



# RADIAZIONI AD USO MEDICO RISCHI E BENEFICI

La corretta informazione al Paziente della dose da radiazioni



## **BUONA LETTURA!**

Questo opuscolo è stato elaborato per fornire al cittadino informazioni utili ad affrontare, in maniera consapevole e appropriata, esami di radiologia medica: procedure che, grazie all'uso di radiazioni, permettono di ottenere immagini utili alla diagnosi di diverse patologie.

La diagnostica per immagini ha avuto un impatto senza precedenti nella medicina moderna permettendo di "guardare" all'interno del corpo umano ed intervenire precocemente per salvare vite umane. Accanto a questi benefici indiscutibili, occorre però sapere che, l'esposizione a tali radiazioni, se eccessiva, può comportare alcuni rischi, proporzionali alla quantità di dose assorbita dall'organismo in un determinato tempo e in particolare da alcuni organi più "sensibili". È pertanto fondamentale che il cittadino sia informato e consapevole dell'esistenza di principi di appropriatezza che guidano il medico nella prescrizione di determinati esami.

L'attuazione della Direttiva 2103/59/EURATOM recepita in Italia con l'approvazione del D. Lgs. 101/20 prevede che il cittadino, ogniqualvolta si sottopone ad esami diagnostici, debba essere informato sul quantitativo di dose cui viene esposto.

Nelle pagine che seguono, troverai informazioni sui medici che si occupano di diagnostica per immagini, sulle diverse tipologie di esami, su come leggere il dato dosimetrico, sulle domande più importanti che puoi fare al tuo medico per affrontare l'esame in sicurezza e serenità.

I contenuti di questo opuscolo sono realizzati dal Tavolo Tecnico di Fisica Sanitaria del Centro Regionale HTA CReHTA, al quale ha partecipato un team multidisciplinare composto da Fisici medici, Ingegneri, Medici, Infermieri e rappresentanti di Cittadini.

## L'ENERGIA PER PRODURRE IMMAGINI IN MEDICINA

La diagnostica per immagini è la branca della medicina che si occupa della produzione e dell'interpretazione a fini diagnostici o terapeutici di immagini ottenute attraverso tecniche differenti. A seconda del principio fisico che permette di ottenerle, si distinguono **immagini radiografiche e TC** che utilizzano un tipo di radiazioni ionizzanti (i Raggi X), **immagini ecografiche** (che utilizzano ultrasuoni) e **immagini da risonanza magnetica** che fanno uso di radiazioni non ionizzanti.

Le **immagini PET** (tomografia ad emissione di positroni) e **scintigrafiche**, invece, fanno capo alla medicina nucleare, impiegando isotopi radioattivi, radionuclidi, allo scopo di produrre immagini; ciò avviene grazie al legame del radionuclide ad un farmaco che viene iniettato nel corpo del paziente.

La branca della medicina che si occupa della produzione e utilizzo di radiazioni ionizzanti a scopo di cura è, infine, detta **radioterapia**. Essa sfrutta il principio secondo il quale alcuni tipi di radiazioni ionizzanti, a determinati dosaggi, risultano tossiche per le cellule e per i tessuti biologici umani (malati e sani).

## CHE COSA SONO

### I Raggi X

I raggi x sono radiazioni elettromagnetiche dello stesso tipo della luce visibile, ma più energetiche e invisibili all'occhio dell'uomo. Negli esami radiologici si utilizzano apparecchi che generano i raggi X; la radiazione X attraversa la zona del corpo da esaminare (es. torace, addome, cranio...), si deposita in parte nei tessuti e negli organi (dose) e fuoriesce impressionando, un tempo, una pellicola radiografica, oggi, un dispositivo elettronico sensibile ai raggi X su cui crea l'immagine utilizzata a scopo di diagnosi.

### Le Radiazioni Ionizzanti

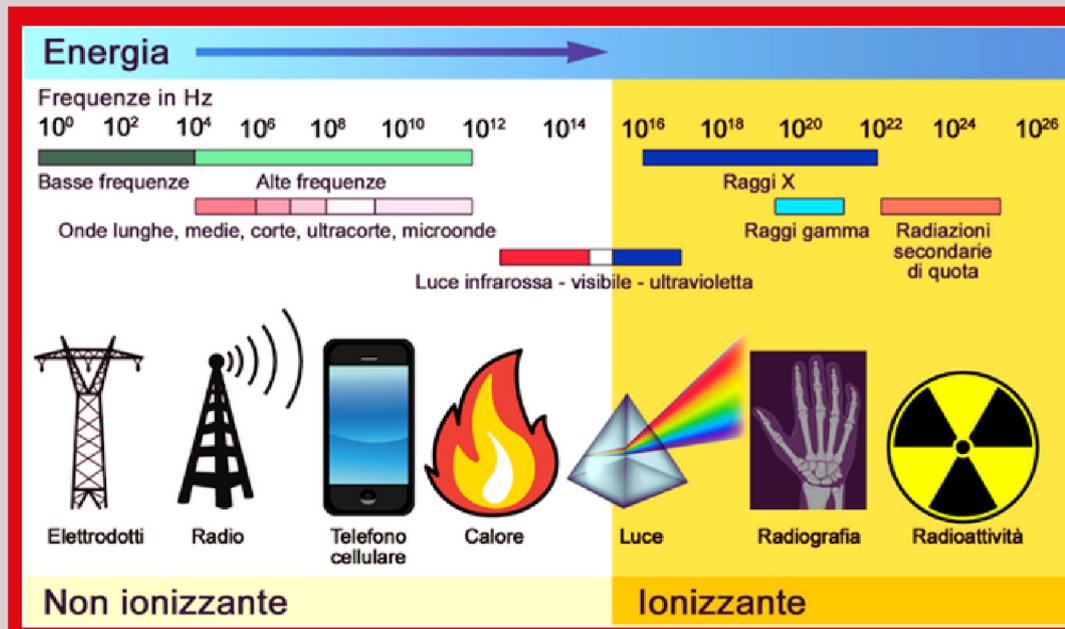
sono radiazioni elettromagnetiche che posseggono abbastanza energia da "ionizzare" gli atomi ovvero in grado di far espellere loro elettroni.

Sono radiazioni ionizzanti: i raggi X, i raggi gamma e le radiazioni ultraviolette di energia superiore ai 10 elettronvolt

### Le Radiazioni NON Ionizzanti

sono radiazioni elettromagnetiche che NON posseggono abbastanza energia da "ionizzare" gli atomi ovvero in grado di far espellere loro elettroni

Sono radiazioni NON ionizzanti: le radiazioni ultraviolette di bassa energia, la luce visibile, i raggi infrarossi, le micro onde e le onde radio



# UTILIZZO DI RADIAZIONI IONIZZANTI IN MEDICINA

Le prescrizioni mediche per esami diagnostici che utilizzano le radiazioni ionizzanti si basano su Linee Guida che tengono conto di un bilanciamento fra rischio e beneficio per il paziente, e sono utilizzate con l'intento di ottenere la migliore immagine radiografica utile a formulare una diagnosi, con la minima esposizione a radiazioni possibile. Per questo motivo, precauzionalmente, la persona viene sottoposta ad esami radiologici sempre in maniera graduale, partendo da quelli che consentono di ottenere utili informazioni diagnostiche con minore dose erogata.

