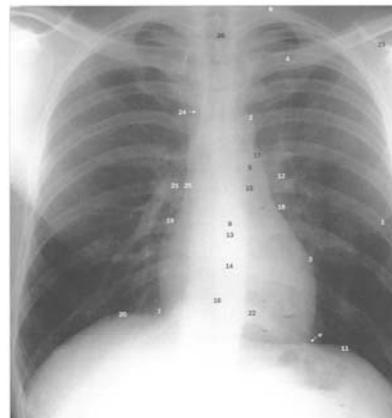
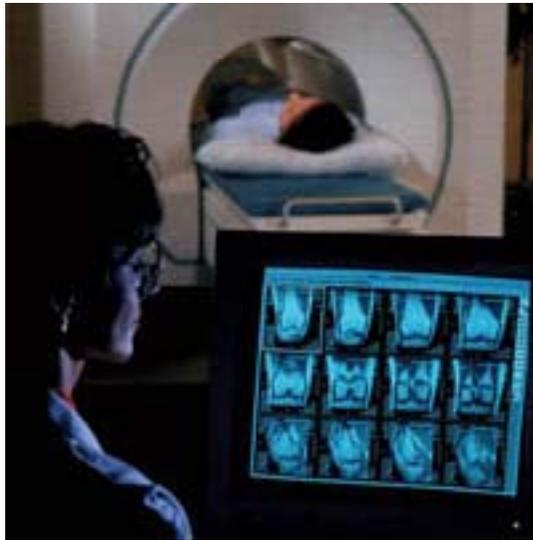


