

# **Corso di radioprotezione per il medico di base**

## **Modulo 1**

**Lugano, Palazzo dei Congressi, 16-17 ottobre 2025**

Organizzazione: Gruppo medico formazione, Giubiasco



# Corso di radioprotezione

## Modulo 1 (parte 1)

Basi legali

Radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni

Grandezze dosimetriche

Irradiazione alla popolazione e in medicina

Rischio e beneficio

Principi di radioprotezione

## Modulo 1 (parte 2)

Prescrizione e giustificazione

Ruolo del prescrivente e richiesta radiologica

Modalità d'esame

Evento radiologico medico

Esposizione professionale

Mezzi di protezione

Aggiornamento in radioprotezione



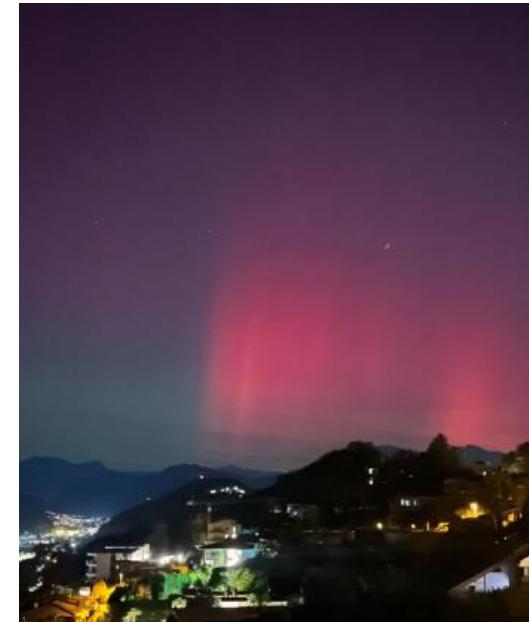
## Temi

→ Ambiente e salute

→ Radiazioni, radioattività & suono

## Radiazioni, radioattività & suono

Le radiazioni sono ovunque: prima o poi ognuno di noi si confronta con il tema, per esempio come cittadino, consumatore, paziente o in ambito lavorativo. Se da un lato sfruttiamo le radiazioni in molti ambiti, come per esempio nella diagnostica radiologica medica, dall'altro dobbiamo farci attenzione, come nel caso del radon o delle radiazioni ultraviolette.



# Basi legali e responsabilità

# Basi legali



# Basi legali



## Legge sulla radioprotezione (LRaP)

**814.50**

del 22 marzo 1991 (Stato 1° luglio 2023)

### Capitolo 1: Disposizioni generali

#### Art. 1

#### Scopo

Scopo della presente legge è la protezione dell'uomo e dell'ambiente contro i pericoli da radiazioni ionizzanti.

# Basi legali



## Capitolo 2: Protezione dell'uomo e dell'ambiente

### Sezione 1: Principi della radioprotezione

#### Art. 8 Giustificazione dell'esposizione alle radiazioni

Un'attività nella quale l'uomo o l'ambiente sono esposti a radiazioni ionizzanti (esposizione alle radiazioni) può essere svolta soltanto se commisurata ai vantaggi e ai pericoli connessi.

#### Art. 9 Limitazione dell'esposizione alle radiazioni

Per limitare l'esposizione alle radiazioni di ogni individuo e dell'insieme delle persone colpite devono essere presi tutti i provvedimenti che si impongono secondo l'esperienza e lo stato della scienza e della tecnica.

#### Art. 10 Valori limite di dose

Secondo lo stato della scienza, il Consiglio federale stabilisce limiti all'esposizione alle radiazioni (valori limite di dose) per le persone che, professionalmente o per altre circostanze, possono essere esposte a una radiazione accresciuta e controllabile rispetto al resto della popolazione (persone esposte a radiazioni).



### Sezione 2: Protezione delle persone esposte a radiazioni

**Art. 11** Osservanza dei valori limite di dose

Chiunque manipola una fonte di radiazioni o ne è responsabile deve adottare tutti i provvedimenti necessari affinché siano rispettati i valori limite di dose.

# Basi legali

**814.501**

## **Ordinanza sulla radioprotezione (ORaP)**

del 26 aprile 2017 (Stato 1° gennaio 2022)

Entrata in vigore 1° gennaio 2018



### **Capitolo 2: Principi della radioprotezione**

#### **Art. 3** Giustificazione

Un’attività è giustificata, ai sensi dell’articolo 8 LRaP, qualora

- a. i vantaggi a essa connessi superino nettamente gli svantaggi dovuti alle radiazioni; e
- b. non sia disponibile un’alternativa complessivamente più vantaggiosa per l’essere umano e l’ambiente, senza o con una minima esposizione a radiazioni.

# Basi legali



## Art. 4

### Ottimizzazione

- 1 La radioprotezione va ottimizzata per tutte le situazioni di esposizione.
- 2 Con l'ottimizzazione si deve ridurre per quanto ragionevolmente possibile:
  - a. la probabilità dell'esposizione;
  - b. il numero delle persone esposte;
  - c. la dose individuale delle persone esposte.

## Art. 5

### Limiti di dose

Per le situazioni di esposizione pianificate vengono fissati limiti che non possono essere superati dalla somma di tutte le dosi di radiazione accumulate nel corso di un anno civile da una persona (limite di dose). Per le esposizioni mediche non sono stabiliti limiti.

# Basi legali

ORaP



## Art. 29

### Giustificazione dell'applicazione individuale

<sup>1</sup> Chi prescribe o esegue applicazioni deve tenere conto di informazioni diagnostiche già presenti e dell'anamnesi per evitare inutili esposizioni a radiazioni.

<sup>2</sup> Chi prescribe applicazioni deve determinare un'indicazione, documentarla e trasmetterla al medico che le esegue.

<sup>3</sup> Ospedali, istituti di radiologia e medici invianti devono prescrivere applicazioni conformi allo stato della scienza e della tecnica. Le direttive per l'invio riflettono lo stato della scienza e della tecnica in particolare se si basano su direttive o raccomandazioni nazionali o internazionali.

<sup>4</sup> Ogni applicazione deve essere giustificata preventivamente dal medico che la esegue, considerando lo stato della scienza e della tecnica, l'indicazione e le caratteristiche individuali della persona interessata.

# Basi legali

## Sezione 5: Audit clinici nella medicina umana



ORaP

### Art. 41 Scopo, contenuto e oggetto

<sup>1</sup> Lo scopo degli audit clinici è di assicurare che le esposizioni mediche siano giustificate e ottimizzate conformemente allo stato della scienza e della tecnica e che la qualità e il risultato dell'assistenza ai pazienti migliorino di continuo.

<sup>2</sup> Gli audit clinici comprendono la verifica sistematica dei processi concernenti i pazienti e il personale delle procedure diagnostiche e terapeutiche con radiazioni ionizzanti e il loro confronto con lo stato della scienza e della tecnica.

<sup>3</sup> L'UFSP può predisporre ogni cinque anni un audit clinico presso il titolare della licenza per le seguenti applicazioni mediche delle radiazioni:

- a. tomografia computerizzata;
- b. medicina nucleare;
- c. radio-oncologia;
- d. procedure diagnostiche e terapeutiche interventistiche con impiego di radioscopia.

# Basi legali

## Titolo quinto: Formazione e aggiornamento

### Capitolo 1: Disposizioni generali



#### Art. 172      Persone che devono essere formate e aggiornate

<sup>1</sup> Le seguenti persone devono essere formate e aggiornate in radioprotezione in funzione della loro attività e responsabilità:

- a. persone che manipolano le radiazioni ionizzanti, possono esservi esposte nel quadro della loro attività specifica oppure ne pianificano od ordinano la manipolazione e attuano i provvedimenti di radioprotezione per la protezione personale;

#### Art. 182      Categorie di persone soggette all'obbligo di formazione e di aggiornamento nel settore della medicina

<sup>1</sup> I requisiti del DFI per la formazione e l'aggiornamento in radioprotezione sono differenziati nel settore della medicina in base alle seguenti categorie di persone responsabili della radioprotezione di pazienti o animali:

- a. persone che prescrivono applicazioni diagnostiche con radiazioni ionizzanti nella medicina umana e nella chiropratica;
- b. medici che eseguono applicazioni mediche terapeutiche o diagnostiche con sorgenti di radiazioni;

# Basi legali

## Guide per impianti a raggi X e sostanze radioattive

### Guide per impianti a raggi X e sostanze radioattive

#### Arene tematiche delle guide

Disposizioni generali e organizzative



Protezione di persone



Formazione e aggiornamento



Livelli diagnostici di riferimento (LDR)



Dosimetria e tecniche di misura



Controllo di qualità tecnico



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'interno DFI  
Ufficio federale della sanità pubblica UFSP  
Divisione Radioprotezione



**Guida**  
Evento radiologico medico – definizioni e obblighi  
V2 24.03.2025  
[www.bag.admin.ch/rad-guide](http://www.bag.admin.ch/rad-guide)

**Contatti**  
Tel.: 058 462 96 14  
E-Mail: [str@bag.admin.ch](mailto:str@bag.admin.ch)

#### Evento radiologico medico – definizioni e obblighi

#### Scopo

La presente guida vale per tutti gli ambiti di applicazione di radiazioni ionizzanti sugli esseri umani, indipendentemente dagli ambiti di dose (se non indicato diversamente) e/o dalla distinzione tra applicazioni terapeutiche e diagnostiche. Il suo intento è aiutare i titolari delle licenze e i periti in radioprotezione a interpretare correttamente la definizione di evento radiologico medico e ad adempiere adeguatamente i relativi obblighi.

# Responsabilità



- Autorità che rilascia la licenza (UFSP)
- Autorità di controllo (UFSP, SUVA,...)
- Detentore della licenza (ospedale, clinica, medico)
- Perito in radioprotezione (medico, TRM)
- Utilizzatore di impianti a raggi X





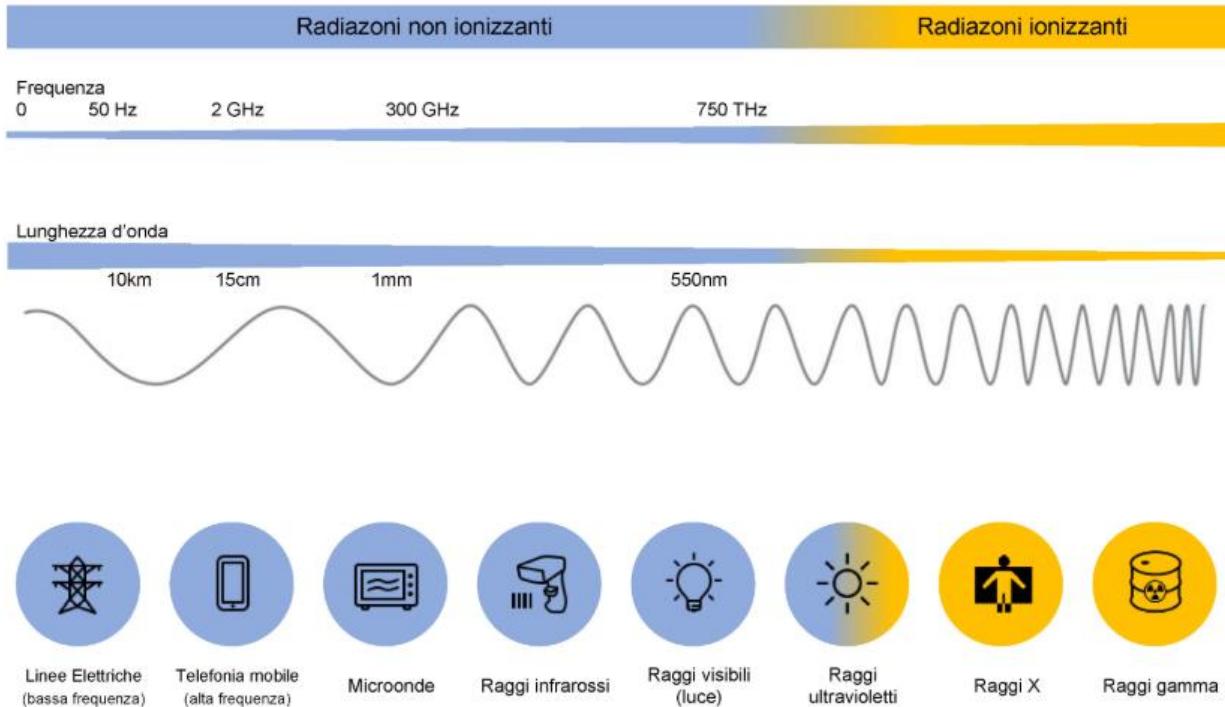
## Revisioni previste:

- **Ordinanza sulla dosimetria**
- **Ordinanza sulla formazione in radioprotezione**

# Radiazioni ionizzanti



# Radiazioni ionizzanti

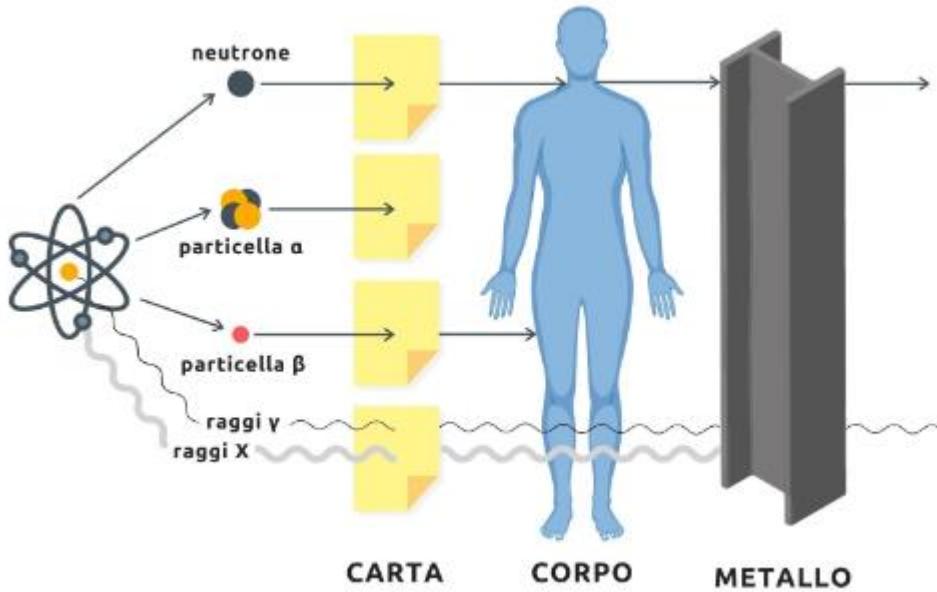


# Radiazioni ionizzanti

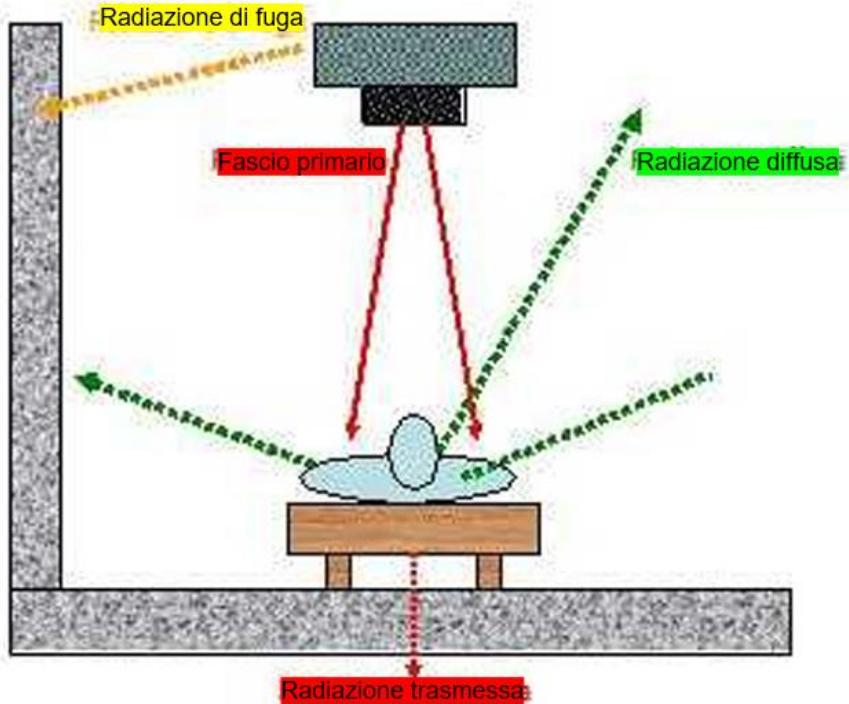


- Radiazioni elettromagnetiche (senza massa) o radiazioni corpuscolari (con massa)
  - Energia sufficiente per liberare elettroni dagli atomi attraversando la materia (ionizzazione)
  - Atomi modificati (ioni) possono indurre reazioni chimiche e causare danni biologici
- 
- Raggi X: da un atomo
  - Raggi  $\gamma$  : da un nucleo instabile
  - Particelle  $\beta$ : da un nucleo instabile
  - Particelle  $\alpha$ : da decadimento radioattivo di elementi pesanti
  - Neutroni: da fissione in un reattore nucleare o con un acceleratore di particelle

# Radiazioni ionizzanti



# Radiazioni ionizzanti



# Effetti delle radiazioni

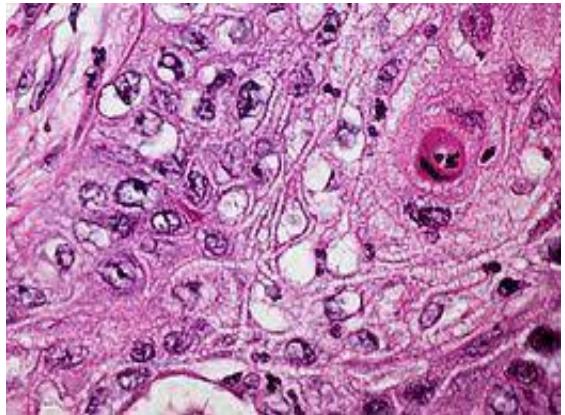
# Effetti delle radiazioni sul corpo umano



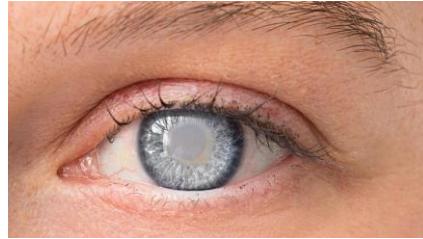
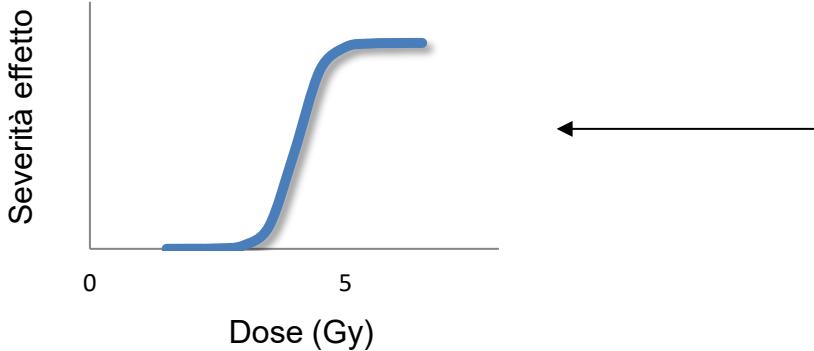
## Effetti deterministici



## Effetti stocastici



# Effetti deterministici



Eritema  
Perdita dei capelli  
Sterilità  
Cataratta  
Danni al midollo osseo  
Danni alla mucosa intestinale

- Causati da danno grave o morte cellulare
- **Compaiono al superamento di una dose soglia**  
Serve un numero sufficiente di cellule danneggiate per avere un danno al tessuto o all'organo
- La severità dell'effetto aumenta all'aumentare della dose
- Generalmente breve periodo di latenza (giorni/settimane o mesi)

# Effetti deterministici



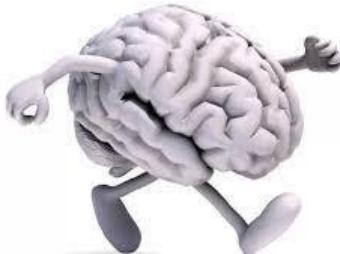
Dipendono dalla:

- dose
- come viene erogata
  - singola esposizione/ esposizione frazionata
  - esposizione acuta / cronica
- radiosensibilità dei tessuti





# Radiosensibilità dei tessuti



Colon Vs Cervello: 12 a 1

Tessuto od organo	Fattori di ponderazione dei tessuti, $W_T$
midollo osseo (rosso)	0,12
colon	0,12
polmoni	0,12
stomaco	0,12
seno	0,12
gonadi	0,08
vescica	0,04
fegato	0,04
esofago	0,04
tiroide	0,04
cervello	0,01
pelle	0,01
periostio	0,01
ghiandole salivari	0,01
altri organi e tessuti	0,12



# Effetti deterministici

D  
O  
S  
e

Dose	Organo o tessuto irradiato	Effetto deterministico
< 0.1 Gy	Tutti	Nessun effetto
> 0.5 Gy	Apparato visivo	Cataratta
> 0.5 Gy	Midollo osseo	Depressione ematopoesi
> 2.5 Gy	Gonadi femminili	Sterilità permanente
> 3.5 Gy	Gonadi maschili	Sterilità permanente
> 5 Gy	Pelle	Eritema e epilazione
> 6 Gy	Intestino	Sindrome gastro-intestinale
> 10 Gy	SNC	Sindrome cerebro-vascolare

# Effetti deterministici: pelle



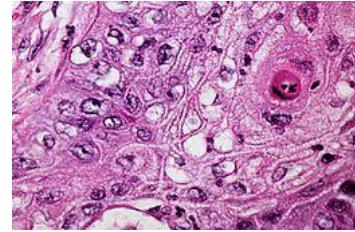
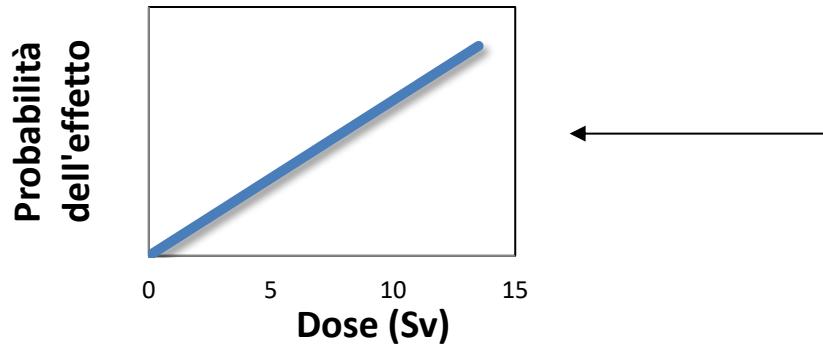
Dermatite



Mano lavoratrice industria orologiera  
(20esimo secolo, CH, radio e trizio)



# Effetti stocastici



Carcinogenesi  
Danni ereditari

- Causati da cellule mutate che proliferano in cellule maligne (cancro) o inducono danni genetici trasmisibili
- L'effetto può manifestarsi con una certa probabilità a qualsiasi dose: **non vi è una dose soglia**
- La **probabilità di comparsa** aumenta con la dose e il numero di esposizioni (aumento del rischio)
- Lungo periodo di latenza (anni)



