

## ALLEGATO 4 – Linee di indirizzo regionali per la gestione ospedaliera di persone esposte a irradiazioni e/o contaminazioni acute in relazione ad eventuali emergenze radiologiche

### INDICE

#### Sommario

1. Premessa.....	2
2. Scopo e campo di applicazione.....	2
3. Destinatari .....	2
4. Scenari presi in considerazione .....	3
5. Sorgenti radioattive potenzialmente impiegabili .....	3
6. Caratteristiche generali degli scenari considerati .....	3
7. Risposta della struttura ospedaliera.....	4
7.1 Aspetti strutturali e procedurali .....	4
7.2 Gestione delle vittime.....	5
7.2.1 Generalità sulle operazioni di triage e di gestione clinica delle vittime.....	56
7.2.2 Valutazione radiologica della vittima .....	8
7.2.3 Trattamento della contaminazione interna .....	11
7.3 Informazione delle vittime.....	1213
8. Risorse, formazione e tutela degli operatori sanitari.....	13
9. Pazienti ricoverati presso ospedali diversi da quelli di riferimento .....	1415

Appendice 1: Sorgenti radioattive di specifico interesse

Appendice 2: Statistiche relative agli incidenti gravi avvenuti dal 1944 al giugno 2001 (fonte International Atomic Energy Agency – IAEA)

Appendice 3: Dotazione minima specificatamente dedicata alle operazioni di screening da rendersi disponibile all'interno del DEA in caso di emergenza radiologica

Appendice 4: Risposta tissutale ad irradiazioni acute

Appendice 5: Informazioni relative alla valutazione radiologica della vittima

Appendice 6: Risposta ad irradiazioni acute del corpo intero Appendice 7: Possibili trattamenti sanitari di vittime irradiate ad alte dosi

Appendice 7: Possibili trattamenti sanitari di vittime irradiate ad alte dosi

Appendice 8: Possibili accertamenti da effettuarsi su vittime irradiate ad alte dosi

Appendice 9: Trattamento di decontaminazione interna per alcuni tipici radiocontaminanti

Appendice 10: Risposta a lungo termine ad irradiazioni acute del corpo intero

## 1. Premessa

---

Le presenti linee guida fanno seguito al documento prodotto dalla Direzione Generale Sanità della Regione Lombardia approvato con d.d.g. n. 23058 del 21 dicembre 2004 e concernente «Linee guida regionali sulla previsione e gestione dei rischi conseguenti ad atti terroristici».

Infatti, nel capitolo «7. Azioni terroristiche con impiego di sostanze radioattive» di tale documento si preannunciava l’emanazione di linee guida specifiche per affrontare le problematiche della gestione ospedaliera di persone esposte a irradiazioni e/o contaminazioni acute in relazione ad eventuali emergenze radiologiche.

Con tali termini si intendono situazioni che comportino o possano comportare irradiazioni e/o contaminazioni acute di lavoratori e/o di membri della popolazione a seguito di incidenti o atti deliberati di qualsivoglia natura.

Si ricorda che gli ospedali regionali ritenuti in grado di gestire adeguatamente vittime irradiate e/o contaminate sono quelle dotate di presidi con i seguenti requisiti:

- Dipartimento di Emergenza e Accettazione (DEA);
- Degenza protetta per pazienti portatori di radioattività nell’ambito della terapia radiometabolica e/o della brachiterapia interstiziale;
- U.O.C, U.O.S.D. o U.O.S. di Fisica sanitaria.

Le ASST lombarde attualmente dotate di tali requisiti sono sei, e precisamente A.S.S.T. G.O.M. Niguarda di Milano, A.S.S.T. Papa Giovanni XXIII di Bergamo, A.S.S.T. Spedali Civili di Brescia, A.S.S.T. Cremona, A.S.S.T. Sette Laghi e A.S.S.T. Valle Olona.

Nella stesura del testo, che tiene conto naturalmente della legislazione in materia di radiazioni ionizzanti rappresentata dal D.lgs. 101/2020, si è fatto riferimento a diversi documenti citati in bibliografia ed in particolare alla pubblicazione «Disasterpreparedness for radiologyprofessionals, response to radiologicalterrorism, a primer for radiologist, radiationoncologists and medicalphysicists», version 3, American College of Radiology, 2006; anche al fine di rendere subito disponibile materiale utile per iniziative di formazione specifica sono stati privilegiati documenti immediatamente reperibili su siti Internet e per i quali sono indicati per intero gli URL.

## 2. Scopo e campo di applicazione

---

Le presenti linee guida si applicano alle situazioni di emergenza radiologica sopra definite ed hanno lo scopo di fornire riferimenti ed indicazioni operative ai presidi ospedalieri citati in premessa, ai fini di un corretto impiego delle risorse umane, professionali e strutturali.

## 3. Destinatari

---

Destinatari delle presenti linee di indirizzo sono i Direttori Sanitari e gli Specialisti operanti dei presidi ospedalieri sopracitati, ai fini del trattamento sanitario di persone irradiate e/o contaminate che necessitino di ospedalizzazione o a seguito del danno potenziale/accertato dovuto all’esposizione a radiazioni ionizzanti o a seguito di particolari condizioni cliniche.

Le figure maggiormente coinvolte risultano essere:

1. i Direttori Generali e i Direttori Sanitari e le direzioni mediche;
2. i medici autorizzati di cui all’art.134 del D.lgs. 101/2020 e i responsabili dei Servizi di Prevenzione e Protezione di cui al D.lgs.81/2008;
3. gli specialisti in radioterapia, medicina nucleare e fisica medica;
4. il personale dei Dipartimenti di Emergenza e Accettazione (DEA), che non necessariamente dispone di competenze specialistiche per una corretta gestione delle priorità nel triage e nel trattamento sanitario di vittime irradiate e/o contaminate, e che pertanto potrà sfruttare le indicazioni cliniche, tecniche e radioprotezionistiche contenute nelle presenti linee guida.

Per una trattazione più completa delle problematiche cliniche connesse alle emergenze considerate nelle presenti linee di indirizzo si rimanda comunque ai riferimenti bibliografici citati nel testo.

#### 4. Scenari presi in considerazione

---

Sono presi in considerazione scenari che comportano o possono comportare irradiazioni e/o contaminazioni acute di particolare gravità e pertanto:

- reazioni nucleari dovute alla formazione di una massa critica di materiale fissile con produzione di intensa radiazione gamma e neutronica ma senza una esplosione nucleare;
- incidenti gravi durante il trasporto di sorgenti radioattive ad elevata attività;
- incidenti sul lavoro comportanti gravi irradiazioni e/o contaminazioni;
- impiego di Radiation Dispersal Device (RDD) (1) in grado di disperdere nell'ambiente materiali radioattivi ad alta attività.

#### 5. Sorgenti radioattive potenzialmente impiegabili

---

Le sorgenti radioattive che possono comportare irradiazioni acute di lavoratori e/o di membri della popolazione a seguito di incidenti o atti deliberati di qualsivoglia natura sono impiegate e/o trasportate nei seguenti ambiti:

- sorgenti radioattive ascrivibili al ciclo del combustibile nucleare;
- sorgenti radioattive usate in ambito medico;
- sorgenti radioattive impiegate in attrezzature militari;
- sorgenti radioattive impiegate in ambito industriale.

Per un maggiore livello di dettaglio si veda in proposito l'**Appendice 1**.

#### 6. Caratteristiche generali degli scenari considerati

---

Gli scenari sopra evidenziati possono coinvolgere in diversa misura e con diverso grado di gravità un numero di vittime non facilmente predeterminabile a priori; in ogni caso è importante sottolineare che, dipendentemente dal tipo di evento e dalla sua localizzazione, le vittime possono essere poche unità o centinaia.

Nonostante gli scenari considerati possano essere anche molto diversi tra loro, vi sono alcuni elementi di generalità comuni.

