



Radioprotezione medica

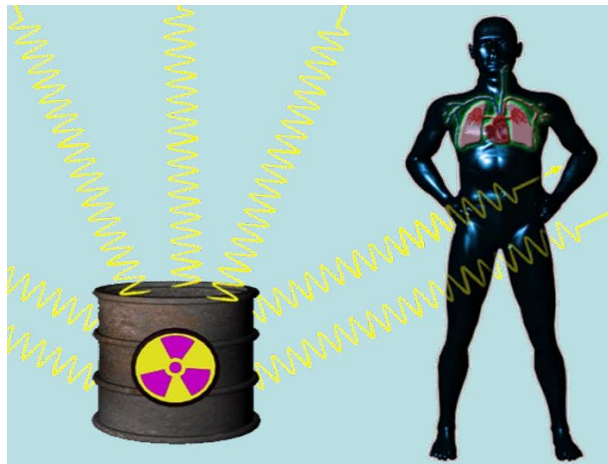
Dott. Fabrizio Colella

*Medico del Lavoro e Autorizzato
Radioprotezione, AIRP*

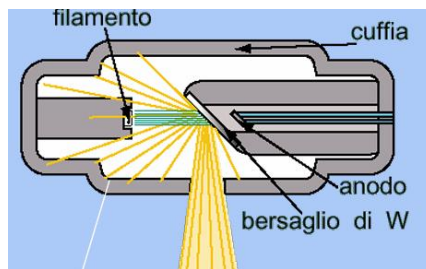


6 Marzo | Palazzo San Giorgio - Sala del Capitano - Via della Mercanzia, 2 - Genova

IRRADIAZIONE ESTERNA



corpo intero



parziale



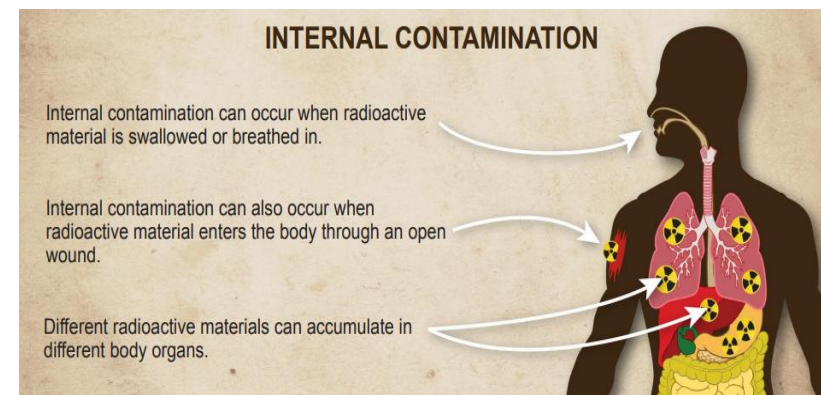
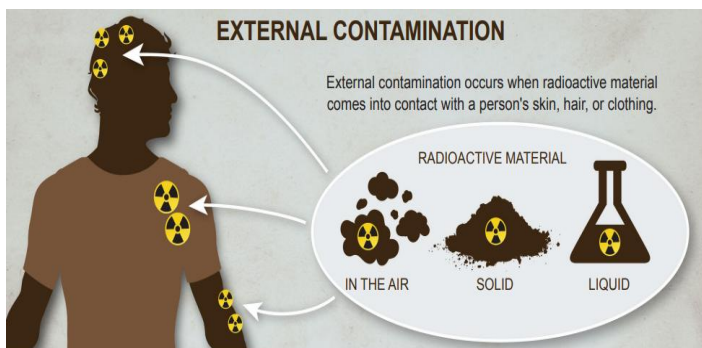
CONTAMINAZIONE