Il rischio di esposizione alle radiazioni è legato alla loro capacità di attraversare i tessuti, proprietà che è alla base del loro funzionamento a scopi diagnostici; durante il loro tragitto attraverso l'organismo, infatti, prima di fuoriuscire e impressionare la pellicola radiografica che restituirà l'immagine utile a fare diagnosi, le radiazioni agiscono sulle cellule dei tessuti provocando delle alterazioni (effetto biologico) i cui effetti diventano rilevanti solo dopo il superamento di determinati livelli di radiazione, denominati soglie/limiti. Gli effetti biologici delle radiazioni, possono essere maggiori per i pazienti giovani perché vivono più a lungo (e quindi potrebbero accumulare un maggior numero di esposizioni e/o presentare con maggiore probabilità effetti tardivi durante la loro esistenza) e perché hanno una maggiore crescita cellulare (quindi una maggiore predisposizione al danno genetico).

Tuttavia, l'utilizzo appropriato delle radiazioni ionizzanti in medicina è utile alla salute dell'uomo e il beneficio per i pazienti dall'utilizzo di radiazioni è certo. La radiodiagnostica moderna assicura esami più veloci e diagnosi più accurate permettendo di controllare una grande percentuale di malattie.



## Di quali esami parliamo?

Descriviamo di seguito le diverse applicazioni delle radiazioni ionizzanti (in particolare Raggi x e gamma) per l'acquisizione di immagini a fini di diagnosi (radiodiagnostica) e cura (radioterapia). Tali applicazioni prevedono metodi di sviluppo di immagini che consentono di visualizzare l'interno del corpo o il funzionamento di parti del corpo, mediante procedimenti tecnici e fisici.

### Radiografia (Raggi X convenzionali)

La radiografia convenzionale a Raggi X è principalmente impiegata negli esami delle estremità, dello scheletro, della cassa toracica e della regione addominale. Considerato che spesso, nel tessuto irradiato, le diverse strutture si sovrappongono, a volte è opportuno scattare più immagini da diverse angolazioni (proiezioni).

### Tomografia assiale computerizzata (TAC o TC)

La Tomografia computerizzata si applica per lo più quando la radiografia convenzionale ai Raggi X non fornisce informazioni sufficientemente precise. Essa consente scansioni corporee prive di sovrapposizioni e con un'elevata risoluzione. Con una speciale tecnica di ricostruzione dell'immagine sono inoltre possibili rappresentazioni tridimensionali. Mediante un mezzo di contrasto si rendono più visibili, sull'immagine, i tessuti meno spessi (vasi e organi cavi).



## RADIODIAGNOSTICA

### L'utilizzo delle radiazioni ionizzanti in medicina è utile alla salute dell'uomo?

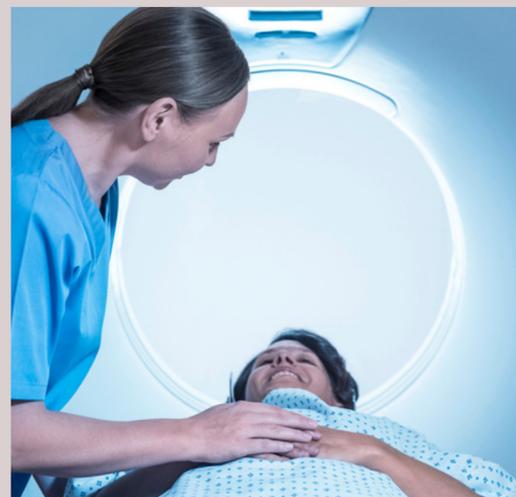
Sì. Il beneficio per i pazienti derivante dagli impieghi medici delle radiazioni è stato stabilito con certezza.

La radiodiagnostica moderna assicura diagnosi più veloci e più accurate e permette di controllare una grande percentuale di malattie.

In medicina si utilizzano numerose procedure che sfruttano le particolari caratteristiche delle radiazioni ionizzanti per l'acquisizione di immagini e la successiva terapia.

Di seguito sono descritte brevemente le differenti applicazioni delle radiazioni in diagnostica e radioterapia.





### Radioscopia (fluoroscopia)

La radioscopia consente una rappresentazione dinamica di processi funzionali del corpo (es. il flusso sanguigno nei vasi o l'attività digestiva dello stomaco). Un suo importante ambito d'impiego sono gli esami diagnostici e terapeutici (radiologia interventistica), dove il procedimento viene applicato anche a scopo di orientazione.

### Mammografia

La mammografia, è utilizzata per l'acquisizione di immagini della mammella femminile e maschile, è impiegata soprattutto per la diagnosi precoce dei tumori. La composizione del tessuto della mammella rende difficile la riproduzione di immagini con buoni contrasti tramite i tradizionali impianti a Raggi X; per questo motivo vengono impiegati i mammografi, apparecchi in grado di produrre intensi raggi X di bassa energia, più adatti ad evidenziare la morfologia della mammella.

### Tomografia volumetrica digitale (DVT)

La Tomografia volumetrica digitale (talvolta denominata CBCT: cone beam computed tomography) viene utilizzata soprattutto nell'otorinolaringoiatria, nella chirurgia maxillo-facciale e nell'odontoiatria. Come la tomografia computerizzata, consente una rappresentazione tridimensionale della regione visitata.

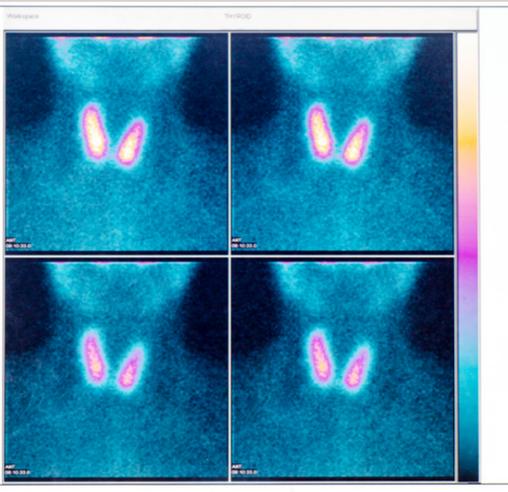
# RADIODIAGNOSTICA IN MEDICINA NUCLEARE

Le immagini medico-nucleari vengono ottenute per mezzo della rilevazione di radiazioni emesse da radiofarmaci distribuiti nell'organismo. I radiofarmaci sono molecole che contengono al loro interno un radionuclide (un atomo radioattivo) e possono essere utilizzati sia a scopo diagnostico sia terapeutico. Le radiazioni utilizzate in medicina nucleare - i raggi gamma  $\gamma$ , i raggi beta  $\beta^-$  e  $\beta^+$  - provengono dai nuclei atomici (da qui il termine nucleare), al contrario dei raggi "X" utilizzati in radiologia che provengono da parti più esterne dell'atomo (orbitali elettronici). La dose di radiazione rilasciata durante un esame di medicina nucleare dipende dal tipo di radiofarmaco utilizzato, dal tipo di radiazione emessa dal radionuclide utilizzato per marcare il farmaco, così come dalla distribuzione e dal tempo di permanenza dell'attività radioattiva del radionuclide nel corpo (tempo di dimezzamento). Quest'ultimo viene determinato dalla velocità e dal tipo di escrezione. Nel foglietto illustrativo del radio-farmaco è indicata la stima di radiazione assorbita dal paziente per ogni quantità di radio-farmaco somministrato e ciò dipende anche dal peso del paziente. I radiofarmaci sono somministrati per via endovenosa o assunti per via orale e la loro diffusione e/o accumulo nell'organismo, così come la loro eliminazione sono monitorate per trarre conclusioni in merito al funzionamento di diversi organi in considerazione dell'irrorazione sanguigna locale o della presenza di depositi nocivi. Quando i radiofarmaci sono utilizzati a scopo terapeutico (in ambito oncologico per esempio) si parla di Teranostica; Il radiofarmaco iniettato nell'organismo ha la capacità di legarsi in maniera particolare alle cellule tumorali uccidendole.