Indipendentemente da tipo e localizzazione, infatti, ci sono due categorie principali di eventi da considerare: quelli che comportano la sola irradiazione esterna e quelli che comportano incorporazione di sostanze radioattive e quindi contaminazione interna.

##### 6.1 Eventi che comportano la sola irradiazione esterna

In caso di eventi che comportino la sola irradiazione esterna, la vittima non diventa una sorgente secondaria di radiazioni e pertanto il personale che presta assistenza sanitaria a tali vittime non è soggetto, a causa di tale attività assistenziale a rischi specifici derivanti da un'eventuale esposizione alle radiazioni ionizzanti. Una irradiazione esterna può interessare il corpo intero o essere localizzata: in entrambi i casi la dose può essere calcolata con sufficiente margine di precisione al fine di indirizzare correttamente i provvedimenti sanitari eventualmente necessari.

##### 6.2 Eventi che comportano contaminazione interna

In caso di eventi che comportino contaminazione interna, nell'approccio alla cura e al trattamento delle vittime il personale di assistenza deve prestare particolare attenzione per evitare, da un lato il diffondersi della contaminazione a parti del corpo della vittima non contaminate, dall'altro di contaminare sé stesso e l'ambiente in cui l'assistenza viene prestata. La contaminazione interna può

avvenire attraverso inalazione, ingestione, assorbimento cutaneo oppure direttamente attraverso ferite.

## 7. Risposta della struttura ospedaliera

---

### 7.1 Aspetti strutturali e procedurali

Il presidio ospedaliero dotato dei requisiti indicati al paragrafo 1. dovrebbe essere in grado di attivare procedure predefinite di risposta ad una emergenza radiologica:.. Tale risposta dovrebbe avvenire, di norma, sulla base di una segnalazione da parte di AREU, ma si dovrebbe comunque prevedere anche la possibilità di afflusso al DEA di potenziali vittime che si presentino di propria iniziativa. La struttura ospedaliera dovrebbe inoltre essere in grado di garantire, per quanto di competenza, l'apertura di un canale informativo privilegiato di comunicazione con gli operatori presenti sul territorio e con gli altri presidi ospedalieri omologhi eventualmente coinvolti nell'emergenza.

La risposta ospedaliera dipende dalla presenza di idonee strutture e risorse e di adeguate procedure operative.

Per quanto attiene gli aspetti strutturali, valutata la probabilità di accadimento (cfr. **Appendice 2**) degli scenari sopra indicati, non si ritiene giustificato che si predispongano strutture ad hoc, ma piuttosto che si sfruttino, ottimizzandone l'impiego, strutture già esistenti in possesso di alcuni requisiti irrinunciabili e adeguandole, laddove necessario e possibile con interventi di limitata portata, al fine di potere essere impiegate anche nei casi di emergenza radiologica ipotizzabili.

Ciascuno dei presidi ospedalieri deve individuare:

- le aree e/o i locali o le stazioni, possibilmente esterni e vicini al DEA, da adibire alle attività di screening e di decontaminazione: potranno allo scopo essere valutate, tra le opzioni possibili, anche quelle che comportino l'impiego di strutture mobili da allestire al momento (tende, strutture gonfiabili e simili);
- i percorsi da utilizzare nel caso di gestione di vittime contaminate al fine di limitare il pericolo di contaminazione e/o irradiazione di terzi non coinvolti nell'emergenza, almeno fino all'effettuazione della decontaminazione delle vittime quando questa si renda necessaria;
- la sala di emergenza in cui vittime potenzialmente contaminate possano essere trattate senza compromettere il normale funzionamento del DEA e la minima dotazione di presidi medico-chirurgici in essa necessari; la definizione di tale sala di emergenza dovrà essere effettuata anche in considerazione della possibilità di un ingresso differenziato, da parte del personale di AREU, per il trasporto delle vittime; per tale percorso dovrà essere prevista la possibilità di posizionare teli in plastica antisdrucchiolo sul pavimento;
- il locale in cui rendere disponibili gli strumenti necessari per misurare campi di radiazione e contaminazione radioattiva, il materiale per la decontaminazione, i dispositivi di protezione individuale (DPI) per gli operatori coinvolti nell'emergenza; in **Appendice 3** è indicata la minima dotazione di materiale, strumentazione e DPI che dovrà essere resa disponibile;
- il locale della morgue, in area isolata, per accogliere, in sicurezza, eventuali cadaveri.

Si ritiene che nella gestione delle vittime non sia necessaria la raccolta degli escreti dei soggetti esposti alla contaminazione e dei liquidi impiegati per la decontaminazione presso il DEA, soprattutto in relazione al fatto che, con elevata probabilità, il bilancio tra i costi (possibile contaminazione del personale durante la gestione degli escreti) e i benefici di tipo «ambientale» non depone a favore di questi ultimi; si ritiene necessario invece che venga prevista la possibilità di dover gestire eventuali parti o schegge di materiale altamente radioattivo estratte, ad esempio, da ferite e pertanto che venga prevista la disponibilità di contenitori schermati in numero e tipologia idonea alle necessità.

Per quanto attiene gli aspetti procedurali da definire per la gestione di un gran numero di vittime potenziali, si ritiene necessario che i presidi ospedalieri citati integrino le procedure previste all'interno del proprio «Piano di Emergenza Interna per Massiccio Afflusso di Feriti» (PEIMAF) con quanto indicato dalle presenti linee guida: si fa presente infatti che l'approccio metodologico all'emergenza radiologica, pur con le dovute specificità, non è dissimile da quello da impiegarsi in altre evenienze che comportino o possano comportare un numero elevato di soggetti coinvolti. A tale riguardo si segnala la necessità di integrare la cartella clinica delle potenziali vittime con le informazioni relative alla valutazione della dose e/o della contaminazione cui la potenziale vittima è o è stata soggetta, ad esempio attraverso la predisposizione di apposita modulistica. (Vedi esempio contenuto in Fig. 1).

Etichetta accettazione PS		Data e ora accettazione	
Cognome	Nome		
Genere <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F	Data di nascita		
Telefono	Età presunta		

  

Rateo di equivalente di dose ambientale attorno al soggetto $\mu\text{Sv/h}$ a 1 m:	

  

Ricerca di eventuali hot spot (valore significativo $> 1 \mu\text{Sv/h}$ )	
$\mu\text{Sv/h}$ a 3 cm	Posizione (rif. Figura)
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8

  

Ricerca di contaminazioni (valore significativo $> 50 \text{ cps}$ )	
Cps a contatto	Posizione (rif. Figura)
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8

  

Esito del monitoraggio tiroideo a scopo radioprotezionistico (ove possibile e appropriato)			
Rif. Registrazione	Data	Radionuclide	Attività misurata in tiroide (kBq)
I-131			
Esito dell'analisi radiometrica delle urine (primo campione) raccolto il			
Data analisi	Spettro n.	Radionuclide	Concentrazione radioattiva misurata a termine raccolta (Bq/l)
Ricerca di K-40 *			

  

Esito dell'analisi radiometrica: urine 24 h, escrete: litri			
Data analisi	Spettro n.	Radionuclide	Concentrazione radioattiva misurata a termine raccolta (Bq/l)
Ricerca di K-40 *			

\*Traccianti radioattivi naturali presenti nell'organismo registrato per documentare la qualità della determinazione radiometrica

**Valutazioni:**

- ☐ Presenza di rischio significativo di contaminazione per gli operatori
- ☐ Presenza di rischio significativo di irradiazione esterna per gli operatori
- ☐ Assenza di rischi significativi per gli operatori
- ☐ Presenza di rischio significativo di contaminazione per gli ambienti di lavoro
- ☐ Assenza di rischio significativo di contaminazione per gli ambienti di lavoro

**Provvedimenti da intraprendere per la protezione radiologica del personale sanitario**

- ☐ Nessuno
- ☐ DPI per la protezione dalla contaminazione esterna
- ☐ Turnazione per ridurre l'irradiazione: massima permanenza in prossimità del pz: .....h
- ☐ Altro: .....