Diagnostica per immagini



Diagnostica per Immagini Radiazioni Ionizzanti

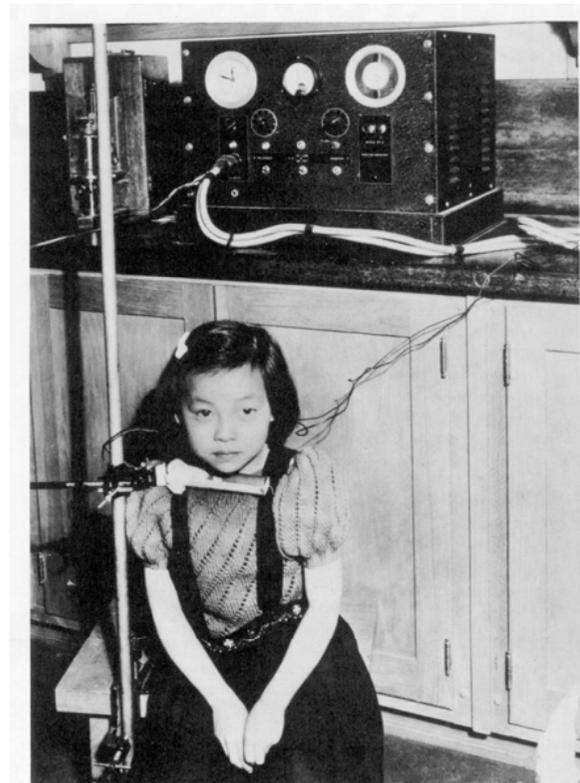


Radiologia



1896

Medicina Nucleare



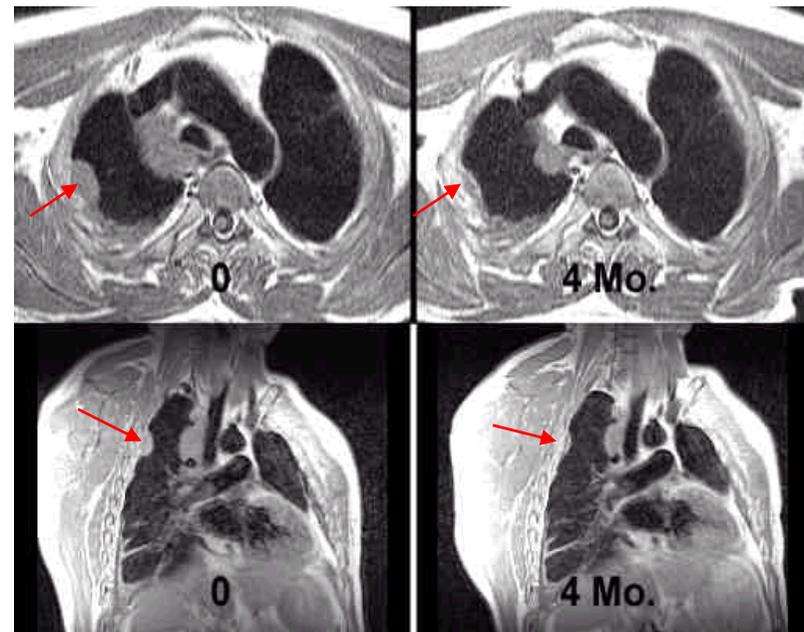
1938

Diagnostica per Immagini

Modificazione della prognosi di molte malattie

- Rx Torace
Tubercolosi
- Mammografia
Carcinoma della mammella
- Angiografia
Infarto del miocardio

Radioterapia



Che cosa è la Medicina Nucleare
Che cosa si fa in Medicina Nucleare
Qual'è il prodotto della Medicina Nucleare



Attività diagnostica e terapeutica somministrando ai pazienti *radiofarmaci* specifici per il problema clinico da risolvere

Radiofarmaco

Radio-composto, Radio-indicatore, Radio-tracciante

Sostanza radioattiva che si concentra nell'organo dove avviene il suo metabolismo

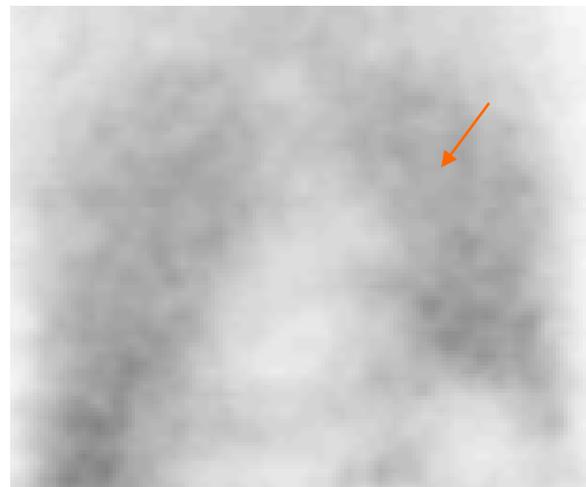
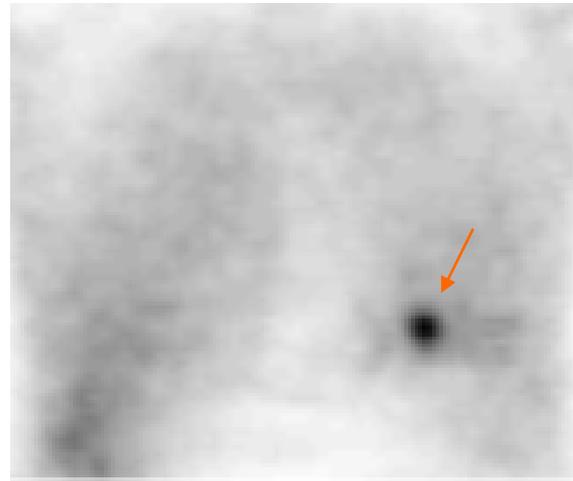
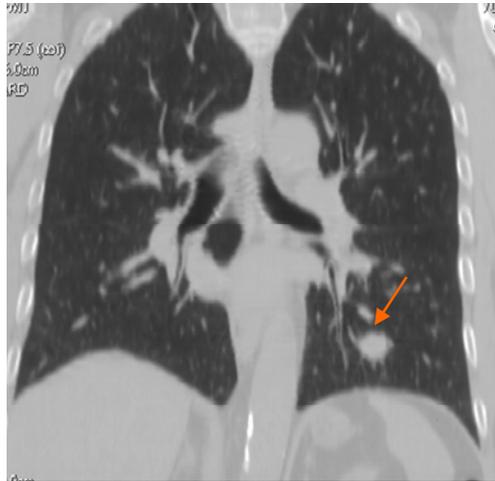
Immagini di una funzione