Il tipo di radiofarmaco e la sua quantità viene decisa dal medico nucleare.

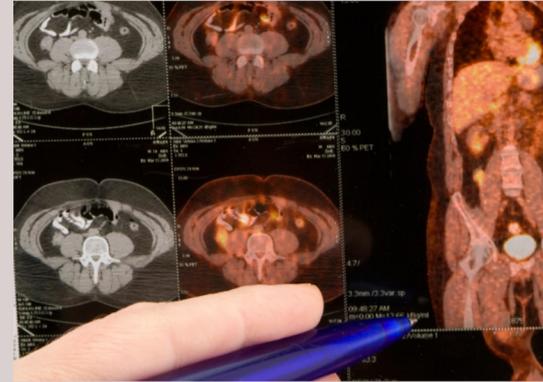
In medicina nucleare, in aggiunta ai radiofarmaci, si utilizzano tecnologie con funzione di rivelatori di radioattività detti scanner. In funzione delle differenti tipologie di scanner distinguiamo due principali esami diagnostici: la Scintigrafia e la PET.

Tuttavia, l'utilizzo appropriato delle radiazioni ionizzanti in medicina è utile alla salute dell'uomo e il beneficio per i pazienti dall'utilizzo di radiazioni è certo. La radiodiagnostica moderna assicura esami più veloci e diagnosi più accurate permettendo di controllare una grande percentuale di malattie.



## PET

La PET (Positron Emission Tomography) è uno scanner più complesso e comporta la somministrazione, nella maggior parte dei casi, di glucosio per via endovenosa, marcato da una molecola radioattiva (per esempio il Fluoro 18 ): l'emissione di radiazioni è captata dal tomografo che rivela la distribuzione delle molecole radioattive a maggiore "attività" metabolica specifica, evidenziando così le cellule che utilizzano maggiormente il glucosio iniettato. La PET è utilizzata in oncologia, per diagnosi in ambito cardiopatico o neurodegenerativo (con traccianti specifici), oltre a essere utile a verificare l'andamento di una terapia. L'anello circolare della PET oggi è quasi sempre integrato anch'esso ad un anello TAC (PET-TAC) consentendo la costruzione di una immagine integrata grazie anche ai raggi X che consentono una più precisa ricostruzione anatomica.



## Di quali esami parliamo?

### Scintigrafia

La Scintigrafia è un esame di medicina nucleare che si basa sulla somministrazione di radiofarmaco (principalmente Tecnezio). Lo scanner, chiamato GammaCamera, rivela la distribuzione di questa sostanza radioattiva nei tessuti e negli organi e ne evidenzia la specifica funzionalità. Per ottenere una elaborazione in tre dimensioni dell'immagine associata al funzionamento degli organi, il dispositivo più complesso utilizzato è la SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) spesso accompagnata da una versione con anello TAC (SPECT-CT).





## MEDICO SPECIALISTA (RADIOLOGO - MEDICO NUCLEARE)

Il medico specialista consentirà l'esecuzione dell'esame prenotato. Sarà lui ad avere la responsabilità della giustificazione dell'esame cioè di valutarne ulteriormente l'appropriatezza basandosi sulle proprie competenze, sulle evidenze scientifiche, su linee guida e, facendo un'analisi rischio-beneficio, di approvarne la necessità di esecuzione, anche in presenza di situazioni particolari (es. bambini, donne in gravidanza, etc.); raccoglierà infine l'espressione del tuo consenso dopo averti informato e aver risposto a tue eventuali domande di chiarimento anche inerenti alla classe di dose di radiazione a cui sarai esposto

## FISICO MEDICO

Il Fisico medico (ovvero lo specialista in Fisica Medica) è colui che si occupa di sicurezza, prevenzione e protezione dei pazienti proprio nel campo dell'esposizione alle radiazioni (radioprotezione); è responsabile della valutazione preventiva e consuntiva della "dose" di radiazione assunta dal paziente nelle indagini radiologiche, medico nucleari e nei trattamenti radioterapici, fornisce pareri sulle apparecchiature radiologiche in fase di acquisizione, di accettazione



e, insieme al Medico Specialista e al Tecnico Sanitario di Radiologia Medica (TRSM), ne assicura la garanzia di qualità.

Il Fisico medico, inoltre contribuisce ad ottimizzare, assieme al Medico specialista e al TRSM, le procedure e i protocolli di esecuzione degli esami per ottenere, con dosi inferiori di radiazione, immagini di qualità adeguata a soddisfare i requisiti diagnostici e, quindi, per migliorare continuamente la tua protezione dalle radiazioni

Il Fisico medico nell'attività routinaria può assicurarti ulteriori chiarimenti sul dato dosimetrico già comunicato dallo specialista, dal Medico di Medicina generale o dal Pediatra di libera scelta. In casi specifici e per prestazioni complesse, il Fisico medico può certificare il dato. A tal proposito, puoi rivolgerti alla Direzione sanitaria della struttura in cui hai effettuato l'esame o al Medico Specialista che te lo refererà per sapere come fare per richiedere un approfondimento da parte del Fisico medico.



## Quali sono i medici e gli operatori sanitari che si occupano degli esami radiografici?

### MEDICO DI MEDICINA GENERALE (MMG)

Il tuo Medico di base o il Pediatra di libera scelta sarà colui che prescriverà l'esame per te o per il tuo bambino/a, ne valuterà per primo l'appropriatezza e ne consiglierà o meno l'esecuzione avendone analizzato il rapporto fra rischio e beneficio.



## TECNICO SANITARIO DI RADIOLOGIA MEDICA

È il professionista sanitario che, previa prescrizione medica, effettua gli interventi che richiedono l'uso di radiazioni ionizzanti e che materialmente effettuerà l'esame cui ti sottoporrai. Si occupa dei Controlli di Qualità quotidiani riportati nel protocollo elaborato dal Fisico medico e approvato dal Medico Radiologo/Nucleare/Radioterapista. Tali controlli garantiscono il buon funzionamento delle apparecchiature.

## INFERMIERE

È il professionista sanitario che assiste la persona durante l'esecuzione dell'indagine diagnostica e si occuperà:

- del controllo, in collaborazione con l'equipe, della documentazione utile al consenso informato;
- di rassicurarti in modo da ridurre l'ansia e lo stress durante l'esecuzione dell'esame e quindi ridurre il rischio di effetti collaterali o effetti simili confondenti;
- di controllare la rimozione di oggetti che possono produrre artefatti o ostacolare l'esecuzione dell'esame (es. protesi dentarie, oggetti in metallo, monili);
- di assicurare, se necessario, un accesso venoso di calibro adeguato;
- di somministrare per via endovenosa liquidi e/o farmaci prescritti dal medico radiologo al fine di una corretta esecuzione dell'esame diagnostico (es. mezzo di contrasto, sedazione, etc);
- di aiutare a riconoscere sensazioni e percezioni che potresti avvertire con la somministrazione di tali farmaci e di monitorare i tuoi parametri vitali durante l'esecuzione dell'esame in sedazione.