**Provvedimenti specifici da intraprendere per la protezione radiologica del paziente**

- ☐ Nessuno
- ☐ Decontaminazione esterna
- ☐ Verifica ed eventuale rimozione della scheggia
- ☐ Altro: .....

Misure effettuate da

Figura 1: esempio di possibile scheda di triage radiologico

## 7.2 Gestione delle vittime

Emergenze con implicazioni radiologiche possono riguardare vittime che hanno ricevuto dosi al corpo intero significative o che hanno inalato o ingerito materiale radioattivo o che presentano ferite con materiale radioattivo.

Le indicazioni che seguono hanno l'obiettivo di fornire elementi che consentano di integrare le operazioni normalmente condotte secondo quanto indicato dalle linee guida relative al triage intraospedaliero (2) con quelle connesse alla presenza di eventuali danni specificatamente dovuti all'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

### 7.2.1 Generalità sulle operazioni di triage e di gestione clinica delle vittime

A seconda della natura e dell'estensione delle lesioni, le vittime di un'emergenza possono essere raggruppate in una delle seguenti categorie (3):

- pazienti che necessitano di un trattamento sanitario immediato includendo le vittime con alta probabilità di sopravvivenza a condizione di usufruire di una assistenza immediata che può anche essere rapida e non complessa (**T1**);

- pazienti che necessitano di trattamento dilazionato rispetto ai precedenti pazienti che possono richiedere interventi chirurgici più complessi ma che possono comunque sopravvivere con un trattamento di sostegno fino alla disponibilità dell'intervento chirurgico (**T2**);
- pazienti che richiedono un trattamento minimo, che presentano piccole lesioni e che pertanto possono badare temporaneamente a se stessi o che possono essere assistiti da personale non specialistico (**T3**);
- vittime con lesioni importanti ed estese che richiedono una terapia intensiva e/o o vittime con limitate possibilità di sopravvivenza (**T4**).

Un confronto tra la classificazione indicata e quella relativa ai codici di criticità di cui alle citate linee guida sul triage intraospedaliero può essere riassunto come segue:

**T3 = Codice bianco e Codice verde**

**T2 = Codice giallo,**

**T1 e T4= Codice rosso.**

Nel caso di emergenza connessa ad un evento che comporti o possa comportare irradiazioni acute di lavoratori e/o di membri della popolazione la tabella successiva (4) indica quali variazioni possono essere attese nel triage di vittime che presentino lesioni ascrivibili a traumi e che abbiano subito anche un danno legato all'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Triage "tradizionale" Lesioni solo traumatiche	Variazioni sul triage atteso in caso di irradiazione acuta (dose efficace – Sv)		
Nessuna esposizione a radiazioni ionizzanti	< 1.5	1.5 – 4.5	>4.5
T1	T1	T1	T4
T2	T2	T4	T4
T3	T3	T4	T4
T4	T4	T4	T4

Come si può osservare, quando una dose di radiazioni significativa è combinata con lesioni traumatiche convenzionali, si assiste ad una drammatica evoluzione della vittima dell'emergenza verso situazioni di elevata criticità. Pertanto la velocità nella determinazione del suo stato e la valutazione della combinazione del suo quadro clinico generale con gli aspetti specifici legati all'esposizione alle radiazioni è la chiave di un triage efficace: in tale contesto e in situazioni di emergenza, informazioni legate, ad esempio, alla posizione della vittima rispetto all'evento possono sostituire efficacemente anche un esame obiettivo, consentendo di guadagnare tempo prezioso e di gestire un numero potenzialmente elevato di persone che richiedono assistenza sanitaria.

In linea generale, nel trattamento delle vittime dovranno essere seguite schematicamente le seguenti priorità (5):

- rendere minima per quanto ragionevolmente possibile la contaminazione per il personale sanitario coinvolto nell'emergenza comunque dotato di dosimetri individuali e DPI;
- procedere ad una rapida misurazione delle eventuali radiazioni ionizzanti emesse dall'infortunato, al fine di individuare i rari casi particolarmente «pericolosi» per i soccorritori;
- trattare e stabilizzare prioritariamente le lesioni e le situazioni cliniche che costituiscono una minaccia per la vita, anche se non direttamente connesse all'esposizione alle radiazioni;
- prevenire/minimizzare la contaminazione interna anche attraverso una valutazione dell'entità della contaminazione esterna e provvedere alla decontaminazione;
- contenere la contaminazione nell'ambiente in cui viene effettuato il trattamento sanitario;
- valutare l'eventuale contaminazione interna;

- valutare eventuali lesioni/ferite indotte da irradiazioni acute locali;
- effettuare il follow-up di vittime con dosi al corpo intero significative o contaminazioni interne;
- informare la vittima e i familiari dei rischi potenziali a lungo termine derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Vale la pena sottolineare che una contaminazione radioattiva, interna o esterna, solo molto raramente costituisce di per sé un immediato rischio per la vita e che quindi il trattamento di criticità cliniche anche non direttamente connesse all'esposizione alle radiazioni deve sempre avere la precedenza su ogni provvedimento di valutazione dosimetrica o di eventuale decontaminazione.

Vittime interessate a dosi elevate possono presentare sintomi quali nausea, vomito, affaticamento e debolezza. Va prestata attenzione al fatto che tali sintomi sono spesso sovrapponibili a quelli legati all'esposizione a molti agenti tossici e nocivi e, talvolta, anche a stress psicologico; ai fini di una preliminare valutazione della dose assorbita, è importante inoltre sottolineare la grande importanza che deve essere data al tempo di latenza intercorso tra la comparsa dei sintomi gastrointestinali e l'evento. Una vittima che non presenta evidenza di contaminazione esterna ma per la quale sia probabile una contaminazione interna dovuta a ferite, inalazione o ingestione di materiale radioattivo può essere trattata in una sala di emergenza convenzionale: va però tenuto conto che sangue, vomito, urine e feci del paziente possono essere contaminate e devono pertanto essere gestite di conseguenza.

Vittime che presentano importanti contaminazioni esterne o interne devono essere trattate prestando attenzione anche ai rischi per il personale di assistenza sanitaria. Peraltro, la contaminazione della vittima potrebbe efficacemente essere determinata sul campo o comunque prima dell'arrivo al DEA.

Nel caso l'emergenza radiologica coinvolga un gran numero di persone è di norma difficile valutare la dose assorbita da ciascun individuo. Nel caso di irradiazioni acute è stato pertanto definito un sistema basato sui sintomi che definiscono il danno da radiazioni ionizzanti un «improbabile», «probabile» o «severo» danno da radiazioni ionizzanti (6). Importante osservare che la sintomatologia sottoindicata è aspecifica e ha solo la funzione di permettere al sanitario incaricato del triage un rapido screening di un gran numero di casi. Inoltre, in presenza di situazioni caratterizzate dalla compresenza di lesioni traumatiche e danno da radiazioni, i sintomi di un grave danno da radiazioni possono essere confusi con quelli legati alle lesioni traumatiche.

Per una trattazione più dettagliata di tali elementi si rimanda al riferimento bibliografico citato (7). In tabella si riporta la stima di un possibile danno da radiazioni ionizzanti basato sulla sintomatologia

Danno da radiazioni ionizzanti			
Sintomo	Improbabile	Probabile	Severo
<b>Nausea</b>	(-)	(++)	(+++)
<b>Vomito</b>	(-)	(+)	(+++)
<b>Diarrea</b>	(-)	(±)	(± fino a +++)



<b>Ipertermia</b>	(-)	(±)	(+ fino a +++)
<b>Eritema</b>	(-)	(-)	(- fino a +++)
<b>Ipotensione</b>	(-)	(-)	(+ fino a +++)
<b>Disfunzioni del sistema centrale venoso</b>	(-)	(-)	(- fino a +++)

Sempre nel caso di un'emergenza che coinvolga un elevato numero di persone, è possibile che molte affluiscano ai presidi ospedalieri sopra indicati sia tramite AREU sia autonomamente, anche se in tal caso le vittime che presentano solo tracce di contaminazione esterna ma non ferite dovrebbero essere decontaminate sul campo o presso strutture diverse dai suddetti presidi ospedalieri, le cui risorse andrebbero dedicate al trattamento di feriti e di irradiati e/o contaminati gravi.