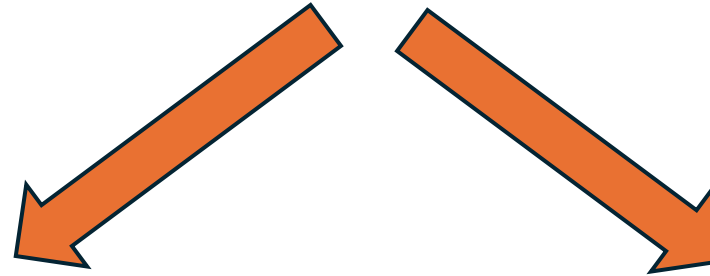
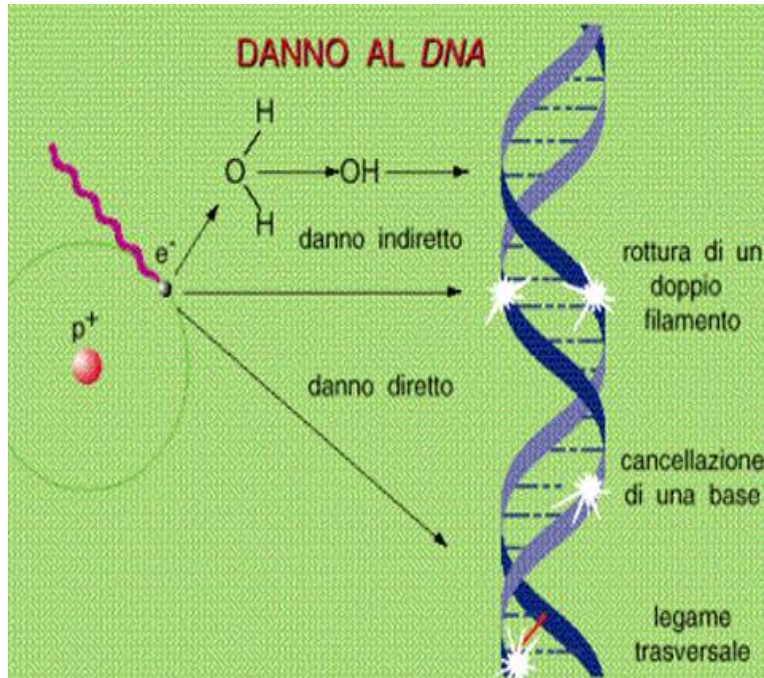
esterna

interna



IRRADIAZIONE INTERNA



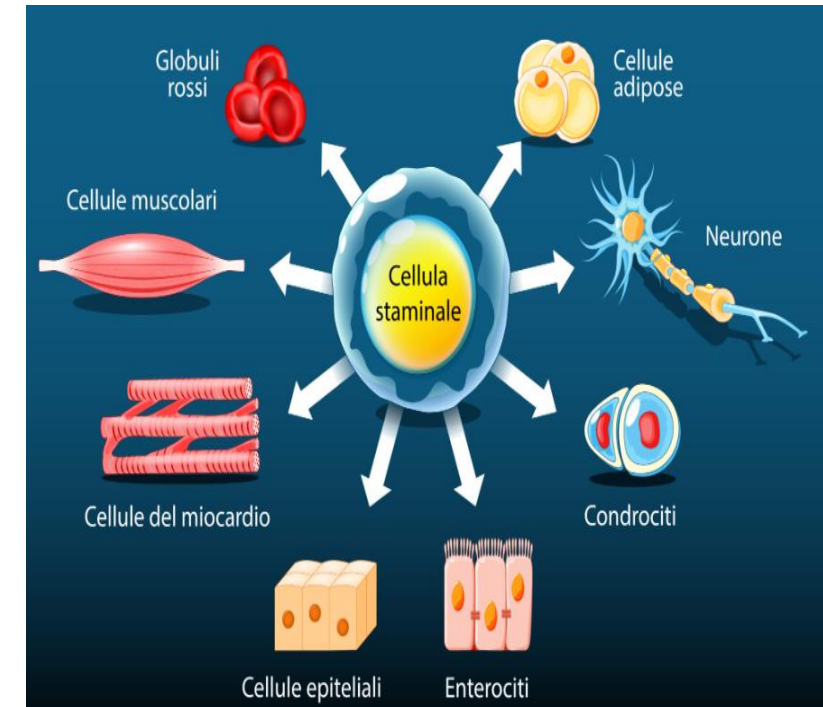
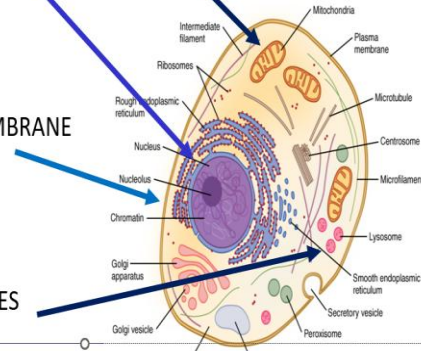


DAMAGE TO THE MITOCHONDRIA
(cellular energy)

DAMAGE TO NUCLEAR D.N.A.
(information)

DAMAGE TO THE CELL MEMBRANE
(cell protection)

DAMAGE TO THE LYSOSOMES
(cell cleaning)



«radiosensibilità direttamente proporzionale all'attività mitotica ed inversamente proporzionale al grado di differenziazione cellulare» (Bergoniè e Tribondeau)

Più radiosensibili: MIDOLLO OSSEO, MAMMELLA, TIROIDE, CRISTALLINO, STOMACO, INTESTINO, POLMONE, GONADI
EMBRIONE E FETO: estremamente radiosensibili