# Irradiazione embrione / feto



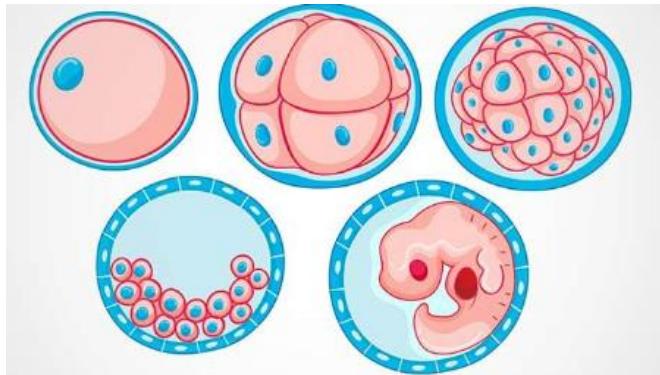
Sensibilità all'irradiazione dipende dallo stadio di sviluppo

Concepimento - 9° giorno

Fase pre-impianto

Effetto tutto o nulla

(morte dell'embrione o sviluppo normale)



# Irradiazione embrione / feto



Sensibilità all'irradiazione dipende dallo stadio di sviluppo

9° giorno – fine 2° mese

Fase morfogenica

Elevata sensibilità, probabilità di indurre malformazioni



# Irradiazione embrione / feto



Sensibilità all'irradiazione dipende dallo stadio di sviluppo

**3° mese – fine gravidanza**

**Fase fetale**

Minore rischio di malformazioni in generale

Rilevante rischio di sviluppo alterato del SNC (ritardo mentale, microcefalia)

Rischio di effetti stocastici (tumori, in part. leucemia)



# Effetti delle radiazioni sul corpo umano



	Danni somatici	Danni genetici
Effetti deterministici	Eritema Cataratta Perdita capelli Sterilità Danni hematopoietici Danni mucose	
Effetti stocastici	Induzione neoplasie	Effetti genetici trasmissibili

# Effetti deterministici e TAC



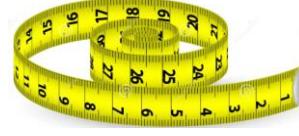
Protocollo TC *	LDR (75° percentile)		Obiettivo (mediano)	
	CTDI <sub>vol</sub> [mGy]	DLP [mGy·cm]	CTDI <sub>vol</sub> [mGy]	DLP [mGy·cm]
1 Cranio	51	890	42	750
2 Massiccio facciale / seni paranasali	25	420	15	240
3 Dose debole, seni paranasali (sinusite)	6	90	5	70
4 Collo	16	410	12	290
5 Angiografia TC (carotide)	11	360	8	260
6 Torace	7	250	6	210
7 Angiografia TC (per escludere l'embolia polmonare)	8	300	6	200
8 Addome-bacino	11	540	10	470
9 Per escludere i calcoli renali	6	280	4	180
10 Protocollo multifasico, fegato (p. es. carcinoma epatocellulare)	11	350 (1170) **	9	300 (960) **
11 Angiografia TC (addome-bacino)	11	530	9	450
12 Torace-addome-bacino	11	740	9	610
13 Angiografia TC (torace-addome-bacino)	10	730	6	450
14 Colonna vertebrale cervicale	17	360	14	300
15 Colonna vertebrale toracica e/o lombare	25	- *	18	- ***

Organo	Effetto	soglia singola esposizione (mGy)
Pelle	Eritema temporaneo	2000
Pelle	Eritema grave	6000
Pelle	Epilazione temporanea	3000
Pelle	Epilazione permanente	7000
Cristallino	Cataratta	2000-6000
Gonadi	Sterilità permanente	6000
Utero	Malformazione del feto	100-300

4 passaggi TAC potrebbero sviluppare malformazioni al feto

# Grandezze dosimetriche

# Grandezze dosimetriche



## Dose emessa dall'apparecchio

### Esposizione e Kerma in aria

- ionizzazione in aria
- misurabile con camere
- nessuna informazione su energia assorbita

## Dose al paziente

### Kerma in ingresso, dose assorbita, dose organo

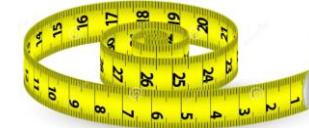
- energia assorbita per unità di massa
- nessuna informazione sulla radiosensibilità

## Rischio

### Equivalente di dose dell'organo, dose efficace

- informazione sulla radiosensibilità dei tessuti
- calcolo statistico
- non applicabile al paziente specifico

# Grandezze dosimetriche fondamentali in radioprotezione



## Dose assorbita Gy / mGy

= energia assorbita per unità di massa

## Dose equivalente Sv / mSv

= energia assorbita per un tipo di radiazione

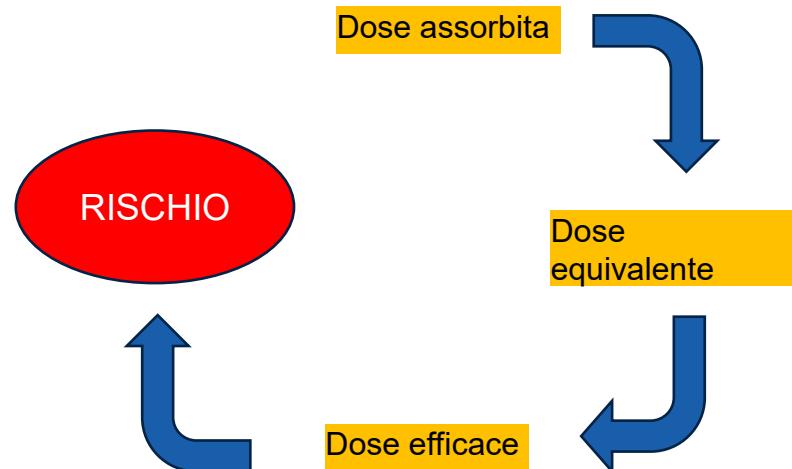
= stessa dose dovuta a radiazioni diverse e/o assorbita da materiali diversi produce effetti/danni diversi

## Dose efficace Sv / mSv

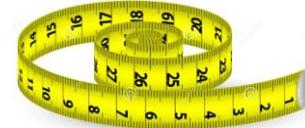
= energia assorbita da un individuo considerati tutti gli organi

= causata da irradiazioni esterne o interne

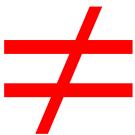
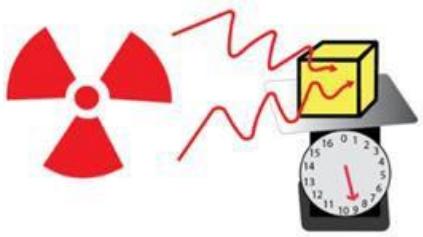
- Non possono essere misurate direttamente
- Solo stimate a partire da indicatori di dose con opportuni coefficienti di conversione



# Grandezze dosimetriche fondamentali



## Dose assorbita



Grandezza fisica: quantità

**Gy**

Effetti deterministici

## Dose efficace

$$E = \sigma_T D W_R W_T$$



Stima del rischio: probabilità

**Sv**

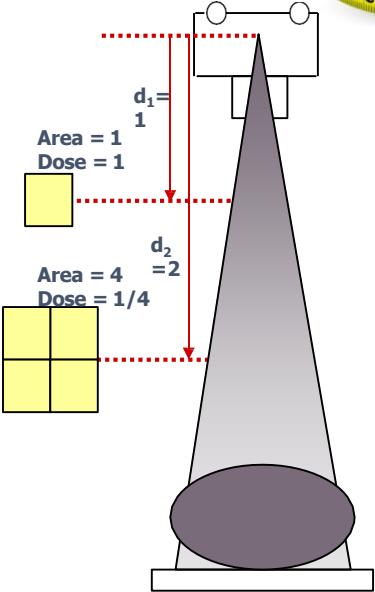
Effetti stocastici

# Dose in Rx, scopia e angiografia

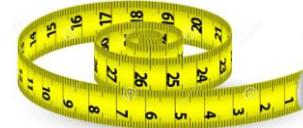


## DAP (Prodotto Dose Area)

- Indicazione della dose ricevuta dal paziente
- Livelli diagnostici di riferimento (audits sulle dosi)
- Dose x area in  $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$

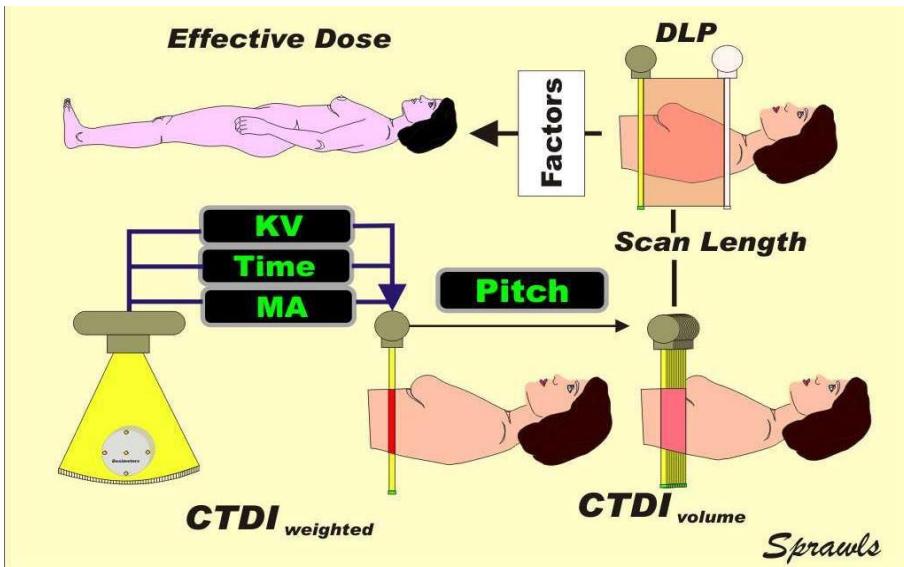


# Dose in TAC



## DLP (Dose Lunghezza Prodotto)

- Indicazione della dose ricevuta dal paziente
- Livelli diagnostici di riferimento (audits sulle dosi)
- $\text{mGy}^*\text{cm}$



# Livelli diagnostici di riferimento (LDR)

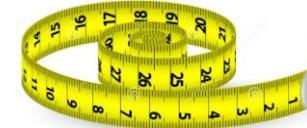


- Nessun limite di dose per le esposizioni mediche, ma... livelli diagnostici di riferimento (LDR)
- Livelli di dose normalmente da non superare per tipo di esame, paziente di corporatura standard, tipo di apparecchio
- Ottimizzare la radiprotezione nelle procedure diagnostiche
- Permettono di individuare esposizioni alle radiazioni del paziente insolitamente elevate o insolitamente basse
- Facilmente misurabili e tipiche per ogni procedura
- Per adulti e bambini/adolescenti

Guida R-06-04

**Livelli diagnostici di riferimento nella radiologia proiettiva**

# Livelli diagnostici di riferimento (LDR)



- Medicina nucleare (2023)
- CBCT testa collo (2020)
- Radiologia proiettiva (2018)
- Radiologia interventistica (2018)
- TAC (2018)
- Mammografia (2024)