Al fine di consentire un impiego appropriato della sala di emergenza per le vittime irradiate o contaminate con complicanze cliniche importanti, è pertanto necessario che in sede di definizione delle procedure interne, i presidi ospedalieri citati individuino la disponibilità di spazi per valutare la contaminazione di un gran numero di persone che possono direttamente chiedere assistenza sanitaria. Le procedure dovranno in tal caso consentire identificazione delle priorità, prevedere personale e strumentazione sufficienti ad effettuare un veloce monitoraggio di screening nonché garantire una adeguata registrazione dei dati.

#### 7.2.2 Valutazione radiologica della vittima

La valutazione radiologica delle vittime dipende dalla disponibilità di valutazioni dosimetriche e dall'osservazione della risposta tissutale (si veda in proposito l'**Appendice 4**). Per le valutazioni dosimetriche, se la vittima non è dotata di dosimetri individuali dai quali sia possibile risalire ad una stima anche approssimativa della dose assorbita, di estrema importanza risultano le informazioni che consentano una ricostruzione dell'evento ed eventualmente valutazioni di tipo «ambientale». Si ricorda inoltre, in caso di incidente di criticità (ovvero una reazione a catena di fissione nucleare accidentale e incontrollata), l'importanza delle valutazioni effettuate a partire dai fenomeni di attivazione neutronica.

Le valutazioni dosimetriche nell'ambito della struttura ospedaliera dovranno essere effettuate da uno specialista in fisica medica, eventualmente in collaborazione con l'Esperto di Radioprotezione, comunicate al medico responsabile del trattamento sanitario della vittima e adeguatamente tracciabili all'interno della cartella clinica: parte integrante della valutazione dosimetrica dovrebbe essere la verifica e la registrazione della contaminazione superficiale, nonché, quando pertinente e nell'ambito delle priorità già indicate, la valutazione della dose da contaminazione interna e il metodo impiegato a tale scopo.

La strumentazione da impiegarsi allo scopo di verificare la contaminazione esterna dovrebbe essere sensibile sia alla radiazione penetrante che a quella non penetrante (ad es. un rivelatore Geiger a finestra sottile).

Si osservi inoltre che la valutazione dell'esposizione a radiazioni della vittima può essere più accurata se associata ad informazioni fondamentali relative all'evento causa della contaminazione o dell'irradiazione, le quali devono pertanto necessariamente costituire parte integrante dell'anamnesi e/o del protocollo di accettazione qualora disponibili; in tal senso la comunicazione di informazioni tra personale sanitario della struttura ospedaliera e operatori tecnici incaricati dei rilievi radiometrici sul luogo dell'evento costituisce elemento di elevata criticità in quanto può favorire la valutazione radiologica del paziente e orientare le specifiche scelte terapeutiche.

In **Appendice 5** è contenuta una essenziale check-list relativa alle informazioni di cui disporre ai fini di una valutazione radiologica della vittima. Si sottolinea inoltre che la gestione radiologica della vittima dovrebbe prevedere uno specifico follow-up.



#### 7.2.2.1 Gestione della vittima irradiata ma non contaminata

In assenza di contaminazione la vittima può essere gestita in qualunque sala del DEA senza alcun vincolo di natura radioprotezionistica.

Esposizioni esterne acute e localizzate: possono evidenziarsi attraverso manifestazioni cutanee; le dosi equivalenti localmente implicate sono di solito elevate e connesse a irradiazioni di breve durata. La prima evidenza di danno indotto da una tale tipologia di irradiazione è costituita da un eritema che può essere anche transitorio, con una fase acuta che si manifesta dopo 14-24 giorni dall'irradiazione. Gli effetti cutanei sono spesso chiamati ustioni da radiazione ma a differenza degli eritemi generati da calore o agenti chimici, a quelli generati da radiazioni non è associata la sensazione di dolore. Inizialmente la struttura della cute non presenta anomalie né alla vista né al tatto: in caso di lesioni cutanee sospette è comunque necessaria la documentazione fotografica. Il trattamento delle radiolesioni acute localizzate è complesso e delicato e prevede trattamento farmacologico e, in alcuni casi, terapia chirurgica (8).

La perdita dei capelli indotta da una irradiazione acuta non avviene prima di 10-20 giorni dall'irradiazione.

Irradiazioni al corpo intero significative: in tal caso il tratto gastrointestinale e il midollo osseo risultano maggiormente a rischio. I dati contenuti in **Appendice 6** possono risultare di utilità nella pianificazione dell'intervento di assistenza sanitaria a vittime di irradiazioni al corpo intero rilevanti.

Si osservi comunque che al di sotto della dose efficace di 1 sievert (Sv) i pazienti sono quasi sempre asintomatici; al di sopra di tale soglia l'inizio e la severità dei sintomi sono correlabili alla dose assorbita. Eccetto che per esposizioni superiori a 5-8 Sv i sintomi iniziali della sindrome acuta da radiazioni (costituiti da mal di testa, malessere generalizzato, anoressia, nausea e vomito) non compaiono fino a qualche ora dopo l'esposizione; con dosi maggiori di 2 Sv nel giro di 2 o 3 settimane si evidenzia depressione del midollo osseo. Per effettuare una adeguata valutazione dosimetrica dovrebbe essere effettuato il conteggio dei globuli bianchi parametrato a un conteggio delle piastrine ogni tre ore. Il paziente sintomatico o per il quale si ipotizza una dose superiore a 1 Sv dovrebbe essere ospedalizzato e affidato alle cure di un medico specialista in medicina nucleare o radioterapia, possibilmente in possesso della qualifica di medico autorizzato ai sensi del D.lgs. 101/2020; invece vittime esposte a dosi efficaci inferiori a 1 Sv non necessitano di ospedalizzazione e possono essere seguite ambulatorialmente: in tale caso è importante fornire loro e ai familiari una adeguata informazione.

In **Appendice 7** è contenuto un quadro sintetico dei possibili trattamenti sanitari di vittime irradiate con alte dosi: in tali casi è di fondamentale importanza che nella valutazione delle azioni da intraprendersi e nella programmazione del follow up ci si avvalga di una equipe multidisciplinare in cui siano presenti, tra le altre, le competenze di uno specialista in fisica medica, di un medico autorizzato e, a seconda dei casi, di un radioterapista o di un medico nucleare adeguatamente formati in proposito. In **Appendice 8** sono indicati i possibili accertamenti specialistici o laboratoristici da effettuarsi su vittime irradiate ad alte dosi.

#### 7.2.2.2 Gestione della vittima contaminata

Se la vittima presenta una sospetta o accertata contaminazione esterna, non presenta serie ferite ma necessita di un intervento sanitario urgente potrà essere avvolta in teli puliti, trasferita dalla barella dell'ambulanza ad una barella pulita e quindi trasportata secondo i normali percorsi nell'ambito del DEA dal momento che l'eventuale contaminazione è contenuta all'interno dei teli. Usando un doppio telo gli indumenti contaminati potranno essere tagliati e rimossi dal paziente facendolo rotolare da un lato all'altro del telo più interno; gli indumenti contaminati dovranno essere avvolti nel telo più interno, collocati in un sacco di plastica e rimossi dall'area mentre il telo più esterno rimarrà attorno al paziente. Dovrà quindi essere previsto il lavaggio con grande quantità di acqua o

di soluzione fisiologica della cute eventualmente contaminata. Successivamente a tali azioni la vittima potrà essere ragionevolmente gestita senza vincoli di natura radioprotezionistica.

