelievi siano effettuati 3-4 volte a intervalli regolari, in modo da consentire una corretta interpretazione del quadro ematologico non perdendo alcune fasi precoci del fenomeno radiopatologico eventualmente presente, e comunque per acquisire dati di maggiore attendibilità sull'emogramma basale dei soggetti esaminati, in assenza di precedenti riferimenti individuali.

Successivamente i prelievi potranno essere effettuati giornalmente per tutto il tempo ritenuto necessario.

Potrà anche essere utile poter disporre dei valori "normali" della popolazione considerata a rischio, stabiliti preventivamente con opportuni metodi biostatistici. Presso l'Ospedale di Fra

scati, uno degli Autori, ha promosso, per fini diversi, una indagine in questo senso, differenziata per età e per sesso, i cui risultati sono tenuti in buon conto nella normalizzazione degli accordi di cooperazione tra il citato Ospedale e i Laboratori Nazionali di Frascati in caso di sovraesposizione.

Da quanto precedentemente esposto, risulta evidente che la precoce e seriata conoscenza di alcuni parametri ematologici è fondamentale ai fini di un inquadramento diagnostico e prognostico nella emergenza nucleare.

Fermo restando comunque che l'acquisizione di altri parametri clinici e di laboratorio possa essere considerata utile e desiderabile, è certo che la massima attenzione in una prospettiva organizzativa e di normalizzazione degli interventi, va dunque posta sul quadro ematologico, valutato in una dimensione cronologicamente dinamica.

Ci sembra perciò di un qualche interesse tentare di quantizzare la massima possibilità di risposta di quelle strutture (sezioni ematologiche dei laboratori di analisi ospedalieri e non) sulle quali, in definitiva, verrebbe a gravare il maggior peso degli interventi.

La possibilità di affrontare l'emergenza nucleare in una prospettiva essenziale si fonda su almeno i seguenti presupposti operativi:

a) Selezione delle informazioni ematologiche irrinunciabili e dei tempi di rivelamento.

Limitando l'attenzione alle informazioni ematologiche fondamentali emergenti nelle prime 24 - 48 ore dalla esposizione acuta, i tempi di rilevamento sono assai ravvicinati. E' in questa fase che la selezione deve essere particolarmente rigida e centrata su parametri irrinunciabili.

Questi parametri possono essere ridotti al conteggio dei leucociti ed alla formula leucocitaria che consentono di calcolare il numero assoluto per microlitro di sangue dei granulociti e soprattutto dei linfociti. Il conteggio va ripetuto dopo circa 8 e 16 ore. Gli altri parametri ematologici possono essere rilevati in tempi successivi e forse su di un numero già ridotto di soggetti selezionati.

Desideriamo ricordare l'ormai tradizionale assunto secondo il quale, se il numero dei linfociti resta invariato per 24 ore dopo l'irradiazione acuta, la dose è molto probabilmente inferiore ai 25 rad.

b) Quantizzazione della massima risposta possibile in regime di conversione organizzativa.

Va considerata una sezione ematologica di tipo convenzionale, fornita di contatore elettronico di tipo semimanuale, oggi largamente diffuso. Nella circostanza della emergenza nucleare, da tale struttura possiamo attenderci un gettito giornaliero medio per i parametri considerati (conta dei leucociti e formula leucocitaria) di circa 160 esami per turno lavorativo di 8 ore impiegando 2 operatori per turno. Dal computo vanno escluse le urgenze d'istituto valutabili intorno al 10% dell'attività normale, le quali devono essere comunque assicurate mediante la stessa potenzialità operativa e pertanto il gettito ai fini che qui interessano tende a 140-145 esami circa. Ammesso che sia possibile mantenere lo stesso rit

mo per tre turni lavorativi, il numero degli esami eseguiti potrebbe essere intorno a  $(140 \times 3) / 24 \text{ ore} = 420 / 24 \text{ ore}$ . Poichè abbiamo precedentemente riferito che nelle prime 48 ore è opportuno che i rilevamenti siano  $3 / 24 \text{ ore}$ , il numero massimo dei soggetti sottoposti a screening in questa fase non potrebbe superare i 140/pro die/pro struttura.

Volendo invece effettuare un esame emocromocitometrico completo (globuli rossi, emoglobina, ematocrito, globuli bianchi, formula leucocitaria, piastrine), l'impegno operativo va almeno raddoppiato con conseguente riduzione al 50% (e forse meno) degli esami effettuabili.

c) Possibilità di utilizzare metodiche alternative.

La disponibilità di strumentazioni di conteggio, più che di personale, in una ottica organizzativa convertibile, è certamente fattore critico per la modulazione quantitativa dell'intervento.