Scintigrafia

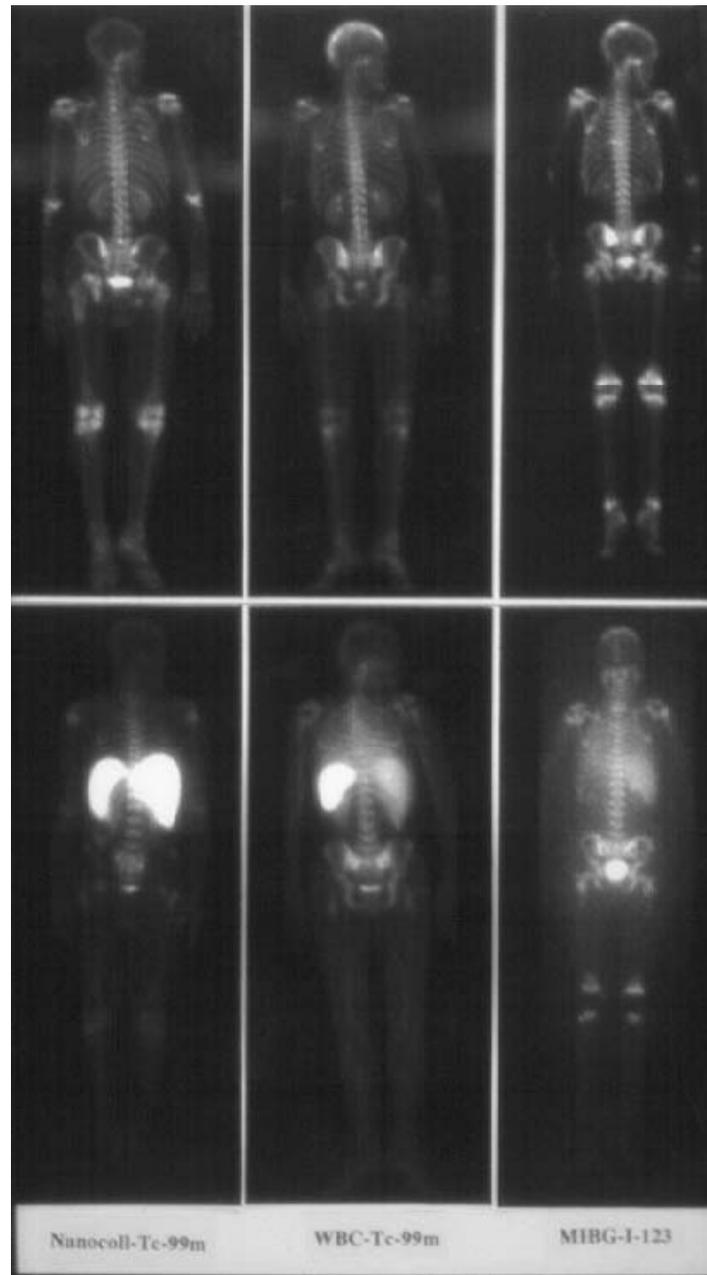
Carcinoma Polmonare

TAC

PET

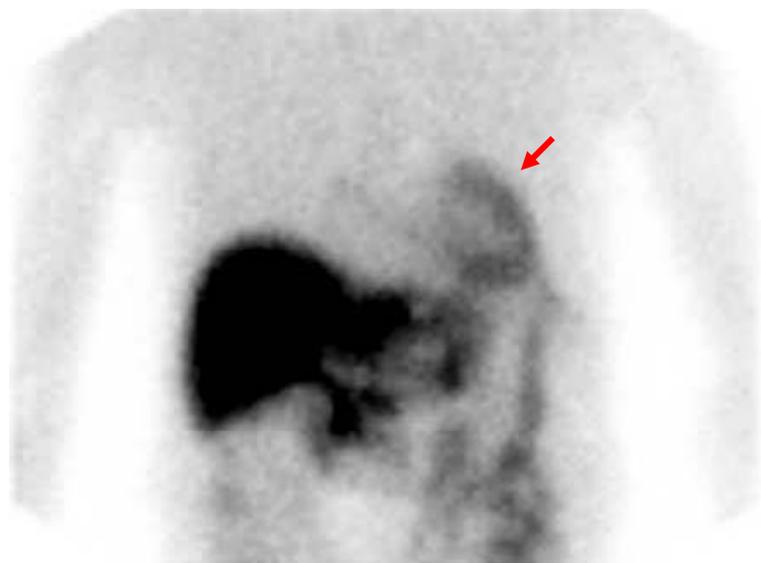


Immagini di una funzione



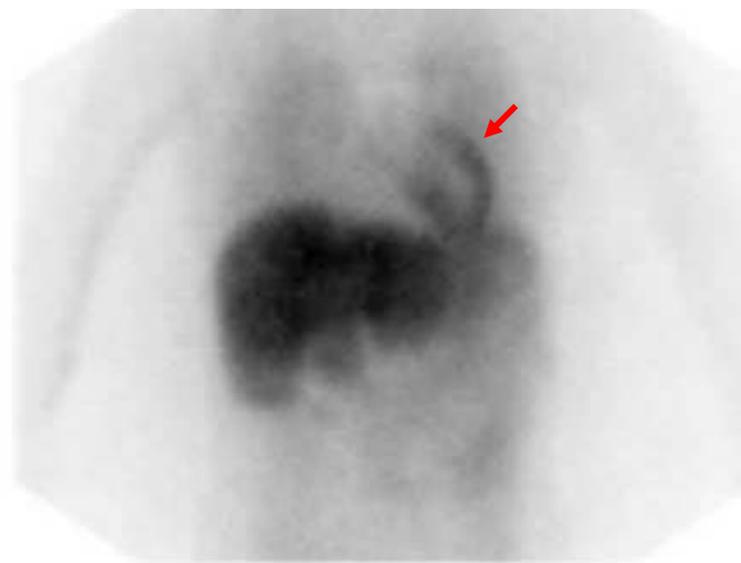
Scintigrafia miocardica
Stessa immagine
Diverso contenuto diagnostico