Radioinducibilità oncogena dei principali organi (UNSCEAR)

Organo/tessuto	Associazione causale (radioinducibilità)	Forza dell'associazione
Leucemia	Evidente associazione	+++++
Trachea, bronchi, polmoni	Evidente associazione	++++
Mammella	Evidente associazione	++++
Tiroide	Evidente associazione	++++
Colon	Evidente associazione	++++
Stomaco	Evidente associazione	++++
Cute (Non melanoma)	Evidente associazione con basalioma	++++
Fegato	Associazione	+++
Esofago	Associazione	+++
Vescica	Associazione	++
Ovaio	Associazione	++
Ghiandole salivari	Suscettibili all'induzione	++
Duodeno e tenue	Non fortemente inducibili	++
Pancreas	Dubbia associazione	+
Reni	Dubbia associazione	+
Mieloma multiplo	Dubbia associazione	+
SNC	Dubbia associazione	+
NHL	L'evidenza è molto scarsa	+
Osso e connettivo	Solo sarcoma in bambini irradiati	+
Prostata	Dubbia associazione	-
Retto	Non rilevabili effetti sotto decine di gray	-
Melanoma	Non evidente associazione	-
Utero	Non evidente associazione	-
HL	Non evidente associazione	-

ANNI '40-'50

PREVENZIONE DEGLI EFFETTI DETERMINISTICI (reazioni tessutali avverse)

ANNI '60- TUTT'OGGI

LIMITAZIONE DEGLI EFFETTI STOCASTICI (probabilistici)

EFFETTI STOCASTICI	EFFETTI DETERMINISTICI
SONO A CARATTERE PROBABILISTICO RAPPRESENTATI DA LEUCEMIE E TUMORI SOLIDI	SI MANIFESTANO SE SI SUPERA UNA CERTA SOGLIA DI DOSE ASSORBITA
SI POSSONO MANIFESTARE SENZA IL SUPERAMENTO DI SOGLIA DI DOSE	COLPISCONO TUTTI GLI INDIVIDUI ESPOSTI A DOSE SUPERIORI A QUELLE DI SOGLIA
PERIODO DI LATENZA INDIPENDENTE DALLA DOSE	LA GRAVITA' DELLE MANIFESTAZIONI CLINICHE E' PROPORZIONALE ALLA DOSE ASSORBITA («RELAZIONE DOSE-EFFETTO»)
LA GRAVITA' DEGLI EFFETTI NON E' PROPORZIONALE ALLA DOSE IN QUANTO SONO MANIFESTAZIONI TIPO «TUTTO O NIENTE»	COMPAIONO DOPO LATENZA INVERSAMENTE PROPORZIONALE ALLA DOSE ASSORBITA E DIPENDONO DAL TIPO DI IRRADIAZIONE

- Rischio stimato su studi sopravvissuti bombe atomiche.
 - Hiroshima e Nagasaki: circa 280.000 sopravvissuti esposti.
 - Stime dosimetriche disponibili per circa 100.000 persone.
- Oltre 40.000 con dose superiore al fondo naturale.
- Popolazione più studiata e con massima dose collettiva.
- Documentati cancro ed effetti da esposizione in utero.
- Incerti effetti genetici.

Studi «in vivo»

Studi «in vitro»

VALUTAZIONE MULTIDISCIPLINARE

OBIETTIVI:

- determinare origine della malattia con eziologia sconosciuta
- studiare e controllare una malattia
- programmare piani di controllo e monitoraggio della malattia
- impatto economico della malattia e rapporto costi/benefici



• LIFE SPAN STUDY

- Studio epidemiologico con elevato numero di esposti (~120.000 persone) a seguito esplosioni nucleari del 1945
- EFFETTI A LUNGO TERMINE AD ALTE DOSI SULL'UOMO

OBIETTIVI DI RICERCA:

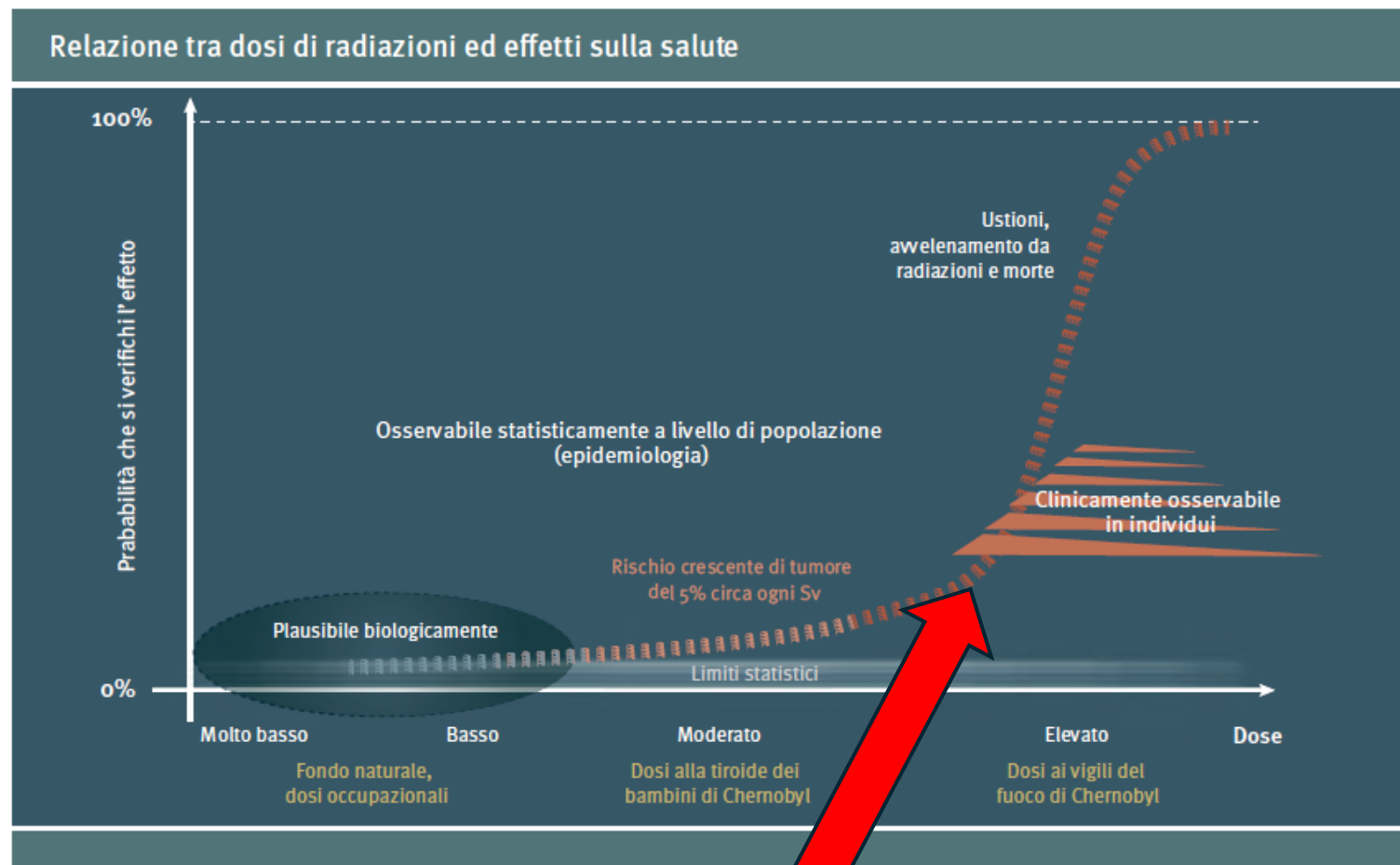
- Aumento rischio cancerogeno
- Leucemie VS Tumori solidi
- Effetti in base all'età degli esposti
- Rischi non oncogeni (cardio-cerebrovascolari, app. digerente)
- Riduzione della durata della vita
- Effetti ereditari



- Studi della R.E.R.F.: non hanno mostrato differenze significative nell'incidenza di cancro o altre malattie tra figli dei sopravvissuti esposti ad alte dosi e la popolazione.
- Negli animali da laboratorio è dimostrato che le radiazioni possono causare mutazioni ereditarie; **negli esseri umani studiati nel L.S.S. tali effetti trasmissibili non sono stati riscontrati in modo verificabile**. La ricerca prosegue, poiché i discendenti sono ancora giovani, ma i dati non mostrano rischi ereditari dovuti all'esposizione genitoriale.



«*Omnia venenum sunt:
nec sine veneno quicquam
existit. Dosis sola facit, ut
venenum non fit*»