**Alcuni esami radiodiagnostici  
sono un mezzo importante di  
prevenzione!**

## DOSE... CHE COS'È?

La dose assorbita è la quantità di energia assorbita nei tessuti. Essa è proporzionale alla durata dell'esame, alle dimensioni volumetriche del corpo e alla sensibilità radiologica degli organi esaminati nonché alla capacità di penetrazione dei raggi. Le radiografie di singoli denti o delle mani e dei piedi, per esempio, sono quelle che comportano le minori dosi di radiazione, mentre quelle maggiori si riscontrano in interventi complessi e di lunga durata al cuore. Spesso si teme esageratamente la pericolosità delle radiazioni ionizzanti artificiali (come ad es. quelle generate dall'uomo, cosiddette antropiche, per uso medico) poiché si sottovaluta che, tutti noi, siamo costantemente esposti a dosi di radiazioni normalmente presenti anche in natura: la radioattività è infatti una normale componente dell'ambiente naturale e origina dalle rocce o dalle acque terrestri e dallo spazio (raggi cosmici). La concentrazione dei radionuclidi naturali nel suolo e nelle acque varia molto da luogo a luogo a seconda della composizione del terreno; l'atmosfera terrestre funge da schermo riducendo l'esposizione della popolazione ai raggi cosmici perciò in alta montagna o in aereo, lì dove ci si trova in condizioni di rarefazione dell'atmosfera, si ha un aumento significativo dell'esposizione alle radiazioni. Alla luce di quanto detto, per fornire ulteriori delucidazioni, può essere utile paragonare la dose derivante da un esame diagnostico con la dose che comunque assorbe il paziente, in un tempo definito, in quanto abitante del pianeta Terra. (es. a quantità di radiazioni da una radiografia del torace di un adulto (0,08 mSv) è circa la stessa di 10 giorni di radiazioni naturali di fondo a cui siamo tutti esposti come parte della nostra vita quotidiana (Tab.1).

## Dose Efficace per tipico paziente adulto (EfD) e quantità di tempo per ricevere l'equivalente dose dal fondo naturale (BERT)

Tab.1

Procedura Radiologica	(mSv)	quantità di tempo per ricevere l'equivalente dose dal fondo naturale
Dentale, intraorale	0,06	1 settimana
Radiografia del torace	0,08	10 giorni
Radiografia del rachide cervicale	0,1	2 settimane
Radiografia della colonna toracica	1,5	6 mesi
Radiografia della colonna lombare	3	1 anno
Radiografia del cranio	0,07	11 giorni
Radiografia dell'anca	0,3	7 settimane
Radiografia della pelvi	0,7	4 mesi
Radiografia dell'addome	0,7	4 mesi
Radiografia di arti e articolazioni (eccetto anca)	<0,01	<1,5 giorni
TC cervello	2	1 anno
TC torace	8	3,6 anni
TC addome/pelvi	10	4,5 anni

Tab 1 - Traduzione del Centro Regionale HTA Puglia da Adattamento di BF Wall: Patient dosimetry techniques in diagnostic radiology, York, UK 1988, Institute of Physics and Engineering in medicine, pp 53, 1717; cameron JR: Med Phys World, 15:20, 1999; Stabin MG: Radiation protection and dosimetry: an introduction to health physics, New York, 2008, Springer.



## Come si misura la dose assorbita?

Ci sono vari modi per misurare l'esposizione alle radiazioni e familiarizzare con questi concetti può essere utile:

**Dose assorbita:** esprime la quantità di energia assorbita dai tessuti in funzione della massa corporea; è indipendente dalla natura delle radiazioni. Essa può determinare effetti biologici nei tessuti interessati, la cui entità è variabile a seconda dell'energia rilasciata, dell'organo interessato, dell'età della persona. L'unità di misura utilizzata è il gray (Gy)

**Dose equivalente (HT):** rappresenta la dose assorbita in funzione del tipo di radiazione; a parità di dose assorbita, infatti, gli effetti possono essere diversi a seconda del tipo di radiazioni per la diversa modalità con cui esse cedono energia ai tessuti. L'unità di misura attualmente utilizzata è il sievert (Sv)

**Dose efficace (E):** rappresenta la dose assorbita in funzione del tipo di radiazione e dei diversi tessuti; ci sono infatti tessuti che hanno una maggiore sensibilità alle radiazioni, sono cioè più radiosensibili di altri. (es: il midollo, il colon e il polmone sono più radiosensibili della pelle e delle ossa). L'unità di misura attualmente utilizzata è il sievert (Sv). La dose efficace può variare in base all'altezza e al peso di una persona, al modo in cui viene eseguita la procedura e all'area del corpo esposta alle radiazioni.

**Tab.2 Dosi tipiche di radiazioni\***

Metodiche di imaging	Media dose effettiva di radiazioni (mSv)
RX torace (proiezione postero-anteriore)	0,02
RX torace (2 proiezioni: postero-anteriore e laterale)	0,1
RX della colonna lombare	1,5
RX degli arti	0,001-0,01
RX addominale	0,7
Clisma opaco	8
Mammografia	0,4
TC cranio	2
TC torace, addome e pelvi	6-8
Coronarografia	7
Coronarografia con interventi	15
Scintigrafia polmonare perfusionale	2,0
PET (senza TC total body)	7
Scintigrafia ossea	6,3
Scintigrafia epatobiliare	2,1-3,1
Scintigrafia miocardica con tecnezio sestimibi	9,4-12,8

\* Le dosi possono variare.



## Qual è il momento giusto per chiedere informazioni?

È sempre il momento giusto per chiedere informazioni al tuo medico. Non devi avere timore di avviare un dialogo con lui o porre le domande che possano chiarire tutti i tuoi dubbi. Le figure che potranno fornirti le informazioni specifiche in merito agli esami radiografici sono il Medico di Medicina Generale o il Pediatra di libera scelta, il Medico Specialista Radiologo o Medico nucleare, il Fisico medico.

## Cosa devi sapere?

- perché l'esame cui devi sottoporerti è utile;
- se invece di effettuare l'esame è possibile ottenere informazioni da indagini effettuate in precedenza;
- se, tenendo conto dell'efficacia, dei vantaggi e dei rischi, ci sono tecniche alternative che si pongono lo stesso obbiettivo, ma non comportano l'esposizione alle radiazioni ionizzanti;
- se l'eventuale ripetizione dell'esame - ad esempio nei casi di monitoraggio della evoluzione della malattia - è compatibile con i tempi di progressione o di risoluzione della stessa, e non è effettuata con frequenza superiore a quella strettamente necessaria.

## CI SARANNO DUE MOMENTI IN CUI POTER COMUNICARE CON IL MEDICO

### PRIMA DELL'ESAME

Il Medico che ti ha prescritto l'esame e il Medico Specialista che lo refererà ti forniranno tutte le informazioni inerenti a:

- la motivazione della prescrizione
- la modalità di esecuzione dell'esame
- eventuali rischi o effetti collaterali
- la stima della dose a cui sarai sottoposto.

Puoi esprimere loro ogni tuo dubbio e chiedere eventuali chiarimenti.

Potrai inoltre chiedere al Fisico medico\*:

- chiarimenti sulla dose prevista da ricevere per l'esecuzione dell'esame e i relativi rischi/benefici.

\* La tua richiesta al Fisico medico potrà essere mediata dal Medico Specialista, oppure potrai informarti presso la Direzione sanitaria della struttura in cui effettuerai l'esame su come fare per chiedere chiarimenti al Fisico medico (scrivendo una mail ad una casella di posta dedicata, chiamando un numero verde, etc.)

### DOPO L'ESAME

Oltre alle informazioni preliminari che riceverai dai Medici interessati riguardo alla diagnosi e/o all'esecuzione di ulteriori esami diagnostici, puoi richiedere al Fisico medico, per il tramite dello specialista che referta l'esame, informazioni e chiarimenti riguardanti la dose ricevuta.

L'informazione sulla dose relativa alla prestazione eseguita sarà:

- Comparativa con la dose assorbita per esposizioni alle radiazioni naturali;

- Comparativa con altre metodiche;
- Approssimativa e riferita a classi di dose (eccetto in casi specifici es. in gravidanza);

- Rapportata ad una scala di rischio. Sul referto saranno annotate informazioni che, su richiesta, il Fisico medico potrà spiegarti.