Perfusione



Sestamibi-Tc99m

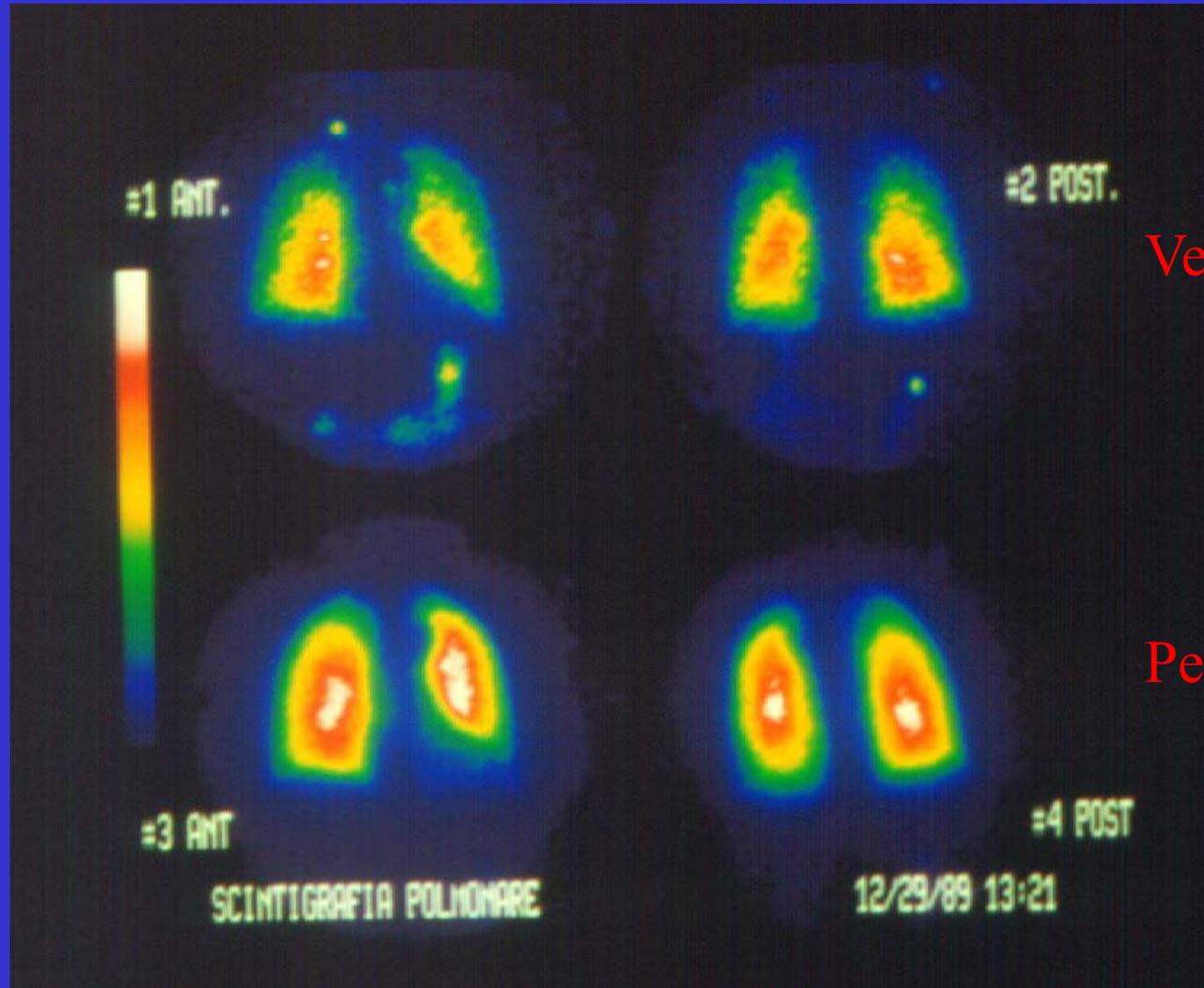
Recettori



MIBG-I123

Scintigrafia Polmonare

Immagine di una funzione

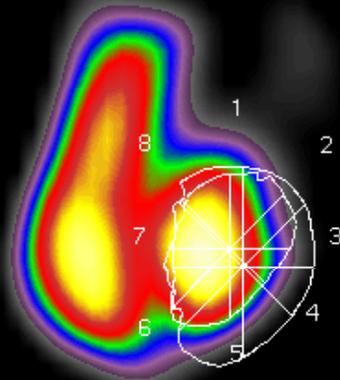


Ventilazione

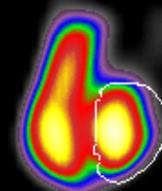
Perfusione

REF = % REGIONAL EJECTION FRACTION
 RS = % RADIAL SHORTENING

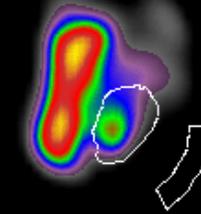
Report



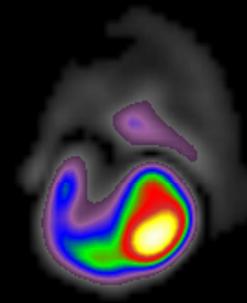
	%RS	%REF
1.	25.5	43.5
2.	14.3	19.7
3.	15.0	56.2
4.	28.6	57.9
5.	22.0	58.3
6.	9.7	40.4
7.	12.8	52.0
8.	27.8	63.7