Dose che causa effetti certi

DOSE ASSORBITA (misurabile in condizioni di riferimento): $D = \frac{dE}{dm}$

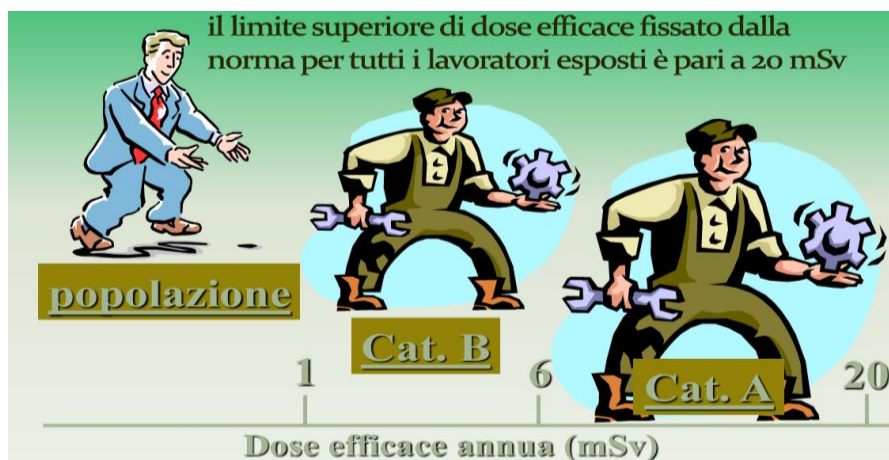
- rapporto tra l'energia media ceduta dalle RI alla materia e la massa di materia contenuta in tale volume.
Unità di misura: **gray (Gy)**

GRANDEZZE RADIOPROTEZIONISTICHE (non misurabili, ma stimabili)

- DOSE EQUIVALENTE: $H_T = \sum_R w_R D_R$ Unità di misura: **sievert (Sv)** **prevenzione eff. deterministici**
- DOSE EFFICACE: $E = \sum_t w_t H_t$ Unità di misura: **sievert (Sv)** **limitazione effetti stocastici**

Tabella n. 1 Fattori di ponderazione delle radiazioni			
Radiazione	Energia	W_R	
		d.lgs. 101/2020	ICRP 103:2007, 119:2012
Fotoni	tutte le energie	1	1
Elettroni e muoni	tutte le energie	1	1
Protoni (escluso rinculo)	>2 MeV	5	2
Alfa Frammenti di fissione Nuclei pesanti	tutte le energie	20	20
Neutroni	< 1MeV	$2.5+18.2 e^{-[ln(E_n)]^{2/6}}$	Stesse formule Curva continua in funzione dell'energia dei neutroni illustrata in figura 1
	1 - 50 MeV	$5,0+17,0 e^{-[ln(2E_n)]^{2/6}}$	
	> 50 MeV	$2.5+3.25 e^{-[ln(0.04E_n)]^{2/6}}$	

Tabella n. 2 Fattore di ponderazione per la radiosensibilità dei vari organi	
ORGANO	W_T d.lgs. 101/2020 ICRP 103:2007
Gonadi	0,08
Midollo osseo rosso Colon Polmone Stomaco Seno Rimanenti tessuti (ghiandole surrenali, regione extratoracica, cistifellea, cuore, reni, linfonodi, muscolo, mucosa orale, pancreas, prostata, intestino tenue, milza, timo, utero)	0,12
Vescica Fegato Esofago Tiroide	0,04
Superficie dell'osso Cervello Ghiandole salivari Pelle	0,01



PROMUOVERE, MANTENERE, SORVEGLIARE LA SALUTE GLOBALE DELLA PERSONA SANA CHE LAVORA
(principi «generali» della Medicina del lavoro)
(documento sanitario personale DO.S.P.)



**SOCCORSO ed ASSISTENZA
dei LAVORATORI CONTAMINATI**

SORVEGLIANZA SANITARIA

RISCHI DETERMINISTICI

RISCHI STOCASTICI

PREVENZIONE TOTALE

LIMITAZIONE ACCADIMENTO

**ISTRUZIONI PER L'USO DEL KIT INDIVIDUALE
(IAEA - Collezione sicurezza, n. 47, 1981)**

<i>Radionuclide</i>	<i>Modalità di contaminazione</i>	
	<i>Ferita</i>	<i>Ingestione o inalazione</i>
(a) Iodio	Bere il contenuto della fiala di KI in un po' d'acqua	
(b) Terre rare, plutonio, transplutonici	Lavare con il contenuto della fiala di DTPA	Inalare 5 capsule di DTPA per mezzo del generatore di aerosol
(c) Cesio	Bere il Blu di Prussia sciolto in po' d'acqua	
(d) Stronzio	Versare il Rodizonato di K sulla ferita e tamponare per farlo penetrare	Bere l' Alginato di Ca sciolto in un grande bicchiere d'acqua zuccherata
(e) Miscela di prodotto di fissione	- bere lo KI (a) - utilizzare Rodizonato di K (d) - lavare con DTPA (b) - inalare il DTPA (b) - bere il Blu di Prussia (c)	- bere lo KI (a) - inalare il DTPA (b) - bere l'Alginato di Ca (d) - bere il Blu di Prussia (c)