# CI SONO DEGLI ESAMI PER CUI È POSSIBILE RICHIEDERE UNA VALUTAZIONE CERTIFICATA DAL FISICO MEDICO?

Il Fisico medico che, in concomitanza con il rilascio del referto, di norma si occupa della attribuzione della classe di dose in funzione dell'esame e della sua modalità di effettuazione, su richiesta specifica, fornisce una valutazione certificata sulla dose personale assorbita (dose assorbita dai tessuti) e dei conseguenti livelli di rischio, in riferimento ad uno degli esami elencati qui di seguito:

1) **Esami effettuati con apparecchiature ibride:** RM -PET (Risonanza Magnetica con anello PET), RM-RT (Radioterapia con guida a Risonanza Magnetica), SPECT -TC (Gammacamera con anello TAC)

2) **Pratiche speciali:** esami radiologici eseguiti su pazienti pediatrici o su pazienti in gravidanza; esami radiologici di screening; esami radiologici comportanti alte dosi per il paziente (es. radiologia interventistica o neuro radiologia, tomografia computerizzata o radioterapia)

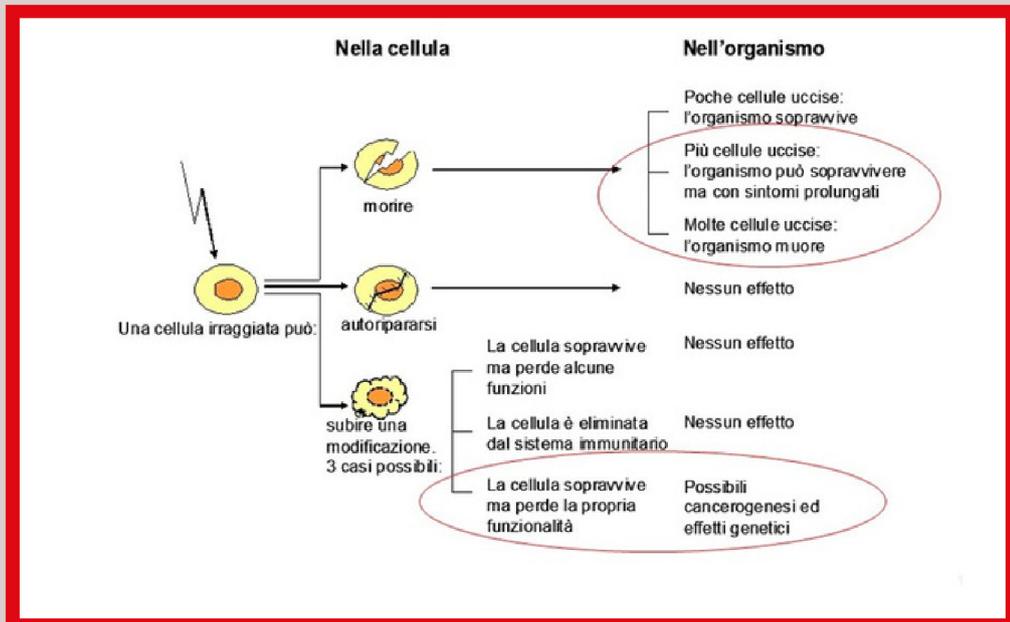
3) **Esami radiologici a scopo non medico** (es. accertamenti assicurativi).

Il Fisico medico consultato dovrà condurre un'indagine approfondita e pervenire ad una valutazione dosimetrica ad hoc con valori di dose equivalente in organo o tessuto, trascritti in una relazione od un certificato che servirà al medico specialista per la valutazione del rischio specifica del paziente.

Perché il Fisico possa svolgere questa particolare valutazione, la richiesta gli deve essere rivolta per il tramite dello Specialista che ha refertato l'esame o della Direzione sanitaria della struttura in cui effettua l'esame. Qui il paziente può informarsi sulle modalità previste per formulare la richiesta.

## Quali possono essere gli effetti collaterali o i rischi delle radiazioni?

Le radiazioni possono avere due tipi di effetti. Un effetto diretto che compare nella persona esposta a una quantità di radiazioni al di sopra di una determinata soglia e che si manifesta con danno (per esempio con un'ustione sulla pelle, alopecia...), ma non è certamente il caso della radiologia convenzionale, in quanto la quantità di radiazioni necessaria per un effetto di questo tipo è di molto superiore a quella comunemente impiegata negli esami radiologici. Il secondo tipo di effetto da considerare è di tipo probabilistico: con l'esposizione ad una certa dose di radiazione, anche se molto piccola (non esiste una soglia minima) le probabilità di comparsa di un tumore aumentano di una certa percentuale (effetto carcinogenetico).



Fonte: Arpa Lombardia

Nella figura è riportato l'effetto differente che la radiazione può esercitare sulla cellula e sull'organismo (in funzione della quantità di cellule interessate e della capacità delle cellule di ripararsi).

la comparsa di qualunque sintomo va comunque sempre tempestivamente segnalata agli operatori sanitari in servizio o al proprio medico



## Quali sono le situazioni più rischiose?

Oltre che dalla dose e dal tipo di esame effettuato, il rischio da esposizione alle radiazioni può dipendere da alcune situazioni specifiche che possono rappresentare un rischio aggiuntivo

- La gravidanza
- La prima infanzia
- L'infanzia

Il rischio è maggiore nei pazienti giovani perché nelle fasi di accrescimento la velocità di crescita cellulare (e quindi di predisposizione al danno genetico) è maggiore e inoltre, essendo la prospettiva di vita più lunga nei giovani rispetto ai soggetti adulti o anziani, il lasso di tempo a disposizione di possibili tumori per svilupparsi è maggiore; inoltre l'esposizione alle radiazioni è cumulativa e quindi si somma l'effetto dell'esposizione a più esami eseguito nel corso della vita, indipendentemente dall'intervallo tra di essi.

Il rischio dipende anche dal tessuto irradiato. Il tessuto linfoide, il midollo osseo, il sangue, i testicoli, le ovaie, l'intestino e il cristallino, sono considerati molto radiosensibili; negli adulti, invece, il sistema nervoso centrale e l'apparato muscolo-scheletrico sono

relativamente radioresistenti. Il rischio dipende anche dall'area presa in esame.

Il feto può essere esposto a una dose di radiazioni molto inferiore a quella della madre; in generale l'esposizione ai raggi-X del feto è trascurabile quando la madre esegue esami nei seguenti distretti:

- Testa
- Rachide cervicale
- Arti
- Mammella (mammografia) quando l'utero è protetto

Il grado di esposizione uterina dipende dall'età gestazionale e quindi dalle dimensioni uterine. Gli effetti delle radiazioni dipendono dall'età del prodotto del concepimento (tempo dal concepimento).



# RACCOMANDAZIONI NELLE SITUAZIONI AD ALTO RISCHIO

La diagnostica per immagini con radiazioni ionizzanti, in particolare la TC, va effettuata solo quando strettamente necessario, diversamente, devono essere prese in considerazione metodiche alternative. Tuttavia, gli esami necessari non devono essere procrastinati, anche se la dose radiante è alta (p. es., come con la TC), finché i benefici derivanti superano i potenziali rischi. Sarà lo specialista, applicando il principio di giustificazione, a fare questa valutazione e a comunicarla al paziente.