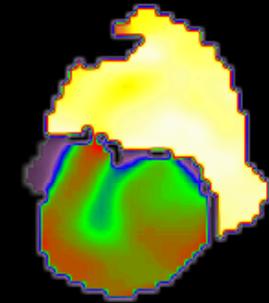
ED



ES



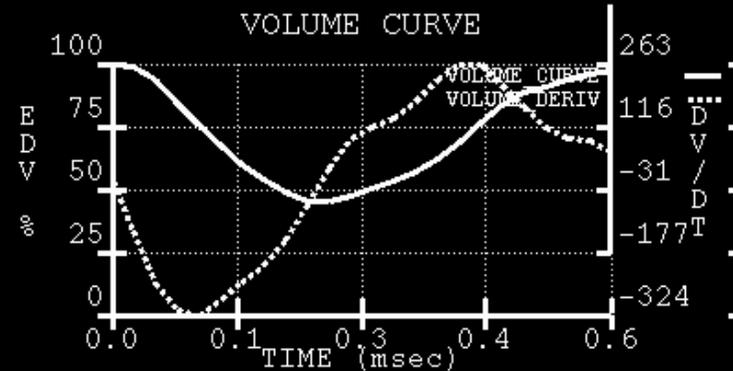
AMPLITUDE



PHASE

SMOOTHED CRV COMPUTATIONS:

NAME : ██████████
 ID : SYMA581127
 DATE : 21Feb2003
 EF : 55.031 (%)
 PEAK ER : -3.241 (EDV/SEC)
 PEAK FR : 2.701 (EDV/SEC)
 HEART RATE : 86 (BPM)
 R-R INTERVAL: 696 (MSEC)
 % OF CYCLE : 90 (%)
 NO OF CYCLES: 1239
 ED FRAME: 1 ES FRAME: 11



Malattia

Epifenomeno di alterazioni funzionali:
esaurimento della riserva funzionale:

Lesione anatomica

Le alterazioni funzionali precedono le
alterazioni anatomiche.