Tabella 1: LDR per adulti

Radiografia	Dose superficiale in ingresso al paziente per singola radiografia [mGy]	PDS [mGy · cm <sup>2</sup> ]
Torace (pa)	0.15	150
Torace (laterale)	0.75	600
Colonna vertebrale lombare (ap o pa)	7	2350*
Colonna vertebrale lombare (laterale)	10	4150
Bacino (ap)	3.5	2500
Craneo (ap o pa)	2.5	650
Craneo (laterale)	1.5	500

ap: antero-posteriore; pa: posteriore-anteriore

Tabella 1: LDR e obiettivi per adulti

Protocollo TC *	LDR (75° percentile)		Obiettivo (mediano)	
	CTDI <sub>vol</sub> [mGy]	DLP [mGy cm]	CTDI <sub>vol</sub> [mGy]	DLP [mGy cm]
1 Cranio	51	890	42	750
2 Massiccio facciale / seni paranasali	25	420	15	240
3 Dose debole, seni paranasali (sinusite)	6	90	5	70
4 Collo	16	410	12	290
5 Angiografia TC (carotide)	11	360	8	260
6 Torace	7	250	6	210
7 Angiografia TC (per escludere l'embolia polmonare)	8	300	6	200
8 Addome-bacino	11	540	10	470
9 Per escludere i calcoli renali	6	280	4	180
10 Protocollo multifasico, fegato (p. es. carcinoma epatocellulare)	11	350 (1170) **	9	300 (960) **
11 Angiografia TC (addome-bacino)	11	530	9	450
12 Torace-addome-bacino	11	740	9	610
13 Angiografia TC (torace-addome-bacino)	10	730	6	450
14 Colonna vertebrale cervicale	17	360	14	300
15 Colonna vertebrale toracica e/o lombare	25	-***	18	-***

# Irradiazione della popolazione e in medicina

# Applicazioni delle radiazioni in radiologia

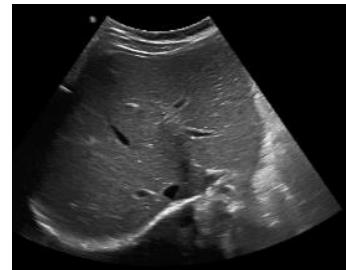
## Radiodiagnistica

- Rx convenzionale
- Tomografia computerizzata (TAC)
- Radioscopia (fluoroscopia)
- Mammografia
- Tomografia volumetrica digitale (TVD) o Cone beam CT



## Altri procedimenti (senza emissioni di raggi X)

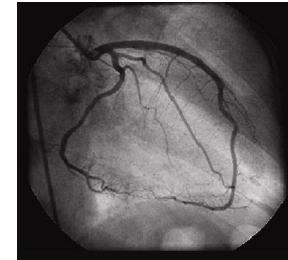
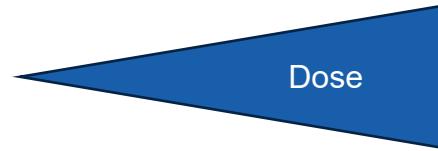
- Risonanza magnetica
- Ecografia



# Dose di radiazione in medicina

Dose di radiazione di un esame radiologico dipende da:

- Durata esame
- Volume corporeo
- Sensibilità organi
- Penetrazione raggi



Dose di radiazione di un esame in medicina nucleare dipende da:

- Quantità di attività applicata
- Radiofarmaco
- Distribuzione e permanenza nel corpo (tempo di dimezzamento)

**18F-FDG**

**Iodio-123**

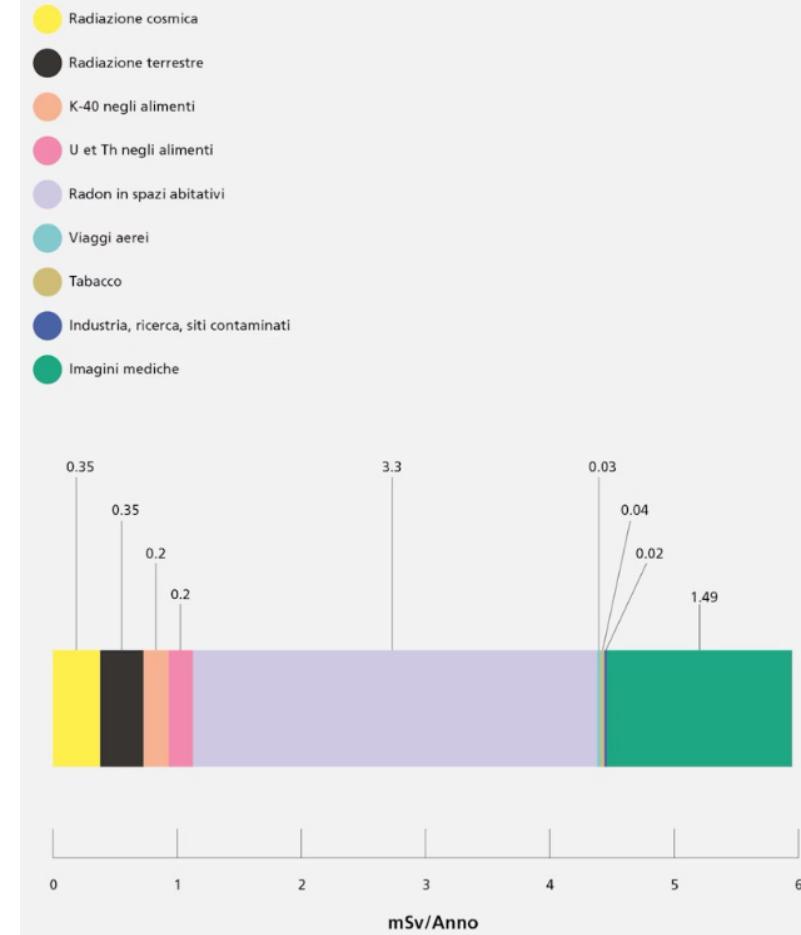
**Tecnezio-99m**



# Dati nazionali

## Esposizione in Svizzera

- Dose efficace per abitante  
6 mSv/anno
- Fondo ambientale 73%  
4,4 mSv/anno (3.3 mSv/anno Radon)
- Esposizione dovuta ad attività umane 27%  
1.6 mSv/anno (1,5 mSv/anno esposizioni mediche)



# Dati nazionali



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'interno DFI  
Ufficio federale della sanità pubblica UFSP

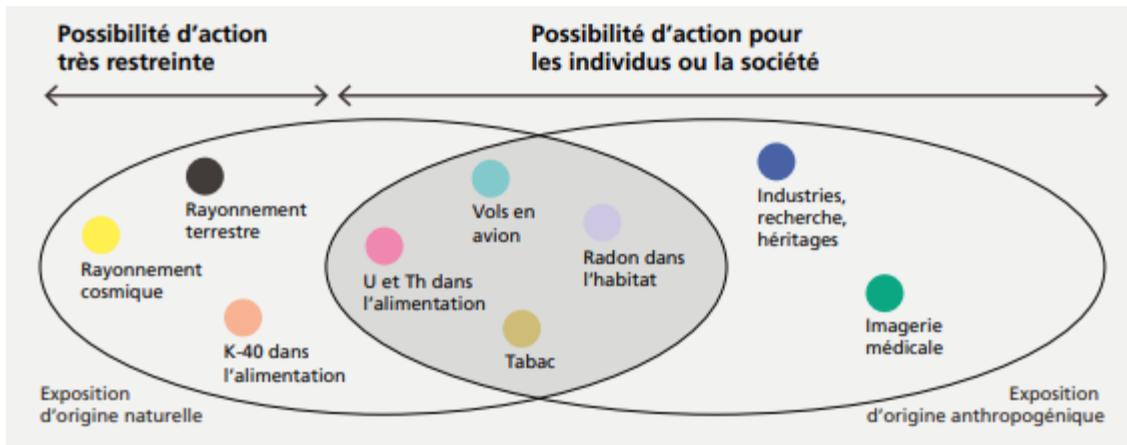


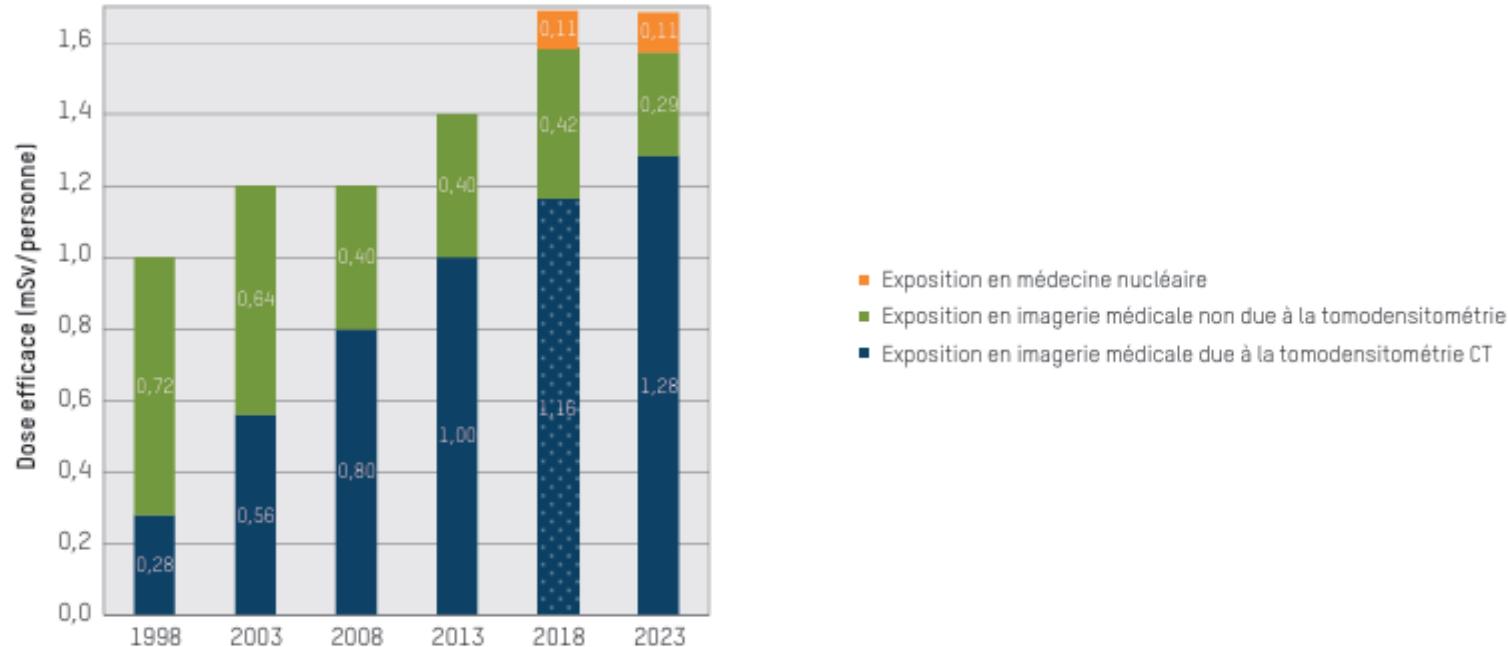
Figure 30

Les contributions importantes à l'exposition aux rayonnements de la population générale. Ovale gauche : exposition d'origine naturelle. Ovale droit : exposition d'origine anthropogénique. Zone de chevauchement (fond sombre) : la source de rayonnement est d'origine naturelle, mais l'exposition dépend de l'intervention humaine. Elle peut donc être influencée par l'action de l'individu ou de la société. Zone sans chevauchement à gauche : les possibilités d'action pour réduire ces expositions sont très restreintes. Zone sans chevauchement à droite : sources artificielles de rayonnement ; sans intervention humaine, ces sources n'existeraient pas.