Prima di effettuare esami diagnostici nelle donne in età fertile, deve essere considerata la possibilità che sia in atto una gravidanza, soprattutto perché i rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni sono più elevati nelle prime fasi della gravidanza (1° trimestre), spesso non riconosciuta. Per questo motivo si deve chiedere in modo esplicito oralmente o per iscritto alla donna se può essere in stato di gravidanza o se non ha saltato un ciclo mestruale. In tal senso fonti autorevoli come la Commissione internazionale per la Protezione Radiologica (ICRP) grazie a studi sperimentali su animali, hanno dimostrato che in caso di irradiazione prenatale lineare diretta (nell'ordine dei decimi di Gy) il rischio di letalità per l'embrione è abbastanza alto dal primo al decimo giorno dal concepimento con probabilità temporalmente decrescente (con dose = 2 Gy la probabilità si innalza tra il 40 %- 80% ), mentre per irradiazioni successive (dalla terza alla settima settimana dal concepimento) si possono osservare danni relativi a malformazioni e ritardo di crescita (fase di organogenesi); più avanti (tra la ottava e la quindicesima settimana) rischi di danni neurologici e sensibilità corticale anche a più basse dosi (0,1-0,3 Gy). Rispetto all'impiego dei dispositivi di protezione individuale anti-raggi x, utilizzati per schermare il feto e le gonadi della donna durante l'indagine radiologica a raggi x, considerato una buona pratica fino a poco tempo fa, è opportuno riferirsi a quanto di recente riportato da organismi autorevoli e documenti di consenso di società scientifiche di settore e che riportano come il beneficio dovuto alla presenza della protezione di feto e gonadi durante l'indagine radiologica a raggi X è minimo o nullo; e che l'uso di questi schermi può nascondere le informazioni anatomiche e/o interferire

con il controllo automatico dell'esposizione di cui sono dotati i moderni sistemi di imaging radiologico compromettendo l'efficacia diagnostica e/o comportando un aumento ingiustificato della dose al paziente. Ciò tenendo conto che "nessuno studio sull'uomo fornisce prove dirette di un eccesso di malattie ereditarie associato alle radiazioni".

La gravidanza è una di quelle situazioni in cui può essere giustificato andare oltre la determinazione della classe di dose e richiedere la stima di dose erogata agli organi (richiesta al Fisico medico secondo i canali istituiti dalla struttura che eroga l'esame), ove non ne fosse già prevista la esecuzione.

## **E SE SCOPRO DI ESSERE IN GRAVIDANZA DOPO AVER EFFETTUATO L'ESAME?**

Se scopri inaspettatamente di aver effettuato un esame radiologico in stato di gravidanza e ciò desta preoccupazione, può richiedere, tramite il medico specialista o la direzione medica della struttura in cui è stato effettuato l'esame una valutazione al feto da parte del Fisico medico.

Anche in questo caso per richiedere una valutazione certificata da parte del Fisico medico, è necessario informarsi presso la direzione sanitaria sulle modalità previste per formulare l'istanza.





Tale informazione, però, non è espressione diretta del rischio per il paziente poiché rappresenta la quantità di dose erogata dalla macchina e non la quantità di dose assorbita dal paziente.

Es. Il Volume Computed Tomography Dose Index (CTDIvol) rappresenta un parametro standardizzato per misurare la radiazione erogata dal tomografo durante la TC, ma non è la quantità di dose erogata al paziente; la stessa considerazione è valida per l'AGD (Average Glandular Dose) indicatore dosimetrico utilizzato nella mammografia per indicare la dose media erogata alla ghiandola mammaria.

I parametri a cui si è fatto riferimento, così come altri specifici per altre tecnologie, danno un'informazione che cambia da paziente a paziente e da procedura a procedura e che quindi non deve essere confrontata con quelle di altri pazienti.



## IMPARIAMO A LEGGERE IL DATO DELLA DOSE DA RADIAZIONI

### Che informazione troverai?

Il cosiddetto "dato dosimetrico" esprimerà la quantità di radiazione che ti sarà stata impartita durante l'esame e sarà registrato sul referto rilasciato dopo la sua esecuzione; esso sarà espresso come classe di dose da 0 (0 mSv) a IV (> 10 mSv) a seconda della Dose efficace assorbita durante l'esame effettuato, espressa nella sua unità di misura, il millisievert.

In aggiunta, tuttavia, il dato dosimetrico potrà essere espresso in grandezze (indici di dose) specifiche per ogni tecnologia (TC, radiografia, mammografia, ortopantomografia, ecc) e calcolate direttamente dalle apparecchiature radiologiche.

Radiologia tradizionale	DAP ESD
Radiologia interventistica	DAP
TC	DLP CTDI
Mammografia	AGD
Medicina Nucleare	ATTIVITA'

Sono questi parametri che, dopo notevoli verifiche ed elaborazioni a cura del Fisico medico, forniscono una stima della dose assorbita dal paziente e rappresentata dalla classe di dose che il Fisico è chiamato ad attribuire e a registrare nel referto.

Per una migliore comprensione, i valori riportati nel referto saranno messi a confronto con la dose di radiazione di una radiografia dei polmoni o del torace, gli esami radiologici più frequentemente condotti in medicina (Tab 3); sarà inoltre possibile effettuare anche un confronto con la dose ricevuta dalla radioattività normalmente presente in natura (Tab. 4).

## DOSI DEGLI ESAMI DIAGNOSTICI VS RADIOGRAFIA DEI POLMONI

Tab.3

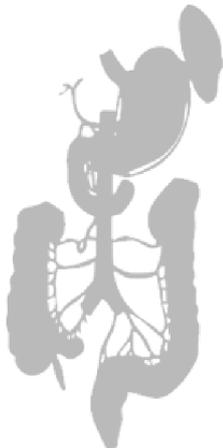
Esame		Dose [mSv]	Corrisponde a x volte la dose di radiazioni di una radiografia dei polmoni
R = Radiografie/ esami radiologici ai raggi X N = Esami di medicina nucleare			
Radiografia degli arti	R	0.005	0.25
Radiografia di un dente	R	0.02	1
Radiografia dell'intero volume mascellare	R	0.2	10
Esame della ventilazione polmonare (Tc-99m)	N	0.3	15
Radiografia del seno femminile	R	0.4	20
Radiografia del tronco	R	0.7	35
Esame della tiroide (Tc-99m)	N	1.0	50
Esame dei reni	N	1.1	55
Radiografia della colonna vertebrale lombare	R	1.5	75
Tomografia computerizzata del cranio	R	2.0	100
Esame del cranio, ricerca di tumori	N	4.8	240
Tomografia computerizzata della colonna vertebrale lombare	R	6.0	300
Esame dell'intero corpo, ricerca di tumori	N	6.7	335
Tomografia computerizzata dei polmoni	N	7.0	350
Tomografia computerizzata del tronco	R	8.0	400
Esame dell'intero corpo, ricerca di tumori	N	10.0	500
Esame combinato dell'intero corpo (ibrido PET-TC, F-18), ricerca di tumori e tomografia computerizzata a bassa dose	R,N	11	550
Radiografia dei vasi coronarici	R	7.0 - 14,0	350 - 700
Esame combinato dell'intero corpo (ibrido, PET-TC, F-18), ricerca di tumori e tomografia computerizzata	R,N	15	750
Radiografia intervento per dilatare/riaprire vasi coronarici ristretti/chiusi	R	15.0 - 20.0	750-1000

Nella Tab. 4 sono indicate le dosi relative ai vari esami diagnostici e ad esse vengono rapportate le esposizioni da radiazioni di fondo naturale. Le dosi efficaci sono valori tipici per un adulto di taglia media. La dose effettiva può variare sostanzialmente, a seconda delle dimensioni di una persona, del motivo dell'imaging e delle differenze nelle pratiche di imaging.

