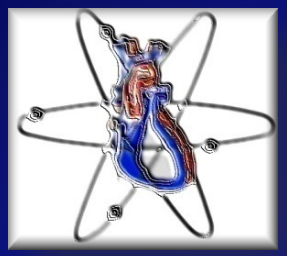
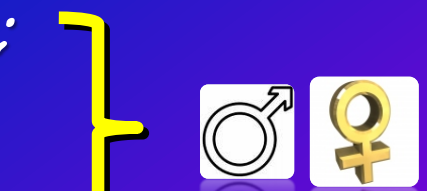
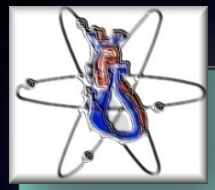


Valutazione del danno sull'uomo

Danni da radiazioni ionizzanti

- Azione lesiva per processi *fisici* di *eccitazione* e *ionizzazione* degli atomi e delle molecole dei tessuti biologici.
  - *diretta*: rottura dei legami in una macromolecola;
  - *indiretta*: produzione di radicali liberi dell'acqua che possono danneggiare le vicine macromolecole.
- Nell'uomo e nella donna, a seconda delle dosi erogate, possono conseguire:
  - danni *somatici deterministici* (effetti acuti);
  - danni *somatici stocastici*;
  - danni *genetici stocastici*;
  - danni da *irradiazione fetale*.





CLASSIFICAZIONE DEL DANNO SULL'UOMO

Danni somatici deterministici:

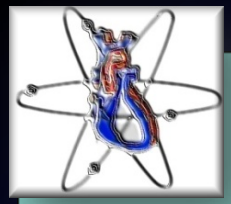
la frequenza e la gravità variano con la dose;
è individuabile una dose di soglia;
il periodo di latenza è solitamente breve

Danni somatici stocastici:

non richiedono il superamento di una dose-soglia per la loro comparsa;
sono di tipo probabilistico;
la frequenza della loro comparsa aumenta con la dose;
hanno lunghi periodi di latenza;
la loro gravità non dipende dalla dose ricevuta;

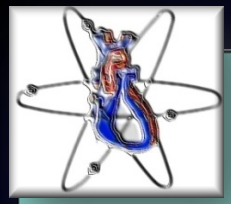
Danni genetici stocastici:

si manifestano nella progenie degli individui irraggiati.



VALORI DI SOGLIA ACCETTATI PER GLI EFFETTI DETERMINISTICI SULL'UOMO

TESSUTO ED EFFETTO	SOGLIA DI DOSE		
	Equivalente di dose totale ricevuto in una singola breve esposizione (Sv)	Equivalente di dose totale ricevuto per esposizioni fortemente frazionate o protratte (Sv)	Dose annuale se ricevuta per esposizioni fortemente frazionate o protratte per molti anni (Sv/anno)
TESTICOLI			
Sterilità temporanea	0.15	n.a.	0.4
Sterilità permanente	3.5	n.a.	2.0
OVAIE			
Sterilità	2.5 - 6.0	6.0	> 0.2
CRISTALLINO			
Opacità osservabili	0.5 - 2.0	5.0	> 0.1
Deficit visivo (cataratta)	5.0	> 8.0	> 0.15
MIDOLLO OSSEO			
Depressione dell' emopoiesi	0.5	n.a.	>0.4
Aplasia mortale	1.5	n.a.	>1A



ALTRI EFFETTI DETERMINISTICI SULL'UOMO

Irradiazione frazionata della cute - dosi soglia per ulcerazioni e fibrosi cutanee:

55 Sv (effetto nel 1-5% dei pazienti)
70 Sv (effetto nel 25-50% dei pazienti)

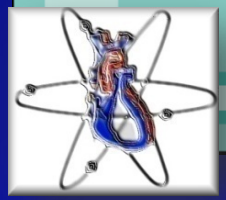
Irradiazione cronica della pelle - radiodermite cronica (“cute del radiologo”): necessita di dose di qualche decimo di Sv alla settimana per lunghi periodi.

Se l'irradiazione acuta avviene al corpo intero o alla maggior parte di esso si ha l'insorgenza della cosiddetta