# Dati nazionali

## Exposition aux rayonnements ionisants d'origine médicale par habitant – Evolution temporelle



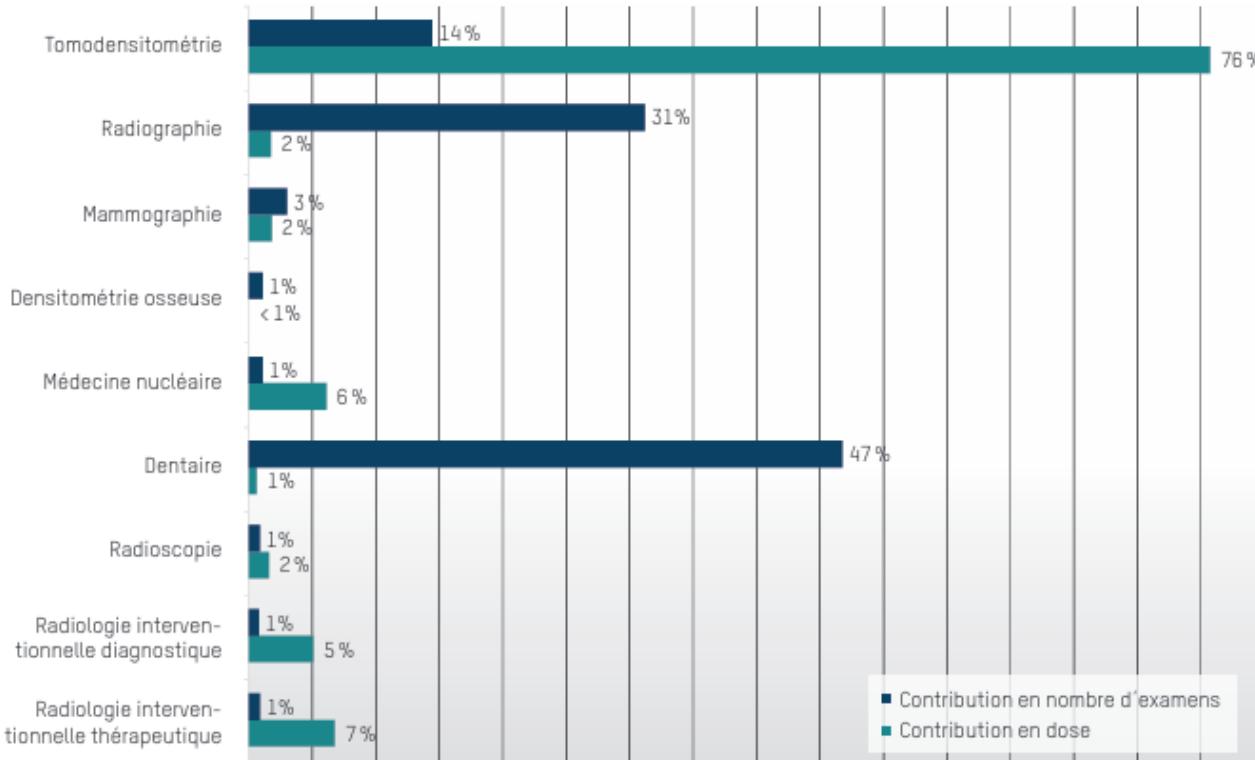
# Dati nazionali



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'interno DFI  
Ufficio federale della sanità pubblica UFSP

Contribution en nombre d'examens et en dose des différentes modalités



# Dati nazionali

## Dose di radiazione in medicina 2018 - 2023



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'interno DFI  
Ufficio federale della sanità pubblica UFSP

2023

- 12.9 Mio di esami con raggi X
- 1443 esami / 1000 abitanti
- 1.69 mSv/abitante
- Frequenza esami aumenta con l'età  
50% TAC > 66 anni (~ 20% popolazione CH)
- Dose media ♂ : ♀  
TAC: ♂ legg maggiore  
Radiologia interventistica: ♂ > 2x

2018 - 2023

- Dose/abitante stabile
- TAC
  - ✓ 1,9 Mio, 14% tutti esami, 76% dose annua/popolazione, aumentati
  - ✓ Dose per TAC diminuita del 13% (LDR, ottimizzazione protocolli, fisici medici)
  - ✓ Audit clinici: valutare se TAC giustificate, ev misure correttive
- Medicina nucleare
  - ✓ 50% PET-CT, aumentati (+ 53%), la componente TAC circa 50% della dose
  - ✓ Altri esami med nucl diminuiti (-10%)

# Dati nazionali



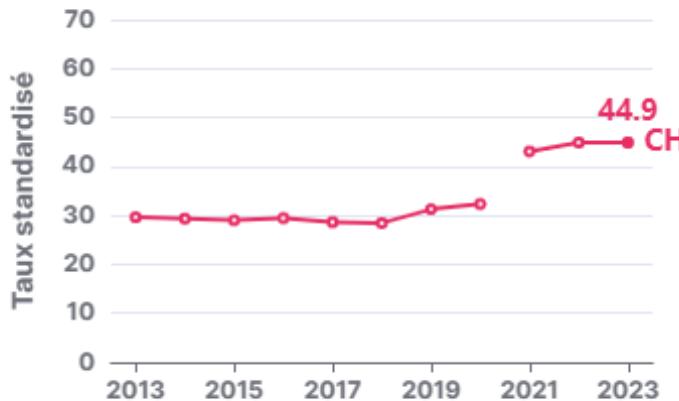
Schweizerisches Gesundheitsobservatorium  
Observatoire suisse de la santé  
Osservatorio svizzero della salute  
Swiss Health Observatory

## Atlas suisse des services de santé Indicateurs

[Indicators](#) | [Health Care Atlas](#) | [Obsan](#)

## 12 Procédures d'imagerie médicale

### Scanners CT de l'abdomen

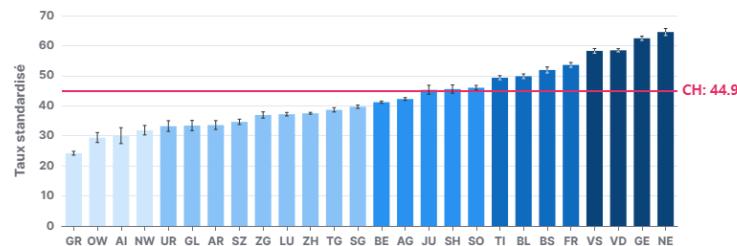
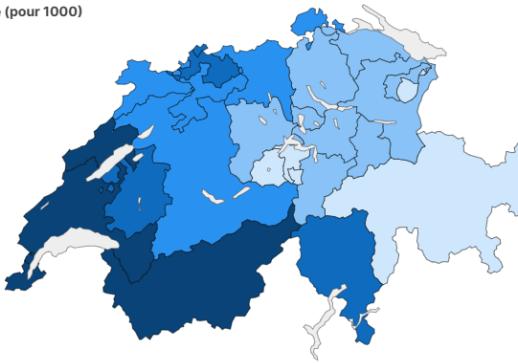


Cantons

2023

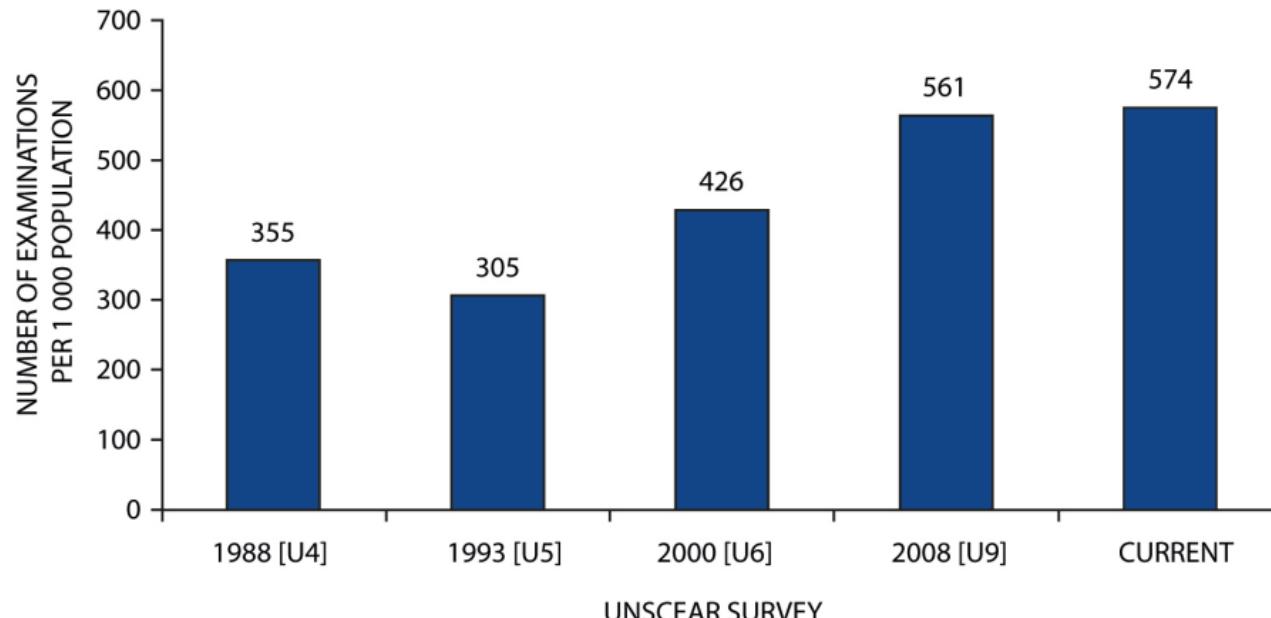
Taux standardisé (pour 1000)

- 58.3 - 64.5
- 49.3 - 53.6
- 41.2 - 46.0
- 33.2 - 39.7
- 24.2 - 31.8



## The UNSCEAR 2020/2021 Report, Annex A: Evaluation of Medical Exposure to Ionizing Radiation

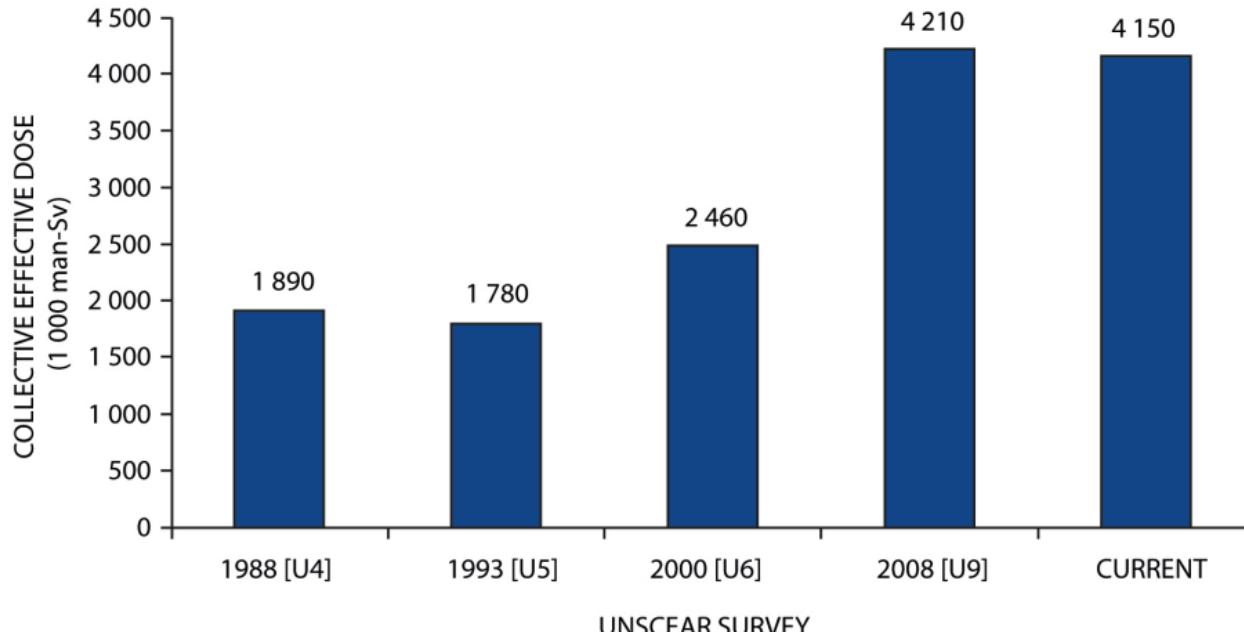
### Trend in frequency of examinations/procedures