#### 7.2.2.3 Gestione della vittima contaminata e ferita

Nel caso di una vittima contaminata e ferita il trattamento deve essere effettuato in una sala di emergenza in cui possano essere garantite le cure mediche adeguate ma contestualmente possa essere controllata la contaminazione. L'area da dedicarsi a tale tipo di emergenza può essere, sotto opportune condizioni, una qualunque sala chirurgica: deve disporre di un ingresso, una zona filtro, un'area dedicata al trattamento medico e un'uscita e dovrà essere temporaneamente «classificata» ai fini della radioprotezione ai sensi del D.lgs. 101/2020. Tutti i flussi (personale, attrezzature, etc.) dalla zona pulita alla zona classificata dovranno avvenire in una sola direzione: nulla e nessuno dovrà uscire da tale area senza prima essere stato adeguatamente monitorato, compresi campioni di sangue, attrezzature, etc. Come già sottolineato, le immediate condizioni cliniche della vittima dovranno sempre orientare le priorità terapeutiche ed avere la precedenza sui provvedimenti di decontaminazione.

In ogni caso si fa presente che una contaminazione non evidente e comunque non visibile ad occhio nudo ben difficilmente può causare danni immediati alla vittima o a chi l'assiste e, nel contesto in esame, anche gli effetti tardivi possono essere trascurati. Una considerazione che depone verso un approccio non frettoloso alle problematiche connesse alla decontaminazione in tali contesti è costituito anche dal fatto che l'intensità della contaminazione diminuisce al trascorrere del tempo, non solo per effetto del decadimento fisico. In ogni caso è importante notare che livelli di contaminazione nel range di qualche decina di colpi per minuto (cpm) o di qualche mSv/h sono associati a livelli di rischio bassi per il personale di assistenza; solo per valori superiori a qualche mSv/h potrebbe rendersi necessario definire procedure più stringenti, in situazioni in cui non ci sia il rischio di compromissione della vita della vittima: le procedure in questione dovrebbero prevedere limitazioni ai tempi di permanenza degli operatori sanitari in prossimità della vittima, immediata decontaminazione del paziente attraverso la rimozione di tutti gli abiti indossati e un lavaggio con grande quantità di acqua o di soluzione fisiologica in caso di ferite.

L'approccio alla decontaminazione di materiale radiocontaminato non è dissimile da quello che si avrebbe nel caso in cui si dovesse gestire un paziente contaminato con una grande quantità di batteri a basso potenziale patogeno (ad esempio quelli contenuti in acque di scarico); subito dopo una decontaminazione «veloce» per una eventuale contaminazione molto rilevante, può iniziare una gestione della vittima più ordinaria. Solo dopo la stabilizzazione del paziente può iniziare un accurato monitoraggio della contaminazione cutanea: deve essere registrato sia il livello di contaminazione che la sua localizzazione; solo dopo il monitoraggio deve iniziare una ordinata decontaminazione identificando, nell'ordine, le seguenti priorità: ferite, orifici, aree cutanee ad alto livello di contaminazione, aree cutanee a basso livello di contaminazione.

Per la decontaminazione possono essere impiegati grandi quantitativi di acqua e/o soluzione fisiologica e detergenti ordinari: la prima decontaminazione di solito rimuove circa il 90% della contaminazione. La decontaminazione deve continuare attraverso strofinio e risciacquo delle aree contaminate fino a non superare 100 cpm su una superficie di 10 cm<sup>2</sup>. Eventuali aree di difficile decontaminazione o che presentino contaminazione non rimuovibile dovrebbero essere sigillate con guanti o indumenti in plastica in attesa di un intervento specialistico.

Dopo la decontaminazione il paziente dovrebbe essere valutato da uno specialista in fisica medica per valutare la dose equivalente assorbita che interessa la cute e la dose efficace.

### 7.2.3 Trattamento della contaminazione interna

La contaminazione interna può avvenire a seguito di un evento che provochi dispersione di polveri, liquidi o gas radioattivi, che possono essere incorporati per inalazione, ingestione, permeazione cutanea, ferite o ustioni. Un trattamento efficace presuppone da un lato la conoscenza della sostanza radioattiva responsabile della contaminazione e la sua forma chimica, dall'altro la tempestività. Un approccio di carattere generale al trattamento della contaminazione interna include la riduzione dell'assorbimento, la diluizione, il bloccaggio, lo spostamento attraverso l'impiego di composti non radioattivi, la mobilitazione del composto per favorirne l'escrezione e la chelazione.

Infatti, una volta che il materiale radioattivo attraversa la membrana cellulare è incorporato; l'incorporazione è dipendente dal tempo, correlata a fenomeni fisiologici e alla natura chimica e fisica del contaminante. Può essere rapida e avvenire in tempi dell'ordine dei minuti o lenta e avvenire in tempi dell'ordine dei mesi o degli anni. Dal momento che il fattore «tempo» può costituire elemento di criticità e la prevenzione dell'incorporazione può costituire una priorità, la terapia iniziale può essere stabilita anche sulla base di indicazioni puramente qualitative. In caso di sospetta o accertata contaminazione interna la valutazione della dose connessa dovrà comunque essere effettuata da uno specialista in fisica medica in collaborazione con l'esperto di radioprotezione, attraverso misure dirette o indirette dell'attività incorporata.

La gravità della contaminazione interna può essere valutata da una stima della dose efficace e dal confronto del risultato della stima con quanto indicato in **Appendice 8**.

A seconda della sostanza radioattiva implicata la quantità incorporata e la dose derivante possono essere valutate attraverso una misura diretta o attraverso una misura radiometrica sugli escreti e su campioni di sangue o attraverso stime che partono da determinazioni di tipo ambientale (ad esempio la concentrazione di sostanze radioattive in aria al momento dell'evento e la durata dell'esposizione).

Il trattamento specifico della vittima che presenta evidenze di contaminazione interna deve essere orientato alla riduzione della dose efficace: di solito l'obiettivo può essere perseguito attraverso due metodi:

- attraverso azioni che riducano l'assorbimento e la deposizione interna;
- favorendo l'escrezione o l'eliminazione della sostanza radioattiva.

Entrambi i metodi sono tanto più efficaci quanto più tempestivi.

In ogni caso le azioni devono essere orientate prioritariamente alla gestione delle problematiche cliniche acute e successivamente al controllo della contaminazione esterna, nel senso della prevenzione di una ulteriore incorporazione di sostanze radioattive depositate sulla superficie della vittima attraverso inalazione o ingestione; a seconda delle circostanze ciò può significare la rimozione della contaminazione esterna o la sua semplice ricopertura con un telo. Particolare attenzione dovrebbe poi essere prestata alla documentazione delle condizioni relative all'esposizione, con particolare riferimento al momento e alla sua durata, alla sostanza radioattiva coinvolta alla sua forma chimica, al diametro delle particelle inalate quando tale informazione è disponibile.

La riduzione dell'assorbimento e della deposizione interna può essere ottenuta in diversi modi (si veda ad esempio l'**Appendice 9**) tra i quali si segnala, per la sua particolare criticità, la somministrazione profilattica di ioduro di potassio che dovrà avvenire solo conformemente a quanto indicato nelle linee guida dell'OMS (9). L'escrezione può viceversa essere favorita attraverso la somministrazione di un agente catartico (ad esempio solfato di magnesio o olio di ricino); anche in tal caso è opportuno raccogliere i campioni di urine e di feci per una successiva analisi radiometrica di supporto ad una stima dosimetrica.