Tale criticità sarebbe certamente attenuata se fossero più largamente diffuse strumentazioni ad automazione completa, sia per il conteggio delle cellule che per la valutazione qualitativa delle stesse, poichè il gettito di tali strumentazioni è almeno triplo rispetto a quelle di tipo semimanuale, con una gamma informativa notevolmente più estesa, con un impegno del personale addetto notevolmente ridotto e con un minore livello di stress.

Ma contro questa ipotesi sta la realtà economica e cioè la difficoltà di finanziare l'acquisto di strumentazioni particolarmente costose, che non potrebbero, per questa ragione, mai essere largamente diffuse anche in una ottica di utilizzazione corrente in attività esclusivamente d'istituto. Inoltre, gli apparati strumentali possono comportare limitazioni connesse alle loro specifiche intrinseche e agli inconvenienti propri delle macchine. E' pertanto interessante avanzare l'ipotesi di sganciare l'acquisizione dei parametri ematologici rilevanti ai fini dello screening degli irradiati dalla utilizzazione degli strumenti di conteggio, per verificare se esiste la possibilità di cortocircuitare la strumentazione e, con l'uso del solo microscopio ottico, appropriarsi delle informazioni ematologiche ritenute indispensabili per lo screening stesso.

La via proposta non è in sè una novità e consiste nella possibilità di una valutazione orientativa del numero dei leucociti e del rapporto linfociti/altri leucociti ottenuta mediante osservazione microscopica diretta dello striscio di sangue su vetrino, operando in tal modo un prescreening con eliminazione dei campioni che presentassero un numero di leucociti e una percentuale dei granulociti e dei linfociti sostanzialmente nella norma. Tale valutazione è stata anche del tutto recentemente dimostrata possibile per le piastrine purchè si disponga di tecnici capaci di eseguire strisci di sangue a caratteristiche standardizzate.

Il gettito potrebbe essere di almeno 60 campioni/ora/microscopio/due operatori e cioè quantitativamente molto vicino a quello di una struttura completamente automatizzata. La disponibilità di più microscopi, eventualità non infrequente, duplicherebbe o triplicherebbe il gettito.

Il tema trattato è una occasione opportuna per alcune riflessioni su queste problematiche sanitarie, le quali comunque sono comuni a molti altri tipi di emergenza o più generalmente a gli interventi medici di massa.

#### ALTRE INDAGINI (DOSIMETRIA CITOGENETICA).

Di notevole importanza sono i prelievi per gli esami citogenetici da effettuare con le note modalità.

Tali prelievi, a nostro giudizio, devono riguardare tutti i soggetti etichettabili in qualche modo come "irradiati" (per le circostanze anamnestiche e per il riscontro ematologico di laboratorio), fatta salva la decisione successiva di effettuare gli esami su tutti o soltanto su di una parte di essi.

E' ben noto che la dosimetria citogenetica, correttamente eseguita, è determinante più di molte altre diagnostiche biologiche e fisiche ai fini dell'accertamento di un danno da radiazioni ionizzanti.

Questa indagine appare indispensabile nelle gestanti, soprattutto se ai primi mesi di gravidanza. Anzi, in questi casi sarà necessario abbassare il più possibile la soglia di stima dosimetrica, in rapporto ad una eventuale esposizione dell'embrione, e ciò comporterà di conseguenza un notevolissimo impegno operativo da parte dei Laboratori di citogenetica.

Resta comunque il fatto che mentre l'accertamento di dosi di una certa entità (oltre i 10 rem) favorirebbe le scelte sanitarie con buona cognizione di causa, dosi più basse, alla soglia del limite di sensibilità del metodo citogenetico (5-10 rem), non sarebbero di grande ausilio per una decisione di così grande delicatezza lasciando un ampio margine di indeterminatezza.

Ci riferiamo per una migliore esplicitazione del problema alle dosi di irradiazione prenatale in fase embrionaria, considerando che per alcune Scuole di patologia embrionale una dose di 10 R e oltre all'embrione costituisce indicazione per l'interruzione della gravidanza e dosi di poco inferiori la fanno ritenere consigliabile.

A livello di screening e nella eventualità considerata non appare prioritario raccogliere le urine per la determinazione dei metaboliti indicatori di irradiazione. Tuttavia il campionamento delle urine nelle donne in età feconda potrà essere utile per eseguire eventualmente test di gravidanza e documentare, come già detto, con cura le dosi assorbite dall'embrione.

Tutti questi accertamenti faranno naturalmente parte di un contesto clinico globale che richiederà l'adozione di formulari di pronta intelligibilità e di rapido utilizzo, in cui siano compendiate gli aspetti caratteristici della semiotica radiopatologica. Sono peraltro disponibili documenti del genere predisposti per le esposizioni professionali, agevolmente riconvertibili per le finalità in esame.