VISITA MEDICA PREVENTIVA

VISITA MEDICA PERIODICA

Categoria A: semestrale

Categoria B: annuale

VISITA MEDICA STRAORDINARIA

richiesta dal lavoratore - cessazione rapporto di lavoro - prosecuzione sorveglianza sanitaria con cessazione esposizione in costanza rapporto lavorativo - variazione destinazione lavorativa - aumento rischi connessi attività lavorativa

VISITA MEDICA ECCEZIONALE

sorveglianza sanitaria eccezionale

Esposizione accidentale

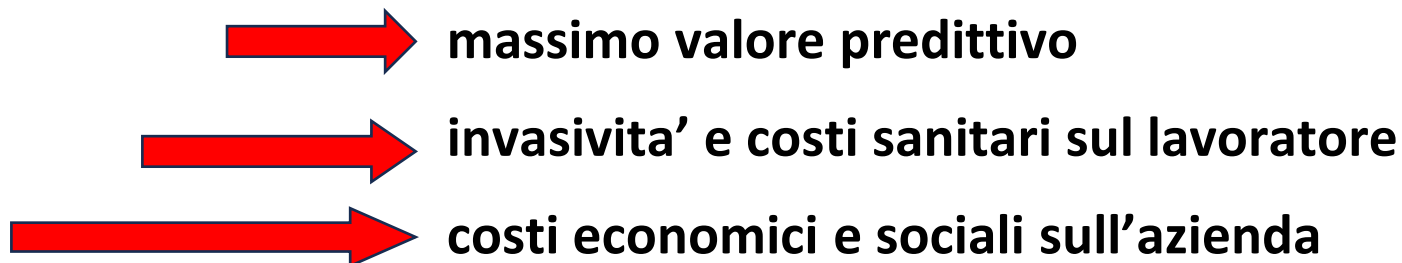
esposizione di emergenza

esposizione soggetta ad autorizzazione speciale



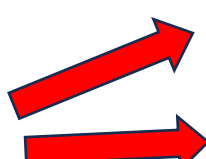
Come «progettare» il protocollo sanitario?

Art. 139 D. Lgs. 101/2020: analisi a carico del M.A. «...analisi dei rischi individuali connessi alla destinazione lavorativa e alle mansioni, al fine della programmazione della sorveglianza sanitaria del lavoratore..»



GIUDIZIO DI IDONEITA' ESPRESSO DAL MEDICO AUTORIZZATO
IDONEO

IDONEO A DETERMINATE CONDIZIONI
(con prescrizioni e/o limitazioni)

NON IDONEO  **temporaneamente**
permanentemente

D.M. 488/01: «...verificare effettiva compatibilità tra condizioni psicofisiche del lavoratore e gli specifici rischi individuali connessi alla sua destinazione lavorativa ed alle sue mansioni»

1) condizioni suscettibili di essere attivate/aggravate dalle Radiazioni

(lesioni precancerose, neoplasie)

2) Condizioni suscettibili di aumentare l'assorbimento di Radiazioni o ridurre l'efficacia dei meccanismi di depurazione o escrezione

(dermatiti acute/croniche, insufficienza renale/epatica, tireopatie)

3) Condizioni che pongono problemi terapeutici in caso di sovraesposizione specie se limitano la decontaminazione

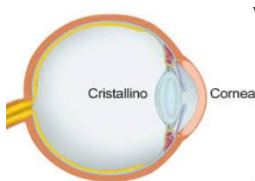
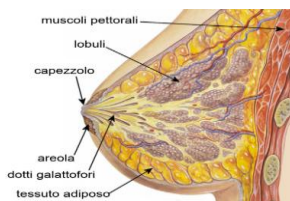
(dermatiti acute/croniche, alterazioni funzionalità renale/epatica, tireopatie)

4) Condizioni suscettibili di essere confuse con patologie derivanti da Radiazioni

(neoplasie, opacità del cristallino)

5) Condizioni suscettibili di porre problemi in ordine a situazioni di sicurezza del lavoro con Radiazioni

(deficit organi di senso, patologie psichiatriche, assunzione di sostanze da abuso)

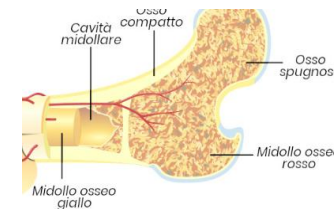


esami complementari standard:

- emocromo completo
- Creatininemia
- Protidogramma elettroforetico
- GOT, GPT, GAMMA GT
- esame urine completo
- ecografia tiroidea
- visita oculistica