Se si sospetta o si evidenzia una importante contaminazione polmonare dovuta a radionuclidi osteotropi (radio, stronzio, attinio, torio, plutonio, etc.) o se c'è evidenza di particelle ad alta attività specifica (decine di mGy/h) nel muco nasale, in aggiunta a quanto sopra indicato possono essere attuate le seguenti azioni per favorire la rimozione della contaminazione <sup>(1)</sup>:

- a) irrigare le narici con una soluzione fisiologica o acqua impiegando un catetere o una siringa: mantenere la testa della vittima piegata su una bacinella a bocca aperta e raccogliere il liquido nella medesima
- b) se la contaminazione persiste ripetere la procedura per tre volte;
- c) monitorare ogni escreto a seguito dei colpi di tosse.

Anche per la determinazione o la stima della quantità di sostanze radioattive incorporate e la conseguente stima della dose efficace possono essere utilizzati diversi approcci:

- a) se il contaminante sospetto è costituito da un alfa emettitore di natura particolata (ad esempio polvere, fumo, etc) va prelevato un campione di muco nasale e/o un tampone orale prima di detergere il viso; l'efficacia di tale campionamento è massima se avviene entro i primi 10-15 minuti dalla potenziale incorporazione per inalazione. La deposizione polmonare può essere approssimativamente determinata in considerazione del fatto che l'attività totale del muco nasale rappresenta circa il 5% di quella depositata a livello polmonare. Nel caso di tampone orale, attenderne l'essiccazione prima di procedere al conteggio; un esito positivo è indicativo ma non conclusivo rispetto all'ipotesi di contaminazione interna. Se non è possibile effettuare un tampone orale, la presenza di contaminazione interna può essere accertata attraverso analisi su un campione di feci;
- b) se si sospetta una contaminazione che interessa il tratto gastrointestinale o i polmoni sarebbe opportuno effettuare un conteggio whole body o un conteggio parziale, se appropriati alla determinazione della sostanza radioattiva da determinare. Il sistema di rivelazione e conteggio dovrà evidentemente essere tarato sull'isotopo e la geometria di misura impiegata, e preventivamente alla misura si dovrà provvedere alla decontaminazione superficiale per prevenire falsi positivi. Tale verifica potrà essere effettuata anche dopo un breve intervallo di tempo dalla sospetta contaminazione interna: va però tenuto conto che la quantificazione dell'uptake polmonare dovrebbe essere effettuato almeno 24 ore dopo l'esposizione per minimizzare l'inevitabile interferenza della contaminazione cutanea residua. La valutazione della dose efficace per i casi di positività dovrebbe essere effettuata sulla base di un adeguato programma di misure di follow-up;
- c) a seconda del tipo di isotopo e della forma chimica, una stima della contaminazione interna può essere effettuata attraverso la raccolta delle feci delle 24 ore in caso di sospetta contaminazione del tratto gastrointestinale o delle urine negli altri casi;
- d) una stima della contaminazione interna da inalazione può essere effettuata anche attraverso la conoscenza dei livelli di contaminazione in aria e la durata dell'esposizione sulla base di una volumetria di aria inalata pari a circa 1 m<sup>3</sup>/h.

### 7.3 Informazione delle vittime

Le eventuali vittime esposte alle radiazioni a seguito di eventi incidentali di qualsivoglia origine dovranno essere adeguatamente informate sugli effetti della dose che hanno assorbito, con particolare riferimento ai possibili effetti acuti, alla cancerogenicità, alla teratogenicità e ai rischi ereditari. Si ritiene che i dati contenuti nell'**Appendice 6** possano essere utili allo scopo.

---

<sup>1</sup> Le azioni indicate vanno attuate considerando il fatto che provocano però una forte irritazione dei seni paranasali.

#### 8. Risorse, formazione e tutela degli operatori sanitari

È necessario che i presidi ospedalieri citati definiscano procedure che consentano, nei tempi più rapidi possibili dalla segnalazione di un evento:

- che uno specialista in radioterapia o in medicina nucleare, possibilmente con qualifica di medico autorizzato, ed uno specialista in fisica medica si rendano disponibili al più presto presso il DEA;
- di reperire il restante personale eventualmente necessario a far fronte allo stato di emergenza;
- di gestire il DEA in considerazione del possibile afflusso di vittime potenzialmente contaminate;
- di adottare tutte le misure utili a garantire la sicurezza degli operatori preposti all'assistenza/soccorso, individuando anche la possibilità di rotazione del personale interessato in funzione dei livelli dosimetrici attesi e/o verificati;
- di rendere disponibili gli specifici preparati farmaceutici, i presidi medico chirurgici e radio-protezionistici per fare fronte alle necessità indotte dall'applicazione delle presenti linee guida, definendo anticipatamente le modalità di approvvigionamento e di reintegro delle scorte dei materiali ordinari e specifici;
- di rendere velocemente disponibili presso il DEA:
  - gli strumenti necessari per la rilevazione della radioattività,
  - il materiale per la eventuale decontaminazione ed il trattamento di soggetti coinvolti,
  - i mezzi per garantire la sorveglianza fisica dei soccorritori e la decontaminazione dei soccorritori;
  - i mezzi per garantire la verifica dei livelli di contaminazione eventualmente presente nelle ambulanze adibite al trasporto delle vittime e la loro decontaminazione prima del reimpiego.

Ai fini della predisposizione di quanto sopra indicato, si suggerisce di visionare una dimostrazione delle procedure da seguire in fase di accettazione di pazienti coinvolti in una emergenza radiologica elaborata dal Radiation Emergency Assistance Center/Training Site (REAC/TS) sul sito <https://orise.orau.gov/reacts/>.

Dovranno inoltre essere predisposte specifiche procedure scritte che consentano di attuare i contenuti delle presenti linee guida; tali procedure dovranno essere oggetto:

- di formazione specifica che riguardi tutto il personale coinvolto nella gestione di tale tipologia di emergenza;
- di esercitazioni con frequenza annuale.

Allo scopo di favorire iniziative di formazione specifica nonché la predisposizione di procedure appropriate oltre ai riferimenti già citati nel testo, si ritiene opportuno segnalare i seguenti riferimenti:

- <https://www.iaea.org/publications/7213/generic-procedures-for-medical-response-during-a-nuclear-or-radiological-emergency>;
- <https://www.iaea.org/publications/13631/preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency-combined-with-other-incidents-or-emergencies>
- NCRP Report n. N° 138, Management of Terrorist Events Involving Radioactive Material, 2001;
- NCRP Report n. N° 65, Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides, 1980;
- ICRP #96, Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack, 2004;
- Gerber, ed., «Guidebook for the Treatment of Accidental Internal Radionuclide Contamination of Workers» Radiation Protection Dosimetry Vol. 41, No 1, 1992.

- Il volume Medical Consequences of Nuclear Warfare scaricabile dal sito <https://ia903101.us.archive.org/18/items/MedicalConsequencesOfNuclear-Warfare/Medical%20Consequences%20of%20Nuclear%20Warfare.pdf> ;
- il volume Medical Management of Radiological Casualties Handbook dal sito <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA376888>

e, inoltre, i seguenti siti internet:

- <https://orise.orau.gov/reacts/>: contiene informazioni, riferimenti, materiale utile per la formazione e l'autovalutazione, esempi di procedure illustrate da foto e filmati forniti dal REAC/TS (radiation emergency assistance center/Training site)
- <https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/index.htm>: contiene le indicazioni del CDC (Center for Disease Control and prevention) specificatamente mirate alla gestione delle emergenze radiologiche;
- [https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto\\_redazione\\_isin/emergenze\\_nucleari\\_e\\_radiologiche.pdf](https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto_redazione_isin/emergenze_nucleari_e_radiologiche.pdf): contiene il Manuale C.E.V.A.D, Manuale per le valutazioni dosimetriche e le misure ambientali predisposto da ISIN
- <http://radefx.bcm.edu/chernobyl/default.htm>
- <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/eprmedt/Start.pdf>: contiene un intero corso di formazione sulle emergenze radiologiche, liberamente scaricabile, articolato su più giornate.