In questo documento potranno afferire anche annotazioni da parte di specialisti la cui disponibilità nella evenienza considerata è certamente da prevedere (dermatologo, pediatra, ginecologo, psicologo, ecc.).

Esaurito lo screening, è necessario ipotizzare il destino successivo dei soggetti per i quali esiste la prova o il dubbio fondato di irradiazione non banale, non escluso il ricovero in ospedale o l'invio presso Centri specializzati.

A tale scopo non è certamente adottabile, nella fattispecie e per evidenti motivi, il criterio della soglia dei 100 rad al corpo intero prescelta, sia pure in senso orientativo, per la ospedalizzazione nell'ambito dell'infortunistica professionale, precisando che anche in questo ultimo caso tale criterio ha un valore di mero riferimento, per le intuibili difficoltà nella sua trasposizione dalla radioprotezione in astratto alla radioprotezione in concreto. In effetti, a seconda delle circostanze, dosi al corpo minori di 100 rad meriteranno la spedalizzazione e l'osservazione dei soggetti irradiati.

Qualunque sia il criterio adottato, questo non potrà prescindere in questa fase da esigenze di grande flessibilità con una netta preferenza appunto per l'osservazione ospedaliera.

#### CONCLUSIONI.

Da quanto riferito appare evidente la contrapposizione tra la bassissima incidenza degli eventi accidentali considerati e la necessità di un adeguato approntamento delle misure sanitarie atte a fronteggiare una situazione anomala, inconsueta ed improvvisa, tale da coinvolgere come domanda di intervento anche un cospicuo gruppo di popolazione.

Gli interventi sanitari dovranno essere sostanziati da una precisa identificazione delle strutture e dei mezzi, da una chiara operatività e da una persistente validazione. Questa prospettiva tecnico-organizzativa dovrebbe almeno escludere che sulla pericolosità dei fatti accidentali prevalgano gli effetti devastanti della improvvisazione.

## BIBLIOGRAFIA.

- Abbey A. et Belliveau R. R., Enumeration of platelets, *Am. J. Clin. Pathol.* 69, 55 (1978).
- AIEA, Collection Securite n. 18, Contrôle radiologique du milieu en cas d'urgence (AIEA, Vienne, 1967).
- AIEA, Collection Securite n. 21, Evaluation des risques pour la protection du public en cas d'accident nucléaire (AIEA, Vienne, 1968).
- AIEA, Collection Securite n. 32, Planification des mesures à prendre en cas d'accident nucléaire (AIEA, Vienne, 1970).
- Bailey E. D. and Wukasch M. C., A case of felonious use of radioactive materials, in *Proc. of the Fourth Intern. Congress of the IRPA*, Paris, April 28, 1977, pag. 987.
- IAEA Safety Series n. 47, Manual on Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury (IAEA, Vienna, 1978).
- ICRP Publication 28, The Principles and General Procedures of Handling Emergency and Accidental Exposures of Workers (adopted by the Commission in June 1977) (Pergamon Press, 1978).
- Rapporto al Presidente degli Stati Uniti d'America della Commissione S. U. sull'incidente di Three Miles Island (Traduzione del testo originale a cura dell'ENEL, Direzione delle Costruzioni, Gennaio 1980).
- Righi E., Aspetti clinici e correlazioni dosimetriche nella radiopatologia professionale, in *Radioprotezione* (Aurora, Pavia, 1977), vol. 2, pag. 265.
- Righi E., Aspetti medici dell'emergenza nucleare: gli esami ematologici, *Giornata di studio AIRP*, Firenze, 15 Aprile 1980; Rapporto dei Laboratori Nazionali di Frascati LNF-80/24 (1980).
- Wilson J. M. G. and Jungner G., Principles and Practice of Screening for Disease, *Public Health Papers* 34 (World Health Organization, Geneva, 1968).

## SUMMARY.

The likelihood of a nuclear emergency involving the population, especially an external irradiation of a population is presently very remote.

However, there remains the necessity to maintain adequate radioprotection measures to face an anomalous situation which could happen as a result of an "external accident" i. e. when the effects are not contained within the nuclear establishment (radioactive cloud) or when the accident takes place outside the nuclear establishment (transport accident, leaks from radioactive sources, criminal acts, etc.).

In the arrangement of equipment and structures for screening irradiated people, particular importance should be given to considerations of method, to the siting of the operational units and to the maximum potentiality of the medical structure.

There should be great organizational flexibility to deal with the fluctuating number of the individuals to be controlled, bearing in mind that the demand for medical intervention can be increased by the superimposing of "bio-political" criteria on those reflecting real necessity for radioprotection.

Such an efficient structure from the point of view of technique and organization will ensure that the negative effects of improvisation are prevented from affecting accident situations.