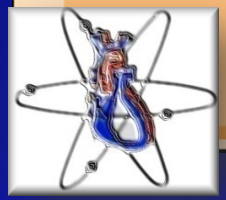
SINDROME ACUTA DA RADIAZIONI

EFFETTI PREVEDIBILI DELLE DOSI ACUTE DI RADIAZIONE ESTESE A TUTTO IL CORPO

DOSE ACUTA (Sv)	EFFETTI PROBABILI
0 ÷ 0.5:	effetti non rilevabili, eccettuata la possibilità di piccoli mutamenti nel sangue.
0.8 ÷ 1.2:	vomito e nausea, per circa un giorno, nel 5 o 10% del personale esposto; senso di stanchezza che però non limita fortemente la capacità lavorativa.
1.3 ÷ 1.7:	vomito e nausea per un giorno, seguiti da altri sintomi del male da raggi, in circa il 25% del personale esposto.
1.8 ÷ 2.2:	vomito e nausea per circa un giorno, seguiti da altri sintomi del male da raggi in circa il 50% del personale esposto; non si verificano decessi precoci.
2.7 ÷ 3.3:	vomito e nausea nel primo giorno, seguiti da altri sintomi del male da raggi, in quasi tutto il personale esposto; circa il 20% di morti in due-sei settimane dopo l'esposizione; i sopravvissuti rimangono convalescenti per circa 6 mesi.
4.0 ÷ 5.0:	vomito e nausea nel primo giorno, in tutto il personale esposto; circa il 50% di morti in un mese.
5.5 ÷ 7.5:	vomito e nausea in tutto il personale entro 4 ore dall'esposizione, seguiti dagli altri sintomi del male da raggi; quasi il 100% di morti.
10:	vomito e nausea in tutto il personale esposto, entro una o due ore; probabilmente non ci saranno superstiti.
50:	inabilità immediata: tutte le persone colpite muoiono entro una settimana.



Tempo dopo l'esposizione	Sopravvivenza poco probabile (7.0 Sv o più)	Sopravvivenza possibile (da 5.5 a 3.0 Sv)	Sopravvivenza probabile (da 2.5 a 1.0 Sv)
1° Giorno	Nausea, vomito e diarrea nelle prime ore In alcuni casi sintomi non definiti (periodo di latenza)	Nausea, vomito e diarrea nelle prime ore	Possibile nausea, vomito e diarrea il primo giorno
1ª Settimana	Diarrea, emorraggia, porpora, infiammazione della gola, febbre	Sintomi non definiti (periodo di latenza)	Sintomi non definiti (periodo di latenza)
2ª Settimana	Rapido deperimento e morte Probabilità di morte 100%	Epilazione, perdita dell'appetito, malessere generale, febbre. Emorragie, porpora, petecchie, emorragia nasale, pallore.	Epilazione, perdita dell'appetito, malessere, ulcerazione della gola
3ª Settimana		Infiammazione della gola e della bocca, diarrea, deperimento	Emorragie, porpora, petecchie, pallore, diarrea, leggero deperimento
4ª Settimana		Morte nella maggior parte dei casi gravi Probabilità di morte 50% per 4.5 Sv	Probabile guarigione in circa 3 mesi, a meno che non insorgano complicazioni

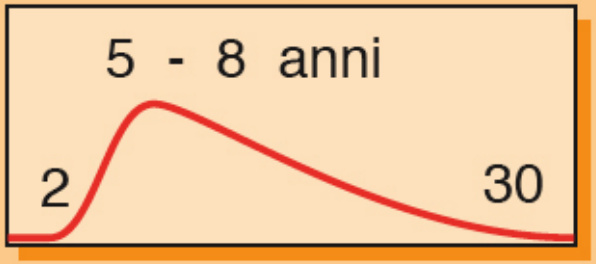


DANNI SOMATICI STOCASTICI

Le informazioni epidemiologiche riguardanti questo tipo di danni sono limitate, al momento, agli effetti prodotti da esposizioni medio-alte. Sono rari i dati per i bassi livelli di dose, per cui la stima del rischio di contrarre una leucemia o un altro tumore radioindotto si effettua estrapolando alle basse dosi i dati delle alte dosi.

Per questo tipo di danni si deve tenere conto di un periodo di latenza e della forma della curva che fornisce la probabilità di insorgenza.

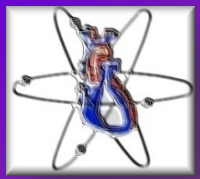
Leucemia: 2 anni di latenza, picco verso i 5 - 8 anni, poi calo



Altri tumori: più di 5 anni di latenza crescita costante dopo i 10 anni

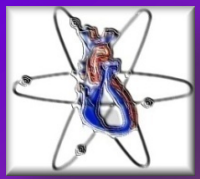
Danni genetici stocastici

- E' il danno da **irradiazione** su cellule **germinali**.
- Può essere trasmesso o manifestarsi sotto forma di disordini ereditari nei discendenti.
- Il **rischio genetico** nell'uomo viene calcolato per estrapolazione partendo dalla **sperimentazione** negli animali da laboratorio ed arrivando ai **dati epidemiologici**.
- La **donna** è a maggior rischio in quanto gli oogoni e gli oociti sono **cellule non rinnovabili** durante la vita.