Nelle emergenze considerate nelle presenti linee guida non è escludibile a priori che possano pervenire ai presidi ospedalieri citati vittime portatrici di quantitativi di radioattività elevati, ad esempio sotto forma di schegge all'interno di ferite, e che necessitino di interventi urgenti, non differibili e di durata tale da poter comportare dosi elevate agli operatori sanitari che prestano assistenza. In tal caso, la selezione del personale potenzialmente coinvolto nella gestione sanitaria di emergenze radiologiche dovrà avvenire sulla base della valutazione della idoneità specifica, di adeguata formazione e dovrà essere corredata da idonee coperture assicurative.

## 9. Pazienti ricoverati presso ospedali diversi da quelli di riferimento

Se il paziente / vittima di esposizione si presenta autonomamente o accompagnato presso un pronto soccorso di un ospedale non inserito nell'elenco dei centri di riferimento deve essere isolato in stanza dedicata e dovrà essere contattato AREU per le dovute indicazioni in merito

Se AREU darà indicazioni di trasferire il paziente / vittima di esposizione per un intervento medico presso uno degli ospedali di riferimento, l'ospedale che ha in carico il paziente dovrà contattare l'ospedale di riferimento assegnato che darà indicazioni operative specifiche per garantire un trasporto in sicurezza.

## APPENDICE 1: Sorgenti radioattive di specifico interesse

Nel contesto delle presenti linee guida si ritiene debba essere prestata particolare attenzione a:

- sorgenti radioattive correlabili al ciclo del combustibile nucleare (estrazione, processi di arricchimento, fabbricazione del combustibile nucleare, prodotti di fissione, rifiuti radioattivi): isotopi dell'Uranio ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) e del Plutonio ( $^{239}\text{Pu}$ ), prodotti di fissione in forma solida ( $^{88}\text{Rb}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) e gassosa ( $^{131}\text{I}$ ) e alcuni prodotti di attivazione ( $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{60}\text{Co}$ );
- sorgenti radioattive usate in diagnosi e terapia medica: sorgenti in forma solida di  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  e sorgenti di  $^{131}\text{I}$ ;
- sorgenti radioattive impiegate presenti in attrezzature di tipo militare: sorgenti di  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ;
- sorgenti radioattive impiegate in ambito industriale e di ricerca scientifica: sorgenti in forma solida costituite da  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ .



**APPENDICE 2: Statistiche relative agli incidenti gravi avvenuti dal 1944 al giugno 2001 (fonte International Atomic Energy Agency – IAEA)**

420 incidenti hanno comportato una significativa sovraesposizione di almeno una persona.  
Circa 3000 vittime di sovraesposizioni e 133 decessi Circa 130000 vittime coinvolte in maniera apprezzabile. Nessun atto di tipo terroristico (alla data attuale))

**APPENDICE 3: Dotazione minima specificatamente dedicata alle operazioni di screening da rendersi disponibile all'interno del DEA in caso di emergenza radiologica**

- Monitor ad ampia superficie per misure di contaminazione superficiale (individuale o ambientale);
- Camere di ionizzazione
- Dosimetri individuali elettronici a lettura diretta Dosimetri personali a film o TLD
- Contenitori in piombo per eventuali schegge radioattive rimosse dalle vittime
- Dispositivi di protezione individuale: tute in Tyvek® e guanti
- Dispositivi di protezione individuale: maschere con filtri a carbone attivo
- Materiale per la decontaminazione, Contenitori per materiale contaminato, Nastri per la delimitazione di zone, Segnaletica di sicurezza adesiva
- Modulistica specifica per integrare le informazioni contenute nella cartella clinica con quelle specificatamente legate all'irradiazione e alla contaminazione
- Teli in plastica antisdrucchiolo

#### APPENDICE 4: Risposta tissutale ad irradiazioni acute<sup>(2)</sup>

Dose equivalente ricevuta dalla cute (Sv)	Evidenza clinica
3	Perdita dei capelli <sup>3</sup>
6	Eritema
10	Desquamazione secca
20	Ulcerazione
25	Radiodermite

---

<sup>2</sup> Valori dosimetrici indicati possono evidentemente variare da individuo a individuo.

<sup>3</sup>La perdita dei capelli avviene 10 – 20 giorni dopo l'esposizione

## **APPENDICE 5: Informazioni relative alla valutazione radiologica della vittima**

- Quando è successo l'evento responsabile del ricovero?
- Nel caso di insorgenza di sintomatologia gastrointestinale, dopo quanto tempo dall'evento?
- Quanto e quale materiale radioattivo è coinvolto nell'evento?
- Quali altri problemi clinici possono essere indotti dall'evento oltre la contaminazione radioattiva?
- Che tipo di determinazioni ambientali sono state effettuate sulla scena dell'evento e con quali risultati?
- Oltre le sostanze radioattive sono coinvolti altri agenti chimici tossici e nocivi?
- Quali radionuclidi contaminano il paziente?
- Quale è il valore di  $H^*(10)$  alla superficie del paziente?
- Il paziente è stato esposto a radiazioni penetranti?
- Cosa si conosce in merito alle proprietà fisiche dei composti responsabili di una eventuale contaminazione (ad esempio diametro delle particelle inalate, solubilità del composto etc.)?
- E' stata effettuata una decontaminazione e con quale efficacia?
- Quali specifiche iniziative terapeutiche sono state eventualmente intraprese (ad esempio bloccaggio della tiroide, procedure di diluizione isotopica)?

**APPENDICE 6: Stime della soglia di dose assorbita acuta per incidenze dell'1% di morbidità e di mortalità relative ad organi e tessuti di individui adulti per esposizioni di tutto il corpo a radiazioni gamma**

Effetto	Organo/tessuto	Latenza	Dose assorbita (Gy)
<b>Sterilità temporanea</b>	Testicoli	3 – 9 settimane	~ 0.1
<b>Sterilità permanente</b>	Testicoli	3 settimane	~ 6
<b>Sterilità permanente</b>	Ovaie	< 1 settimana	~ 3
<b>Depressione dell'ematopoiesi</b>	Midollo osseo	3 – 7 giorni	~ 0.5
<b>Fase principale dell'eritema</b>	Pelle (aree estese)	1 – 4 settimane	< 3 - 6
<b>Ustioni della pelle</b>	Pelle (aree estese)	2 – 3 settimane	5 -10
<b>Alopecia temporanea</b>	Pelle	2 – 3 settimane	~ 4
<b>Cataratta (riduzione del visus)</b>	Occhio	Diversi anni	~ 1.5

**Mortalità (incidenza dell' 1%)**

Effetto	Organo/tessuto	Latenza	Dose assorbita (Gy)
<b>Sindrome emopoietica</b>			
– senza trattamento medico	Midollo osseo	30 –60 giorni	~ 1
– con buon trattamento medico	Midollo osseo	30 –60 giorni	2 - 3
<b>Sindrome gastroenterica</b>			
– senza trattamento medico	Intestino tenue	6 –9 giorni	~ 6
– con buon trattamento medico	Intestino tenue	6 –9 giorni	> 6
<b>Polmonite</b>	Polmone	1 –7 mesi	6

## APPENDICE 7: Possibili trattamenti sanitari di vittime irradiate ad alte dosi

Dose (Gy)	Modalità di trattamento	Effetto	Trattamento
0.5 – 1.0	Minima	Vomito	Ambulatoriale, antiemetici (ad es. metoclopramide)
2.5	Di supporto	Sindrome ematopoietica, trombocitopenia, leucocitopenia (pancitopenia), infezioni, emorragie interne severe (da trombocitopenia)	Ospedalizzazione, routine di isolamento, non necessario flussolaminare, emoderivati (soprattutto piastrine), antibiotici a largo spettro, antifungini, antivirali, alimentazione parenterale
3-8	Intensiva	Traslocazione batterica attraverso la mucosa intestinale, Infezioni	Ospedalizzazione Antibiotici a largo spettro
7-8	Intensiva	Shock settico, distruzione del midollo osseo comportante insufficienza immunitaria, emorragie interne, severe (da trombocitopenia), Ustioni cutanee	Ospedalizzazione, Stimolatori della crescita di cellule  staminali, fattori di crescita ematopoietici, (cioè GM-CSF, GCSF), emoderivati (soprattutto piastrine), antibiotici a largo spettro, antifungini, antivirali, alimentazione parenterale, trattamento delle ustioni