# Dati internazionali

The UNSCEAR 2020/2021 Report, Annex A:  
Evaluation of Medical Exposure to Ionizing Radiation

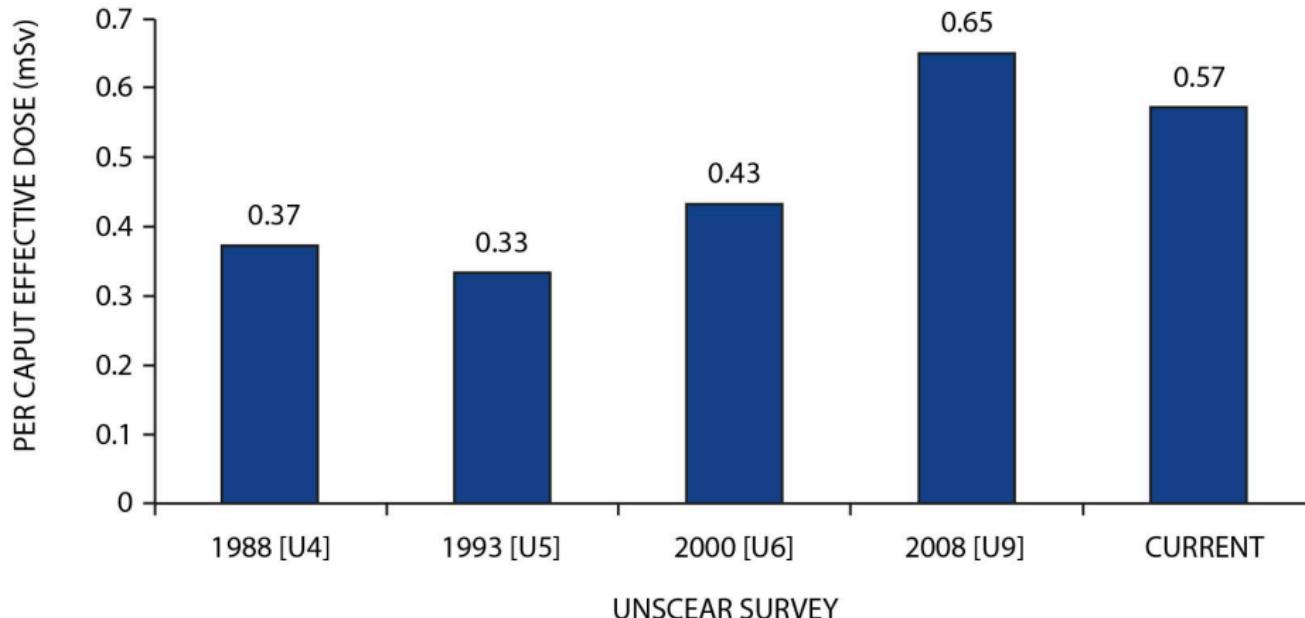
## Trend in annual collective effective dose



# Dati internazionali

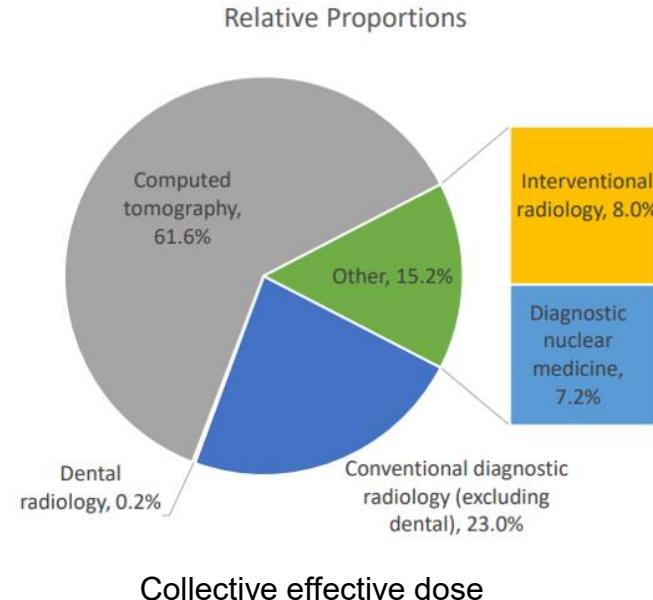
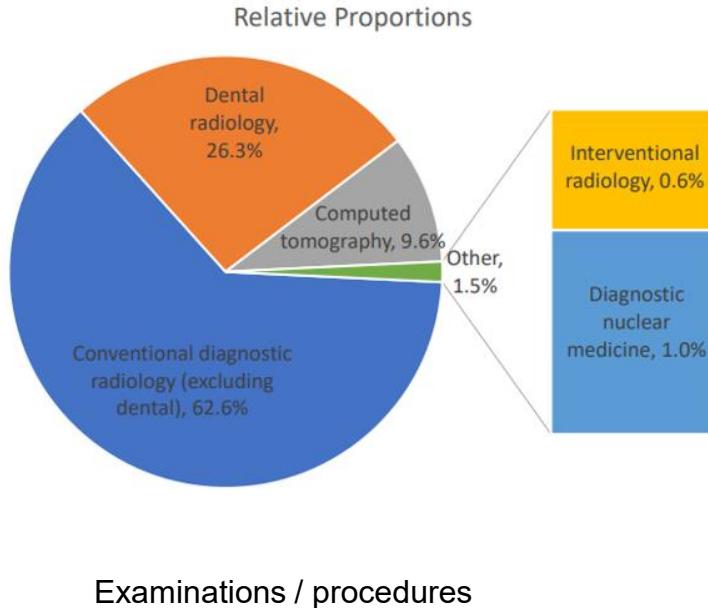
The UNSCEAR 2020/2021 Report, Annex A:  
Evaluation of Medical Exposure to Ionizing Radiation

## Trend in annual effective dose per caput

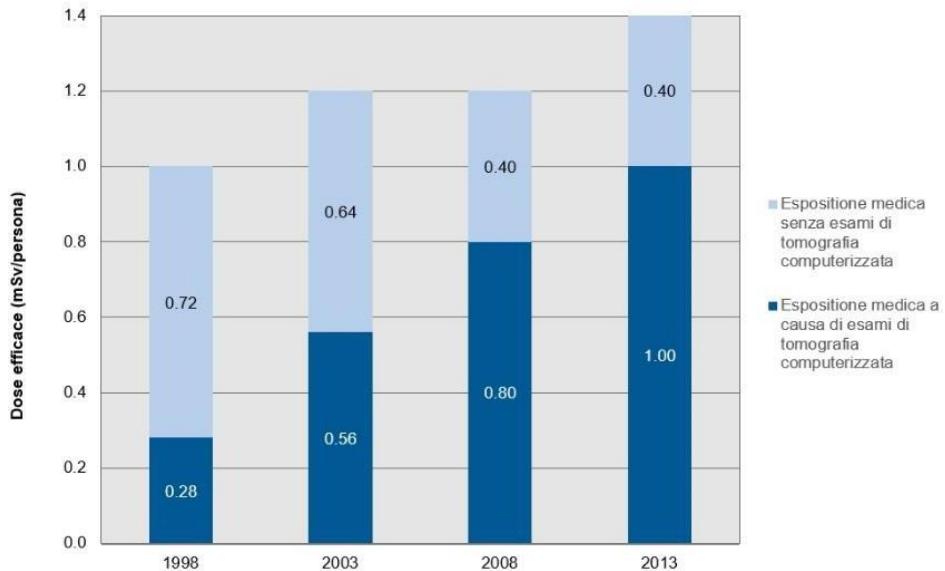


# Dati internazionali

## The UNSCEAR 2020/2021 Report, Annex A: Evaluation of Medical Exposure to Ionizing Radiation



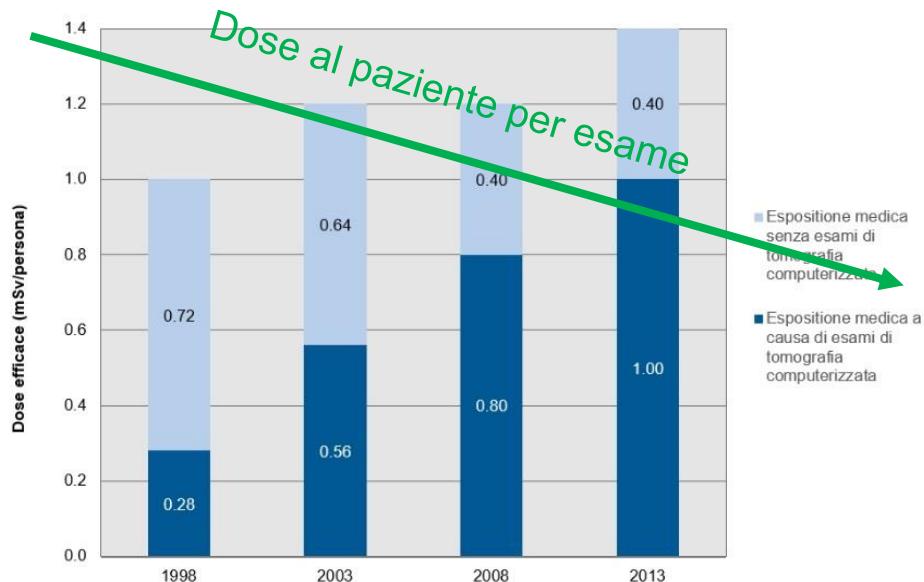
# Evoluzione esposizione da esami



Distribuzione disomogenea:

- ✓ 2/3 della popolazione non assorbe praticamente alcuna dose
- ✓ bassa percentuale di persone subisce una dose superiore a 10 mSv

# Evoluzione esposizione da esami



Esposizione in ambito medico aumenta

Dose al paziente per esame diminuisce



Tanti esami eseguiti

Sforzi tecnologici e dei radiologi a ridurre la dose

## TAC cerebrale (CTDI)

mediana = 58 mGy nel 2010

R. Treier et al., 2010; doi:10.1093/rpd/ncq279

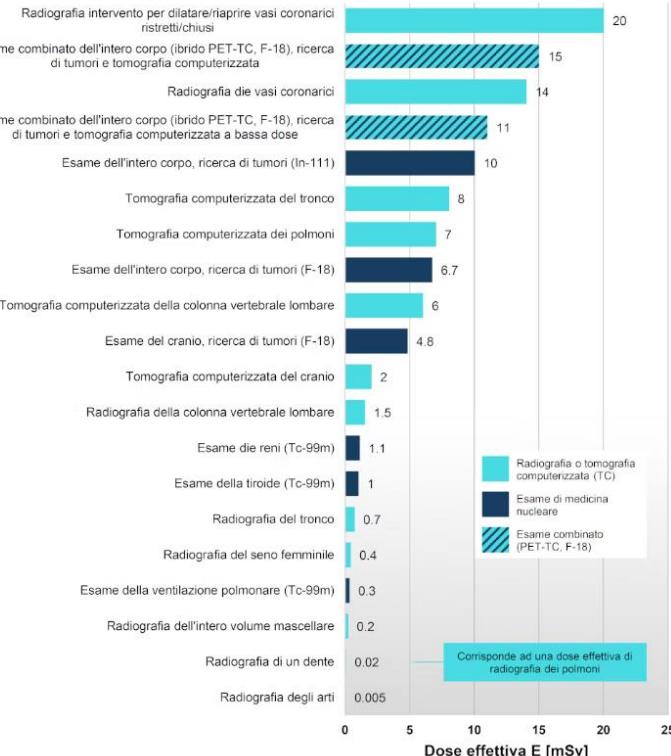
mediana = 42 mGy nel 2020

C. Aberle et al. 2020; doi: 10.1007/s00330-019-06485-1

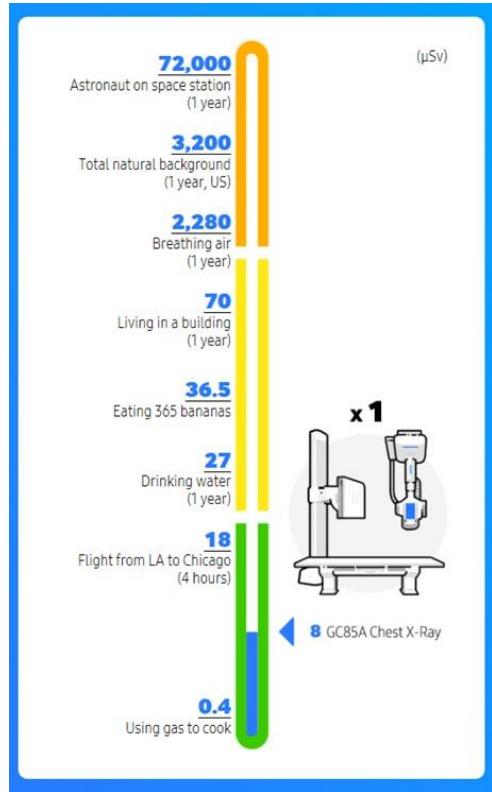
# Equivalenza con radiografie del torace