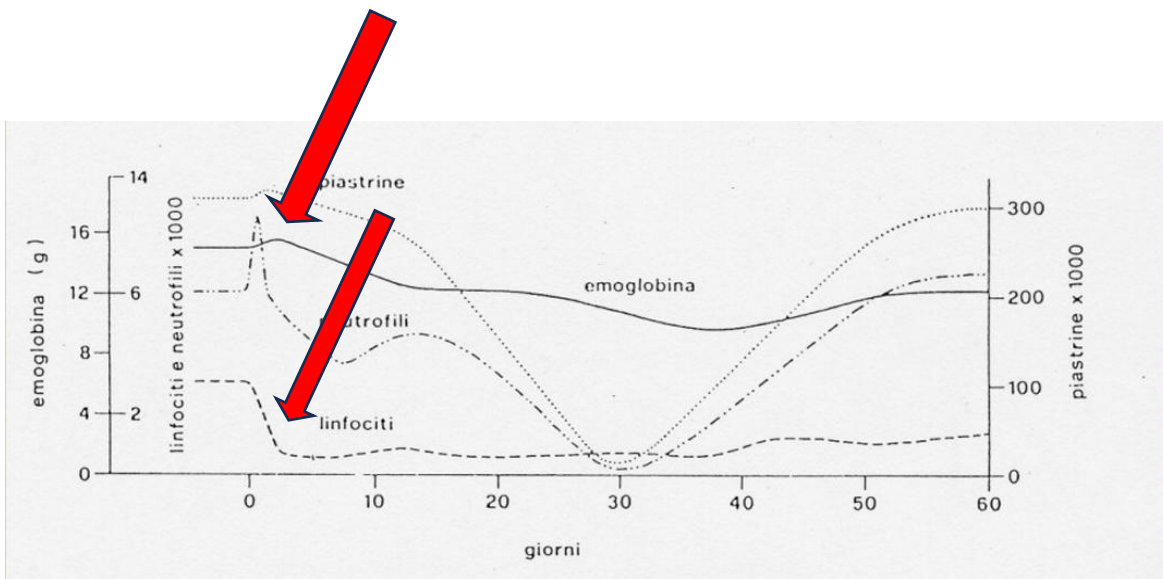
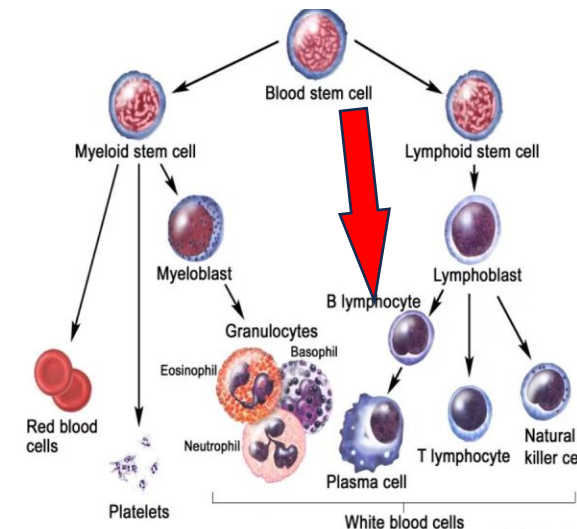
esami complementari «a richiesta del M.A.»:

- visita dermatologica
- ricerca sangue occulto nelle feci
- visita gastroenterologica
- ecografia pelvica
- consulenza senologica
- consulenza psichiatrica
- esami di funzionalità respiratoria



esami complementari standard:

- emocromo completo.....annuale
- Creatininemia.....annuale
- GOT/GPT/GGT.....annuale
- esame urine completo.....annuale
- visita oculistica.....biennale



Cromosoma dicentrico e frammento associato



Percentuale di richieste in aumento
Come gestire tale situazione??



ELEMENTI DA CONSIDERARE:

1) Condizioni legate all'attività lavorativa

conoscere ambiente di lavoro e mansione (sorgente, cat.A/B, dpi/dpc)

2) Condizioni legate allo stato di salute del lavoratore



Stato di salute complessivo

(patologie incompatibili?)



condizioni professionali del lavoratore

(aspetti complessivi del benessere psicofisico)

3) condizioni legate alla patologia osservata

Analizzare la neoplasia (letteratura scientifica) ed utilizzare il metodo «Probabilità di Causa»

Probabilità di causa: esempio di sinergia tra EdR e M.A.