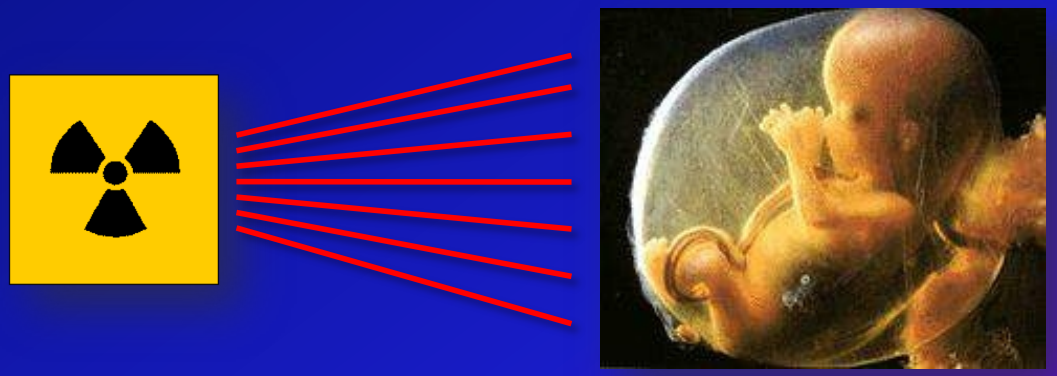
Irradiazione in utero (I)

- L'embrione e il feto sono sensibili all'irradiazione in funzione del loro stadio di sviluppo.
- In particolare nella fase pre-impianto (fino al 9° giorno)



Irradiazione in utero (II)

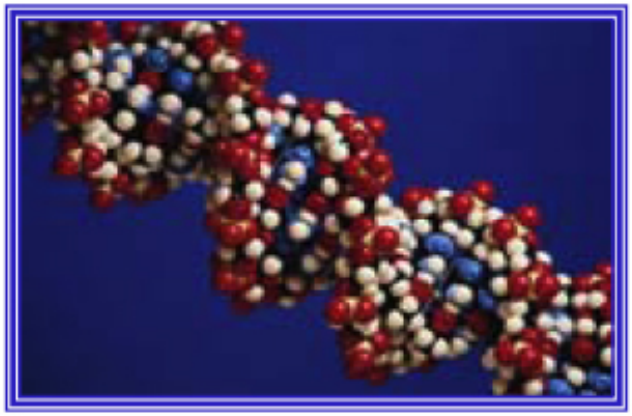
- Nella fase morfogenetica (dal 9° giorno alla fine del II mese) vi è elevata sensibilità con massima probabilità di indurre la comparsa di malformazioni (soglia 50-100 mSv)



Irradiazione in utero (III)

- Nella fase fetale (da III mese a fine gravidanza) vi è un minor rischio di malformazioni generali.
- Vi è però rilevante rischio di sviluppo di difetti a carico del SNC, assai radio-sensibile in questa fase.
  - 8-15 settimane: ritardo mentale;
  - 16-25 settimane: sensibilità SNC 4 volte minore;
  - dopo 25 settimana: sensibilità SNC trascurabile.
- Dal 21° giorno alla fine della gravidanza possibilità di danni stocastici con aumento della probabilità di comparsa di tumori e leucemie in epoca post-natale.

i limiti di dose…

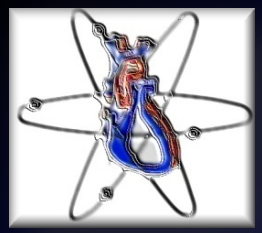


- ***assicurano*** la protezione dai danni deterministici

- ***riducono al minimo***, *ma* ***non azzerano***, il rischio per danni stocastici e genetici

Comprendono *esposizione* ***esterna*** *ed* ***interna***

NB: Si riferiscono a ***TUTTE le sedi lavorative***



Pubblicazione ICRP 103

RACCOMANDAZIONI 2007
DELLA COMMISSIONE INTERNAZIONALE
PER LA PROTEZIONE RADIOLOGICA

Adottate dalla Commissione nel marzo 2007

Coefficienti nominali di rischio, detrimento da radiazioni e fattori di ponderazione dei tessuti

(A 105) I coefficienti nominali di rischio sono derivati facendo la media sui sessi e sulle stime del rischio esteso a tutta la vita, dall'età dell'esposizione, in popolazioni rappresentative. In generale, per la valutazione di rischio, sono stati preferiti gli studi di coorte, perché negli studi caso-controllo retrospettivi, gli errori di selezione possono rappresentare un problema e le stime di dose possono essere molto incerte quando i dati dell'esposizione vengono dal ricordo personale in assenza di documentazione. Le stime di rischio estese a tutta la vita sono calcolate utilizzando le specifiche stime di rischio per le diverse sedi oncologiche. Le stime di rischio da radiazioni sono ottenute dai dati di incidenza per le particolari sedi oncologiche quando adeguati dati di risposta alla dose sono forniti dallo studio sulla durata della vita dei giapponesi (Japanese Life Span Study, LSS), dalle analisi aggregate di studi multipli, o da altre fonti. I dati di incidenza tendono ad avere un minore errore nelle classificazioni diagnostiche rispetto ai dati di mortalità e forniscono migliori stime per i siti che hanno una mortalità relativamente bassa. Per semplificare i calcoli di rischio agli utilizator, le stime sono derivate per maschi e femmine combinati insieme.