ESAME	R = RADIOGRAFIE/ ESAMI RADIODIAGNOSTICI AI RAGGI X	DOSE [mSv]	CORRISPONDE A X VOLTE LA DOSE DI RADIAZIONI DI UNA RADIOGRAFIA DEI POLMONI
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	R	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

**RX torace:**  
**0.02 mSv**  
**esame più frequente**  
**~ volo di lunga distanza**



# Confronto RX torace e attività non mediche



x 9000

x 4.5



Radiation Protection  
of Patients (RPOP)

## Referring medical practitioners

### Health professionals

[RPOP Home](#)[Radiology](#)[Radiotherapy](#)[Nuclear medicine](#)[Interventional procedures](#)

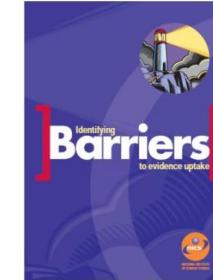
During an IAEA consultation on justification in 2007

(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19589882>), it was estimated that up to **50% of examinations may not be necessary**. It should be anticipated that part of the increase in global annual mean dose that has been observed recently is due to unjustified radiological procedures. Direct epidemiological data suggest that medical exposure to low doses of radiation even as low as 10-50 mSv might be associated with a small risk of cancer induction in the long term. The fact that a considerable percentage of people may undergo repeated high dose examinations, such as CT (sometimes exceeding 10 mSv per examination) dictates that caution should be used when referring a patient for radiological procedures. Health professionals need to make sure the patient benefits from the procedure and risk is kept minimal.

<https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/other-specialities-and-imaging-modalities/referring-medical-practitioners>

# Some reasons for unnecessary procedures

- Lack of awareness about radiation doses & associated risks
- Insufficient access to referral guidelines at the point of care
- Low confidence in clinical diagnosis & over-reliance on imaging
- Consumer demand (patient's and/or family's expectations)
- Self-referral, opportunistic screening, defensive medicine
- Pressure from other specialists e.g. "What does the CT shows?"
- Pressure from promotion and marketing of sophisticated technology
- Lack of dialogue/consultation between referrers and radiologists
- Non-availability of other appropriate imaging modality (e.g. US, MRI)
- Fragmentation vs. continuity of health care: unnecessarily repeated examinations



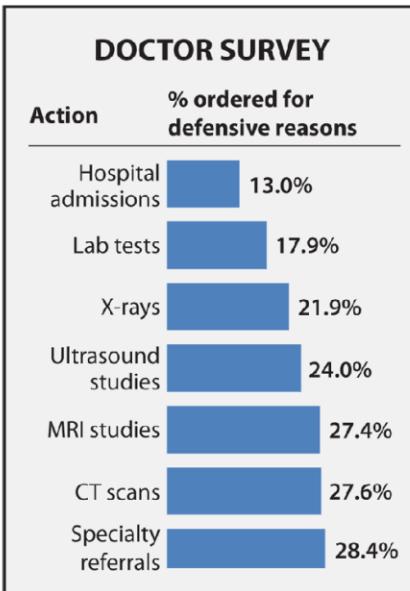
16 |



World Health Organization

Maria Perez, Justification of medical exposure, 2° International Symposium on the System of radiological protection, Abu Dhabi, 2013

# Defensive medicine is a strong driving force



## Concerns about malpractice litigation

*...Physicians may respond to the perceived threat of litigation by ordering more referrals and more tests, some of which may be recommended by clinical guidelines and beneficial, but others might be wasteful and harmful"*



# Rischio e beneficio

# Rischio e beneficio



**Ordinanza  
sulla radioprotezione  
(ORaP)**

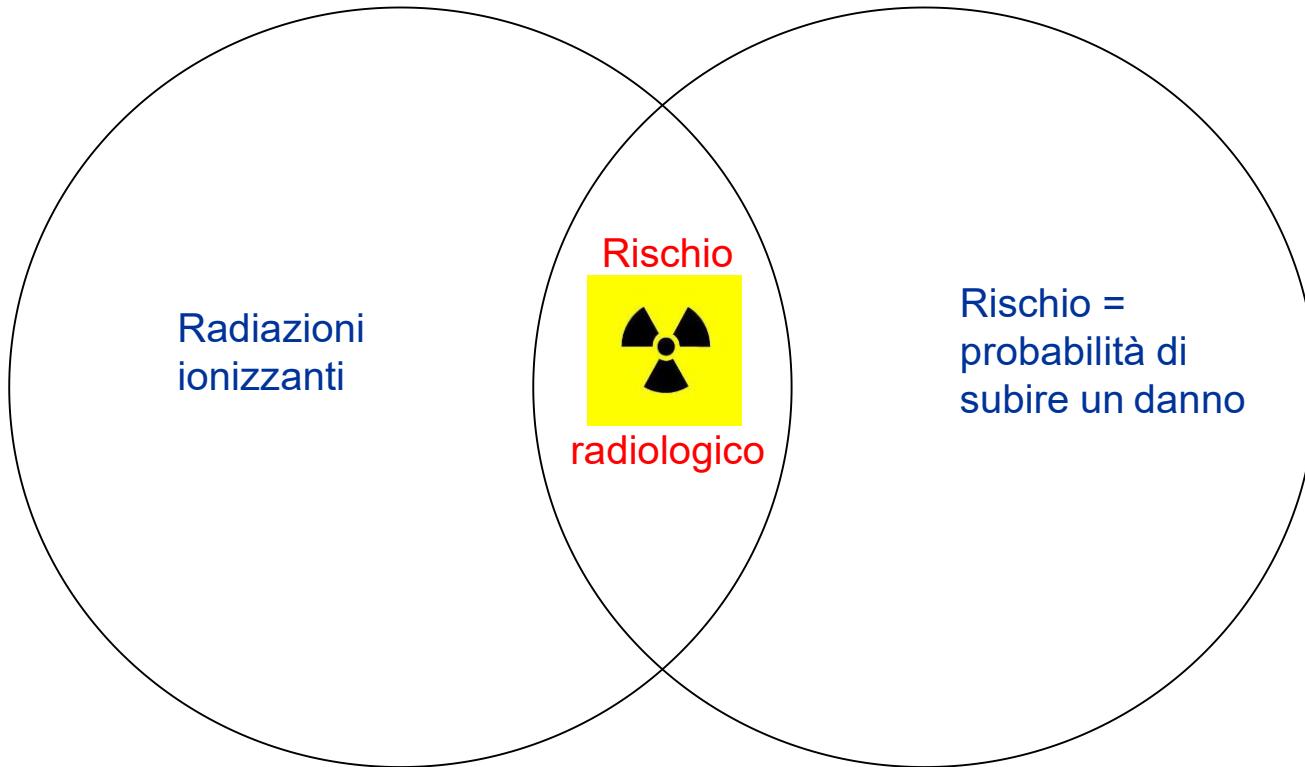
**814.501**

del 26 aprile 2017 (Stato 1° gennaio 2022)

## Art. 8 Procedura graduata in base al rischio

Tutti i provvedimenti nella radioprotezione devono essere graduati in funzione del rischio che ne è alla base.

# Rischio radiologico



# Stima del rischio di tumore



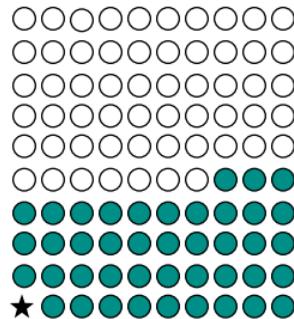
BEIR VII (Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation)

Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation:

1 individuo **su 100** puo' sviluppare un tumore a seguito di un'esposizione singola di **100 mSv**



Non ci sono dati sotto i 100 mSv, si utilizza il modello LNT cautelativamente



1 TAC addominale (passaggio singolo) = 10 mSv

Figure 2. In a lifetime, approximately 42 (solid circles) of 100 people will be diagnosed with cancer<sup>2</sup> from causes unrelated to radiation. The calculations in this report suggest approximately one cancer (star) in 100 people could result from a single exposure 100 mSv of low-LET radiation.

UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

Il **5%** della popolazione esposta a **1000 mSv** di dose totale in esposizioni multiple puo' sviluppare un tumore letale

Modelli soggetti ad ampi errori per esposizione a basse dosi. Stima del rischio ampiamente cautelativa.

# Stime di rischio



E (mSv)	Lifetime risk of fatal cancer <sup>(a)</sup>	Proposed risk term	Examples of medical exposures
<0.1	1 in 1 million	Negligible	Radiographs of chest, limbs, head, neck and teeth; nuclear medicine <sup>14</sup> C breath test
0.1–1	1 in 100 000	Minimal	Radiographs of spine, abdomen and pelvis; nuclear medicine lung ventilation scans
1–10	1 in 10 000	Very low	Barium meals and enemas, CT scans of head, chest and abdomen; coronary angiography and angioplasty; nuclear medicine bone and lung perfusion scans
10–100	1 in 1000	Low	Contrast enhanced CT scans, or series of CT scans; higher dose interventional radiology or cardiology procedures; nuclear medicine <sup>201</sup> Tl myocardial imaging
>100	>1 in 100	Moderate	Multiple CT scans, multiple interventional radiology or cardiology procedures

<sup>(a)</sup>This is the excess lifetime risk of fatal cancer for a reference patient who has received a dose near the middle of the range quoted, calculated from the linear no threshold (LNT) extrapolation model. The lifetime risk for a reference patient with doses within these ranges could be up to ten times higher or lower than the value quoted.