# DOSI DEGLI ESAMI DIAGNOSTICI VS RADIAZIONI DI FONDO NATURALE

Tab.4

## REGIONE ADDOMINALE



Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Tomografia computerizzata (TC) - Addome e bacino	7,7 mSv	2,6 anni
Tomografia Computerizzata (TC) - Addome e bacino, ripetuta con e senza mezzo di contrasto	15,4 mSv	5,1 anni
Tomografia Computerizzata (TC) - Colonografia	6 mSv	2 anni
Urografia endovenosa (IVU)	3 mSv	1 anno
Clistere di bario (raggi X del GI inferiore)	6 mSv	2 anni
Studio del GI superiore con bario	6 mSv	2 anni

## OSSO



Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Zona lombare	1,4 mSv	6 mesi
Raggi X delle estremità (mano, piede, ecc.)	Meno di 0,001 mSv	Meno di 3 ore

## SISTEMA NERVOSO CENTRALE



Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Tomografia Computerizzata (TC) - Cervello	1,6 mSv	7 mesi
Tomografia Computerizzata (TC) - Cervello, ripetuta con e senza mezzo di contrasto	3,2 mSv	13 mesi
Tomografia computerizzata (TC) - Testa e collo	1,2 mSv	5 mesi
Tomografia computerizzata (TC) - Colonna vertebrale	8,8 mSv	3 anni

## PETTO

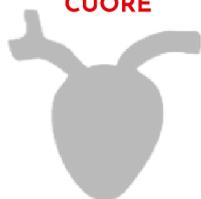


Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Tomografia Computerizzata (TC)- Torace	6,1 mSv	2 anni
Tomografia computerizzata (TC) - Screening del cancro del polmone	1,5 mSv	6 mesi
Radiografia del torace	0,1 mSv	10 giorni
Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Radiografia dentale	0,005 mSv	1 giorno
Radiografia panoramica	0,025 mSv	3 giorni
Cone Beam CT	0,18 mSv	22 giorni
Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Angiografia con tomografia computerizzata coronarica (TCA)	8,7 mSv	3 anni
TC cardiaca per il punteggio del calcio	1,7 mSv	6 mesi
Angiografia con tomografia computerizzata non cardiaca (CTA)	5,1 mSv	Meno di 2 anni

## DENTALE



## CUORE

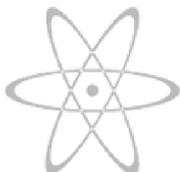


**IMMAGINE  
MASCHE**



Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Densitometria ossea (DEXA)	0,001 mSv	3 ore
Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Tomografia a emissione di positroni, Tomografia computerizzata (PET/TC) Protocollo corpo intero	22,7 mSv	3,3 anni
Procedura	Dose di radiazioni efficace approssimativa	Paragonabile alla radiazione di fondo naturale per:
Densitometria ossea (DEXA)	0,001 mSv	3 giotni
Screening mammografia digitale	0,21 mSv	26 giorni
Screening della tomosintesi mammaria digitale (mammografia 3D)	0,27 mSv	33 giorni

**MEDICINA  
NUCLEARE**



**IMMAGINE  
FEMMINILE**



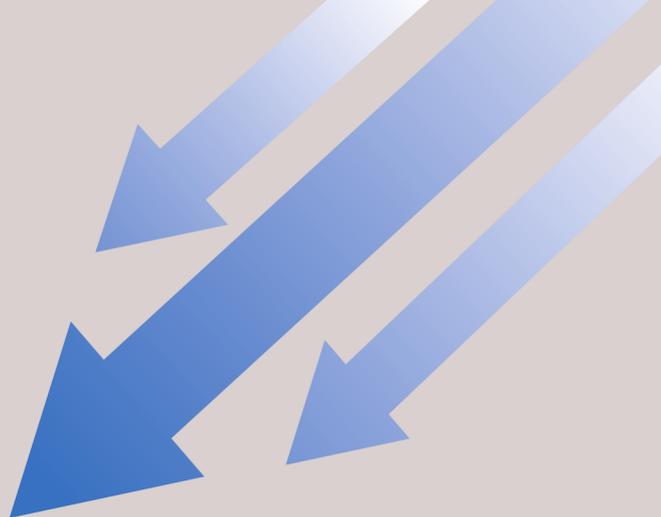
Tab. 4- Fonte: RadiologyInfo.org sponsorizzato dall'American college of radiology e da Radiological Society of North America

## FONDO DI RADIOATTIVITÀ NATURALE E RADIAZIONI ARTIFICIALI

Circa l'80% della nostra esposizione a radiazioni proviene da fonti naturali (Fondo di radioattività naturale), mentre il 20% circa, da fonti artificiali (figura pagina successiva), pertanto l'esposizione della popolazione generale alle radiazioni provenienti da fonti naturali domina l'esposizione totale. Il Comitato Scientifico delle Nazioni Unite sugli Effetti delle Radiazioni Atomiche (UNSCEAR) ha stimato la dose efficace media annua per un individuo a circa 3 mSv. In media, la dose annuale da fonti naturali è di 2,4 mSv e due terzi di essa proviene da sostanze radioattive presenti nell'aria che respiriamo, nel cibo che mangiamo e nell'acqua che beviamo. La principale fonte di esposizione da fonti artificiali è la radiazione utilizzata in medicina, con una dose efficace media annua individuale di 0,62 mSv. L'esposizione radiologica medica varia a seconda della regione, del paese e del sistema sanitario. UNSCEAR ha stimato, per i paesi industrializzati, la dose media annua efficace da apparecchiature mediche radianti pari a 1,9 mSv e nei paesi non industrializzati pari a 0,32 mSv. Tuttavia, questi valori possono variare considerevolmente.



Un altro modo per classificare l'esposizione alle radiazioni è il modo in cui esse ci irradiano. Le sostanze radioattive e le radiazioni nell'ambiente possono irradiare il nostro corpo dal di fuori (esternamente), oppure possiamo inalare sostanze radioattive presenti nell'aria, ingerirle attraverso il cibo e l'acqua o assorbirle attraverso pelle o ferite, con conseguente irradiazione dal di dentro (internamente). A livello globale, le dosi dell'esposizione interna ed esterna sono più o meno le stesse.



## ESPOSIZIONE MEDIA GENERALE ALLE FONTI DI RADIAZIONI <sup>\*</sup>

### Fonti naturali

Cibo 0.29 mSv



Cosmiche 0.39 mSv



Suolo 0.48 mSv



Radon 1.3 mSv



### Fonti artificiali

Centrali nucleari  
0.0002 mSv



Incidente Chernobyl  
0.002 mSv



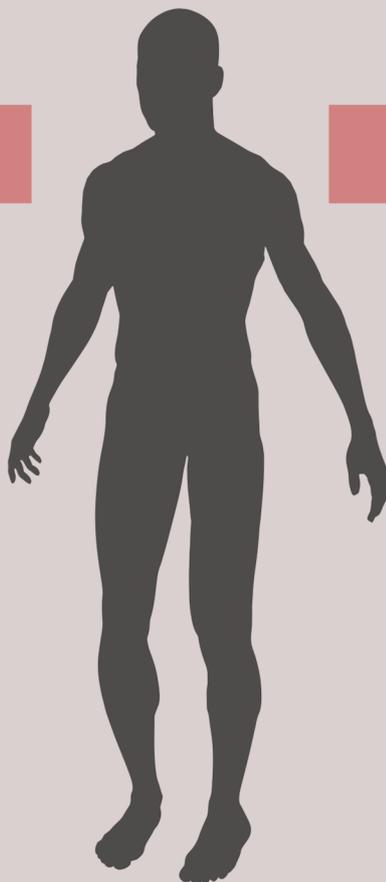
Conseguenze di  
esperimenti  
atomici 0.005 mSv