Sintomi/Diagnosi	Trattamento suggerito
Nausea, vomito	Metoclopramide 10 mg ev max 3 volte/die  Ondansetron 8 mg iv / os ogni 12 h oppure Granisetron 3 mg iv / os ogni 12h  Diazepam 5-10 mg iv / os ogni 6-8h se vomito refrattario a sola terapia con antiemetici  Idratazione iv
Ansia/agitazione	Pentobarbital 100 mg iv ogni 8h  Diazepam 5-10 mg iv / os ogni 6-8h  Lorazepam 1-2 mg iv ogni 4-6h
Febbre	Paracetamolo 1000 mg iv / os ogni 6-8h  Ketoprofene 100 mg iv ogni 12h oppure Acido Acetilsalicilico 500mg iv ogni 8-12h se febbre refrattaria a paracetamolo.  Idratazione iv (eventuali liquidi freddi).
Emorragie gastrointestinali	Aluminumhydroxide/simethicon 30 ml ogni 4h  Pantoprazolo 40mg iv ogni 12 h

Dolore, spasmi, mucositi, infiammazioni Gastrointestinali	Paracetamolo 1000 mg iv /os ogni 6-8h Scopolamina butilbromuro 20 mg iv ogni 8-12h Morfina 5-10 mg iv o per os ogni 1h
Pancitopenia	Terapia con componenti ematici, trasfusioni di piastrine e globulirossi, fattori di crescita ematopoietici, GMCSF, GCSF, Eltromboglob, Eritropoietina
Sterilizzazione gastrointestinale	Gentamicina/vancomicina/nistatina preparazioni intestinali
Infezioni delle mucose	Sospensione di Nistatina; lavaggi con clorexidina 0.12%; idratazione ed eventuale nutrizione enterale/parenterale
Infezioni opportunistiche	Isolamento, camera asettica Trattamento profilattico: Valacyclovir 500 mg/die Trimetoprim (160 mg)-sulfametossiazolo (800 mg) due-tre volte per settimana per la profilassi della Polmonite da Pneumocystis Carinii (PCP) Fluconazolo 200 mg per os o ev ogni 12h Amfotericina B 3-5 mg/kg ev.
Aplasia del midollo osseo	Trasferimento ad un Centro di trapianti di midollo osseo



## **APPENDICE 8: Possibili accertamenti da effettuarsi su vittime irradiate ad alte dosi**

Esami iniziali da effettuarsi il I, II, III giorno dopo l'esposizione, quindi 2 o 3 volte alla settimana a secondo della situazione clinica

- Esame clinico generale
- Anamnesi
- Raccolta dei disturbi
- Rilievo di segni e sintomi
- Verifica presenza di ustioni cutanee
- Verifica presenza di disordini gastrointestinali

Esami da effettuarsi giornalmente

- Emocromo con formula (almeno in prima giornata ogni tre ore, vedi testo citato)
- Misura del peso
- Test al guaiaco (sangue negli escreti)
- Bilancio (idroelettrolitico) delle immissioni per endovena e per os e delle emissioni urinarie e gastrointestinali

Esami ematologici da effettuarsi il I, II, III giorno dopo l'esposizione, quindi 2 o 3 volte alla settimana a secondo della situazione clinica

- Profilo cellule ematiche (profilo ematico)
- WBC, RBC, HGB, HCT, MCV, MCH, MCHC, RDW-SD, PLT, piastrine
- Striscio ematico (formula leucocitaria)
- neutrofili, linfociti, monociti, eosinofili, basofili
- Profilo elettrolitico Na, K, Ca, Cl, CO<sub>2</sub>
- Profilo chimico: azotemia, creatinina, glucosio, acido urico, colesterolo, trigliceridi, calcio, fosforo, proteine totali, albumina, globulina, bilirubina totale, fosfatasi alcalina, transaminasi ALT/SGPT, transaminasi AST/SGOT, LDH (lattico deidrogenasi), amilasi
- Studio funzione tiroidea: FT4
- Profili biochimico: PT – Tempo di Protrombina (se clinicamente applicabile), PTT – Tempo parziale di Tromboplastina (se clinicamente applicabile), Tempo di Coagulazione (se clinicamente applicabile), Aspirazione del midollo osseo (aspirato midollare) (se clinicamente applicabile), Esame dei cromosomi (FISH) (per valutazione di polimorfismo)

Esami da effettuarsi 6 mesi dopo l'esposizione

- Visita oculistica: lampada a fessura

## Appendice 9: Trattamento di decontaminazione interna per alcuni tipici radio contaminanti

Radionuclide	Farmaco	Modalità di somministrazione	Principio di azione
Iodio	Ioduro di Potassio	130 mg (tavolette) in dose unica, seguiti da 130 mg al giorno per 7 giorni se indicato	Blocca la deposizione tiroidea
Terre Rare, Plutonio, Transplutonici, Yttrio	Zn-DTPA Ca-DTPA	150 -250 ml al 5 % al giorno per settimana) per endovena nell'arco di 60minuti	Chelazione
Uranio	Bicarbonato	2 fiale di bicarbonato di sodio (ciascuna di 44.3 mEq; al 7.5%) in 1000 cc disoluzione fisiologica normale alla velocità di 125 cc/ora; in alternativa somministrazione orale di due tavolette di bicarbonato ogni 4 ore fino a che le urine arrivano a pH 8 -9	Alcalinizzazione delle urine; riduce la probabilità di necrosi tubulari acute
Cesio Rubidio Tallio	Blu di Prussia	1 g in 100-200 ml di acqua per os tre volte al giorno per più giorni	Blocca l'assorbimento dal tratto gastrointestinale e previene il ricircolo
Trizio	Acqua	Idratazione forzata	Diluizione isotopica

## Riferimenti bibliografici

---

- <sup>1</sup> Per Radiation Dispersal Device (RDD) si intende ogni dispositivo in grado di causare in maniera deliberata la radio-contaminazione di una grande superficie senza un'esplosione nucleare
- <sup>2</sup> Accordo tra il ministero della salute le regioni e le province autonome sul documento di linee guida sul sistema di emergenza sanitaria concernente: triage intraospedaliero (valutazione gravità all'ingresso)» G.U. n. 285 del 7 dicembre 2001.
- <sup>3</sup> Medical consequences of nuclear warfare, <https://ia903101.us.archive.org/18/items/MedicalConsequencesOfNuclearWarfare/Medical%20Consequences%20of%20Nuclear%20Warfare.pdf>
- <sup>4</sup> Medical consequences of nuclear warfare, <https://ia903101.us.archive.org/18/items/MedicalConsequencesOfNuclearWarfare/Medical%20Consequences%20of%20Nuclear%20Warfare.pdf>
- <sup>5</sup> ANPA, Irradiazioni accidentali – linee guida per la prima assistenza clinica, Commissione Consultiva per la Sorveglianza Medica nelle Emergenze, 2001
- <sup>6</sup> Confkin, J.J., Walker R.I., Diagnosis, triage and treatment of casualties, Medical Bulletin of the U.S. Army, Europe 43(7):11-15.
- <sup>7</sup> Medical consequences of nuclear warfare, <https://ia903101.us.archive.org/18/items/MedicalConsequencesOfNuclearWarfare/Medical%20Consequences%20of%20Nuclear%20Warfare.pdf>
- <sup>8</sup> ANPA, Irradiazioni accidentali – linee guida per la prima assistenza clinica, Commissione Consultiva per la Sorveglianza Medica nelle Emergenze, 2001
- <sup>9</sup><https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259510/9789241550185-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>