1 TAC addominale (passaggio singolo) = 10 mSV

# Percezione del rischio



Press centre Employment Contact

TOPICS

SERVICES

RESOURCES

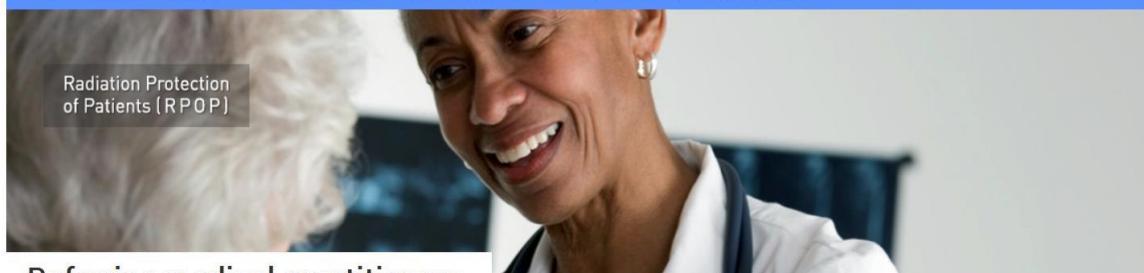
NEWS & EVENTS

ABOUT US

Search



Home / Resources / Radiation Protection of Patients / Health professionals / Other specialities and imaging modalities



## Referring medical practitioners

### Health professionals

RPOP Home

Radiology

Radiotherapy

Nuclear medicine

Interventional procedures

However, ensuring maximum benefit to risk ratio for the patient is not a trivial task. Referring medical practitioners, in a large part of the world, lack training in radiation protection and in risk estimation. **97% of practitioners who participated in a study underestimated the dose the patient would receive from diagnostic procedures.** The average mean dose was about 6 times higher than the physicians had estimated. The fundamental principles of radiation protection in medicine are justification and optimization of radiological protection. Referring medical practitioners have a major role in justification. They are responsible in terms of weighing the benefit versus the risk of a given radiological procedure.

[IAEA consultation on justification in 2007](#)

<https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/other-specialities-and-imaging-modalities/referring-medical-practitioners>

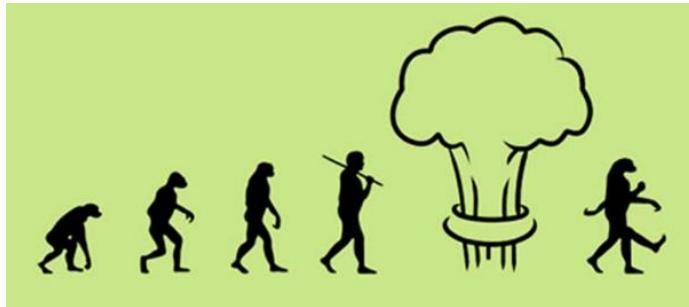
# Approccio razionale del rischio



Percezione del  
rischio equilibrata



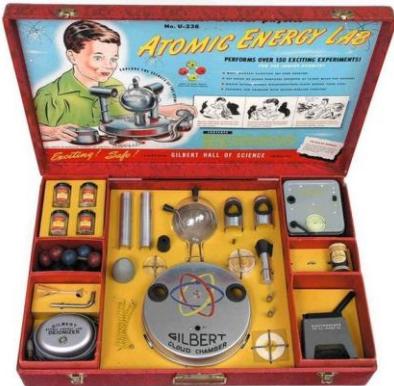
# Approccio razionale del rischio



# Approccio razionale del rischio



Da parecchio tempo sono presenti sul mercato svizzero dei gioielli contenenti del materiale radioattivo naturale. Coloro che indossano tali gioielli sono esposti a radiazioni ionizzanti senza inutilmente.



Gioielli a «ioni negativi»

# Approccio razionale al rischio



Improving Health  
Through Medical Physics

Login

## ► AAPM

- Join the AAPM!
- Staff Contacts
- Expense Claims
- Mission & Strategic Plan

## ► Policies & Procedures

- Association Governance
- Committees
- Committee Classifieds 
- Individual Appointments
- History & Heritage
- Chapters
- Speaker Index 

► CONFERENCES



## AAPM

POLICY NUMBER	POLICY NAME	POLICY DATE	SUNSET DATE
PP 25-C	AAPM Position Statement on Radiation Risks from Medical Imaging Procedures	4/10/2018	12/31/2023

### Policy source

### Policy text

The American Association of Physicists in Medicine (AAPM) supports the position that medical imaging should be appropriate and should use the radiation dose necessary to accomplish the clinical task.

**At the present time, epidemiological evidence supporting increased cancer incidence or mortality from radiation doses below 100 mSv is inconclusive. As diagnostic imaging doses are typically much lower than 100 mSv, when such exposures are medically appropriate, the anticipated benefits to the patient are highly likely to outweigh any small potential risks.**

Given the lack of scientific consensus about potential risks from low doses of radiation, predictions of hypothetical cancer incidence and mortality from the use of diagnostic imaging are highly speculative. The AAPM, and other radiation protection organizations, specifically discourages these predictions of hypothetical harm. Such predictions can lead to sensationalistic stories in the public media. This may lead some patients to fear or refuse safe and appropriate medical imaging, to the detriment of the patient.

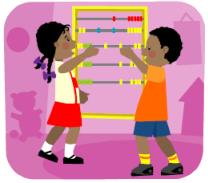
Medical physicists continuously strive to improve medical imaging by optimizing radiation doses while ensuring that the needed level of image quality is obtained, thereby contributing to the widely recognized benefits of medical imaging.

[Home](#) | [Directory](#) | [Career Services](#) |  
[Continuing Education](#) | [BBS](#) | [Contact](#)



L'esame se  
giustificato va  
eseguito, perché il  
beneficio supera il  
rischio

# Popolazione sensibile



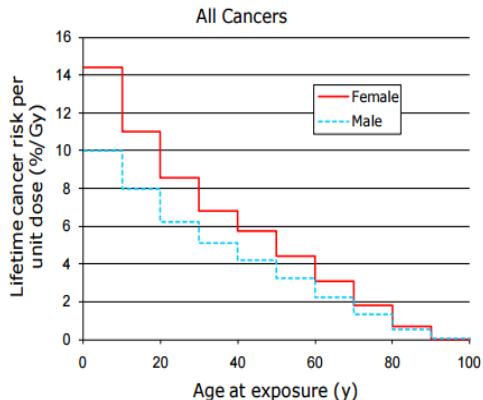
Children



Young women



Fetus



Rischio/Gy a seguito di irradiazione total body

- Maggiore rischio per bambini e giovani
  - ✓ Maggiore aspettativa di vita (lunga latenza dei danni)
  - ✓ Maggiore radiosensibilità (cellule indifferenziate)
- Donne soggette a maggiore rischio (seno organo radiosensibile)

# Analisi rischio / beneficio



«Ho già formulato una diagnosi. Qual è il valore aggiunto di un esame radiologico?»



«Come posso garantire che il mio paziente sia sottoposto all'esame di diagnostica per immagini più adatto?»



«Devo prescrivere al mio paziente un ulteriore esame radiologico se ne ha già effettuato uno di recente?»



«Perché è importante chiedere se potrebbe essere in corso una gravidanza?»



«Devo richiedere una radiografia o una TC per il mio paziente se è possibile effettuare un altro esame senza l'impiego di radiazioni ionizzanti?»



«Quali aspetti devo considerare prima di richiedere un esame di diagnostica per immagini per un bambino?»



«Il mio paziente è consapevole che una TC non è esente da rischi?»

Esami radiologici: pratica di giustificazione per i medici di riferimento



**“ Ho già formulato una diagnosi. Qual è il valore aggiunto di un esame radiologico? ”**

**Se l'esame clinico ha già fornito informazioni sufficienti per la diagnosi, un esame radiologico potrebbe essere superfluo.**

Credete di disporre già delle informazioni sufficienti a formulare una diagnosi? Oppure pensate che l'esame radiologico potrebbe modificare la diagnosi o influenzare il trattamento? O, ancora, vorreste attendere per osservare l'evolversi della situazione? Un esame diagnostica medica per immagini è utile se il suo risultato, positivo o negativo, può influenzare il trattamento del paziente o confermare con maggiore sicurezza la diagnosi. Se invece serve soltanto a rassicurare il paziente, un esame radiologico potenzialmente superfluo non è giustificabile.

**Discutetene con i pazienti!**

## Evitare un esame radiologico superfluo è nell'interesse dei pazienti!



### I benefici per i pazienti

- Evitare qualsiasi esposizione non necessaria alle radiazioni ionizzanti.
- Evitare di perdere tempo effettuando un esame non necessario e attendendo i risultati.
- Iniziare senza indugio il trattamento più appropriato.
- Evitare ulteriori costi.



L'impiego corretto della diagnostica per immagini migliora la gestione dell'assistenza sanitaria per tutti, assicurando una maggiore disponibilità delle apparecchiature e garantendo il controllo dei costi.

### Come parlare delle radiazioni ionizzanti?

L'esposizione ai raggi X può danneggiare le cellule del corpo umano e, potenzialmente, aumentare il rischio di sviluppare un tumore in futuro. Il rischio è ritenuto proporzionale alla dose ricevuta e pertanto aumenta con il numero di esami svolti. Esistono tecniche che prevedono una dose inferiore di radiazioni e che forniscono comunque immagini della qualità necessaria a rispondere al quesito clinico. Se un esame radiologico è necessario ed è eseguito con la tecnica appropriata, il beneficio clinico supera i rischi legati alle radiazioni.

### Cosa fare in caso di lombalgie?

Il mal di schiena può essere insopportabile e il paziente potrebbe richiedere una radiografia, una tomografia computerizzata (TC) o una risonanza magnetica (RM) per individuarne le cause. In assenza di sintomi più specifici è probabile che questi esami non forniscano ulteriori informazioni utili ad aiutare il paziente. Nella stragrande maggioranza dei casi, il mal di schiena si risolve entro circa un mese e la maggior parte dei pazienti migliora anche senza essersi sottoposta a un esame radiologico. Una radiografia laterale della colonna lombare espone a una dose equivalente a sei mesi di radiazione naturale, pari a una dose efficace di 1,5 mSv<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> <https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=safety-xray>

**Discutetene con i pazienti!**



# Principi di radioprotezione

# Principi fondamentali della radioprotezione

Per ridurre il rischio di danni dovuti alle radiazioni ionizzanti

## 3 principi generali di radioprotezione:

- **giustificazione**
- **ottimizzazione**
- **limitazione della dose**

# Principi fondamentali della radioprotezione

## Principio di giustificazione

«un'attività nella quale l'uomo o l'ambiente sono esposti a radiazioni ionizzanti può essere svolta soltanto se commisurata ai vantaggi e ai pericoli connessi» (LRaP)

Scopo: proteggere le persone e l'ambiente dai rischi legati alle radiazioni ionizzanti

È applicabile a tutte le attività, le installazioni, gli eventi e le situazioni che possono implicare un pericolo da radiazioni ionizzanti e provocare un aumento della radioattività dell'ambiente

# Principi fondamentali della radioprotezione

## Principio di ottimizzazione

La radiazione a cui è esposta la popolazione svizzera, se giustificata, va mantenuta ad un livello il più basso possibile

Si applica il principio ALARA («As Low As Reasonably Achievable», il livello più basso ragionevolmente raggiungibile), riconosciuto a livello internazionale

Se un'attività implica l'esposizione giustificata a radiazioni, è assolutamente prioritario evitare ogni esposizione e contaminazione inutile

# Principi fondamentali della radioprotezione

## Limitazione della dose

Le dosi di radiazione cui sono esposte le persone nell'ambito di un'attività giustificata non devono superare determinati limiti

Questi limiti sono diversi per la popolazione comune (1mSV all'anno) e per le persone esposte a radiazioni per motivi professionali (20mSV all'anno)

Non vigono limiti di dose per le esposizioni a scopi medicali. Di norma l'utilità individuale prevale sul rischio dell'esposizione alle radiazioni.

# Riassunto del modulo 1, parte 1

- **basi legali: LraP, Orap, Ordinanze DFI, Guide**
- **radiazioni ionizzanti ed effetti deterministicici / stocastici**
- **grandezze dosimetriche: dose assorbita, dose equivalente, dose efficace**
- **irradiazione della popolazione e in medicina**
- **rischio / beneficio**
- **principio della giustificazione, ottimizzazione, limiti di dose**