Medicina nucleare 0.03 mSv

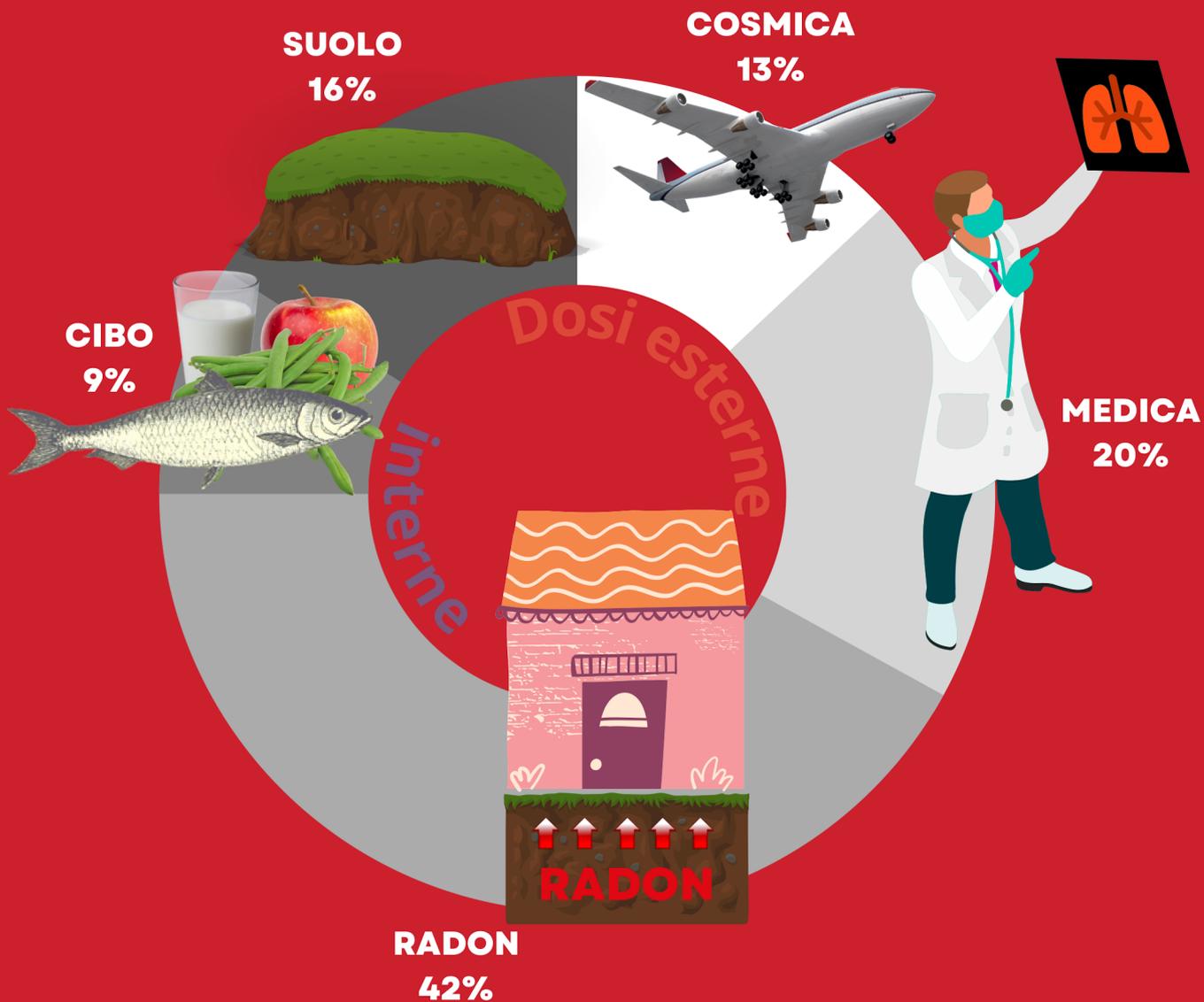


Radiologia 0.62 mSv



<sup>\*</sup>media mondiale stimata per una persona in un anno

# DISTRIBUZIONE MONDIALE DELL'ESPOSIZIONE ALLE RADIAZIONI



**CONCLUDENDO...  
POSSO ESSERE TRANQUILLO CHE L'ESAME  
VERRÀ CONDOTTO IN TOTALE SICUREZZA?**

**CERTO!**



Gli esami mediante Raggi X sono eseguiti nel pieno e rigoroso rispetto della normativa specifica. Le dosi di radiazioni erogate per ogni singolo esame sono mantenute a livello minimo compatibile con una accurata diagnosi e comunque inferiore ai Livelli Diagnostici di Riferimento stabiliti dalle vigenti Direttive dell'Unione Europea. Il rischio radiologico è pertanto molto basso e sicuramente sovrastato dal beneficio diagnostico ricevuto dal paziente per un esame giustificato.

In particolare, l'esame è effettuato solo se

- Vi è una richiesta diagnostica motivata;
- Non esistono, in alternativa, altri tipi di esame senza raggi X;
- Non vi sono altri reperti diagnostici validi (il paziente deve informare il radiologo se è in possesso di altri esami radiologici eseguiti di recente in un esame dello stesso distretto anatomico);

Inoltre l'attrezzatura è sottoposta a:

-Prove di verifica periodiche delle caratteristiche di funzionamento da parte di un TSRM sotto la supervisione di un Fisico medico, a seguito delle quali è rilasciata specifica documentazione scritta;

-Controlli di qualità periodici da parte dello stesso Fisico medico, a seguito dei quali è rilasciata specifica documentazione scritta;

-Misure per la determinazione della dose al paziente al fine di ottimizzare la tecnica diagnostica per la tutela della salute del paziente.

Grazie al team:

-Medico MMG-PLS

-Medico specialista

-Fisico medico

-T.S.R.M

-Infermiere

# L'ESAME SARÀ SICURO!





## Bibliografia e sitografia

Direttiva 2103/59/EURATOM  
D. Lgs. 101/20  
ANNALS ICRP 90 - Biological  
Effects after Prenatal Irradiation  
(Embryo and Fetus) - 1994  
Posizione di AIFM, SIRM e  
FASTER sull'uso dei dispositivi di  
protezione individuale anti-x per i  
pazienti sottoposti a esami  
radiologici  
<https://www.radiologyinfo.org/en/info/safety-xray>

<https://www.aapm.org/org/policies/details.asp?id=468&type=PP>  
<https://www.bag.admin.ch/bag/it/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/strahlenanwendungen-in-der-medizin/strahlendosen-in-der-medizin.html>



Documento prodotto dai  
componenti del Sottogruppo 2  
del Tavolo Tecnico HTA di Fisica  
Medica del Centro Regionale  
HTA:

Federico Cangialosi<sup>^</sup>, Patrizia  
Carmone\*, Giorgia Chetta<sup>^</sup>,  
Vittorio Didonna\*\*, Stefania  
Palmisano§, Stefano Quarta\*\*\*.  
Coordinamento Scientifico:  
Elisabetta Anna Graps<sup>^^</sup>.

\* Fisico Medico Componente TT  
HTA - ASL BA

\*\* Fisico Medico Componente TT  
HTA - IRCCS Oncologico

\*\*\* Fisico Medico Componente TT  
HTA - ASL LE

§ Coordinatrice Regionale  
Tribunale Diritti del Malato-  
Cittadinanzattiva

<sup>^</sup>Componente del CReHTA

<sup>^^</sup> Direttore del CReHTA

Supporto redazionale e creativo:  
Serena Mingolla



AReSS Puglia

Centro Regionale HTA CReHTA

Lungomare Nazario Sauro,33  
Bari