METODO PER DIRIMERE CONTENZIOSI MEDICO LEGALI INERENTI EQUO INDENNIZZO PER NEOPLASIE DA ESPOSIZIONE A RADIAZIONI IONIZZANTI

Cassazione Civile – sentenza n°5704/17

«nell'ipotesi di malattia ad eziologia multifattoriale, il nesso di causalità relativo all'origine professionale di essa non può essere oggetto di semplici presunzioni tratte da ipotesi tecniche teoricamente possibili, ma necessita di una concreta e specifica dimostrazione che può essere data anche in via di probabilità, **ma soltanto ove si tratti di probabilità qualificata**, da verificare attraverso ulteriori **elementi idonei a tradurre in certezza giuridica le conclusioni in termini probabilistici del consulente tecnico**»

La probabilità di causa è una grandezza adimensionale che ci dice quale è la responsabilità dell'evento

«esposizione» **nell'induzione dell'evento tumorale** nelle specifiche condizioni del singolo caso



- sesso del lavoratore
- anno di nascita del lavoratore
- tipo di cancro diagnosticato
- anno di diagnosi del cancro
- dose ricevuta
- rateo di dose (acuto o cronico)
- periodo di esposizione (suddiviso in anni)
- tipo di radiazioni (X, γ , α , β , n)
- energia delle radiazioni
- fumo (solo per il modello di cancro al polmone)
- esposizione al radon (per il modello di cancro al polmone)
- etnia (per il modello di cancro alla pelle)

Il principio è quello «è più probabile che no»

- U.S.A. : PC $\geq 50\%$ al 99° percentile
- ITALIA (INAIL): PC $\geq 50\%$ al 95° percentile
- ITALIA: denuncia M.P. del medico autorizzato: 50% del 50% (25%) al 95° percentile

ATTENZIONE: la P.C. non è uno «STRUMENTO UNICO»: esame obiettivo/anamnesi

Interattivo Programma RadioEpidemiologico NIOSH-IREP v.6.2

Per stimare la probabilità della causa del cancro per l'esposizione alle radiazioni



Per iniziare inserendo manualmente gli input necessari

[clicca qui](#)

Per cominciare utilizzando un file di input fornito da NIOSH

[clicca qui](#)

Calcolare la PC da più tumori primari

[clicca qui](#)

**Utilizza modelli basati su
studi epidemiologici
(L.S.S.)**

<https://irep.oraucoc.org/>

NIOSH-IREP è stato creato per l'uso da parte del Dipartimento del Lavoro per la valutazione di richieste in conformità con il Programma di Compensazione per Malattia Professionale dei Dipendenti dell'Energia Legge del 2000 (EEOICPA). Il NIOSH-IREP è stato adattato dai National Institutes of Health (NIH) Programma Interattivo di RadioEpidemiologia (IREP) sviluppato dal National Cancer Istituto (NCI) per aggiornare le Tabelle Radioepidemiologiche NIH del 1985. (La versione di L'IREP sviluppato dal NCI è noto come NIH-IREP.)

Clicca [qui](#) per dettagli sulle modifiche apportate alla versione attuale di NIOSH-IREP e ad altre versioni recenti. Commenti e suggerimenti devono essere comunicati direttamente al [NIOSH](#).

Interactive RadioEpidemiological Program NIOSH-IREP v.6.2

Personal Information

Claimant Name:	John Q. Doe
NIOSH ID #:	123456
DOL Case No:	123-45-6789
DOL District Office:	CL
Sex:	Male
Birth Year:	1955
Year of Diagnosis:	2015
Claimant Cancer Diagnoses:	Enter Diagnoses
Cancer Model:	Lung
Should alternate cancer model be run?:	No
Inputs for Skin and Lung Cancer Only:	Enter Data

Exposure Information

Number of Exposures:	1
Dose Input Information:	Enter Doses

Other Advanced Features:	Adv Features
--------------------------	---

Use Data Input File

Calculate Probability of Causation

[About IREP](#)

[View Model Details](#)

[Multiple Primary Cancers](#)

[Restart](#)

[End Session](#)

If you have questions or comments, please contact [NIOSH](#)

NIOSH-IREP Assumptions and Settings:

User Defined Uncertainty Distribution: Lognormal(1,1)

Number of Iterations: 20000

Random Number Seed: 99

General Exposure Information:

#	Exp. Year	Organ Dose (cSv)	Exp. Rate	Radiation Type
1	1995	Lognormal (2, 2)	chronic	electrons E<15keV

Radon Exposure Information:

N/A (applies only to cases of Lung Cancer with Radon Exposures)

Probability of Causation (PC)

1st percentile	0.00 %
5th percentile	0.04 %
50th percentile	0.39 %
95th percentile	2.32 %
99th percentile	4.74 %

NON SOLO P.C.
+Anamnesi
+Esame obiettivo

To perform another calculation, please logout and close your browser: [End Session](#)

To calculate PC from multiple primary cancers, click here: [Multiple Primary](#)

Grazie per l'attenzione!

Domande?

dr.colella@libero.it