Medicina Nucleare

Diagnosi precoci

Medicina Nucleare
Strumenti di rilevazione
Gamma-Camera



La gamma camera rileva le radiazioni emesse dal paziente
essa stessa non emette radiazioni

Radiofarmaci in Medicina Nucleare Convenzionale



	Pertecnetato ($Tc-99m$)	Altri
Tiroide	Pertecnetato	I-131, I-123
Osso	Difosfonati	
Cuore	Isonitrile, Fur fosmina	Tl-201
	Tetrofosmina, Pirofosfato	Ac-Mo-In-111
Encefalo	HM-PAO, ECD	Ar.fet.-I-123
	DTPA <small>RECEPTORI - NEUROTRASMETTITORI</small>	
Polmone	Macroaggregati, Microsfere	Ga-67
	Aerosol, Pseudogas	
	Colloidi, DTPA	
Rene	DTPA, DMSA, GA	Hippuran (I-123, I-131)
Fegato	HIDA, Colloidi	
Sangue	Emazie, Leucociti	Ferro-Fe-59
	Piastrine, Midollo osseo	Oxina-In111
Surreni		Chol-(I-131, Se-75) MIBG(I-123, I-131)
Tumori	Ac-Monoclonali	Ac-Mo-(I-131, In-111) ? Octreotide-In-111

Radiofarmaci in Tomografia da Emissione di Positroni (PET)

Parametro	Radiofarmaco	Applicazione
Metabolismo del glucosio	FDG- ¹⁸ F	Tumori Cervello Cuore
Flusso Ematico	H ₂ ¹⁵ O ¹³ NH ₃ ¹⁵ O ₂	Cervello Cuore
Sintesi Proteica	¹¹ C-Metionina ¹¹ C-Leucina	Attività Tumorale
Sintesi del DNA	¹¹ C-Timidina	Divisione cellulare
Recettori	¹⁸ F-6-L-DOPA	Sintesi della Dopamina

	T _{1/2}
F-18	109.8 min
C-11	20.4 min
N-13	9.97 min
O-15	2.04 min

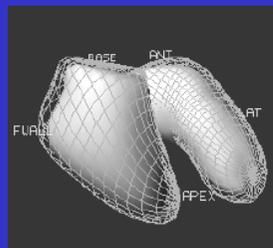
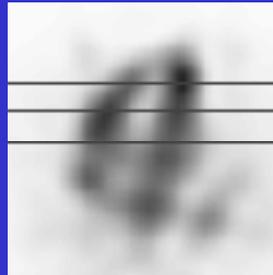
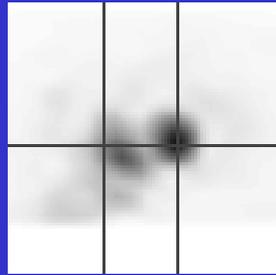
Ciclotrone



Applicazioni Cliniche

Apparato cardiovascolare

Funzione ventricolare: Angiocardioscintigrafia

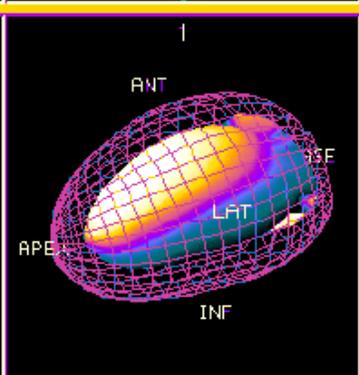
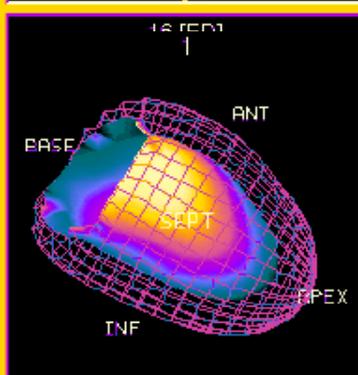
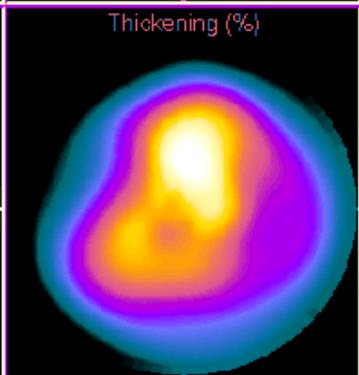
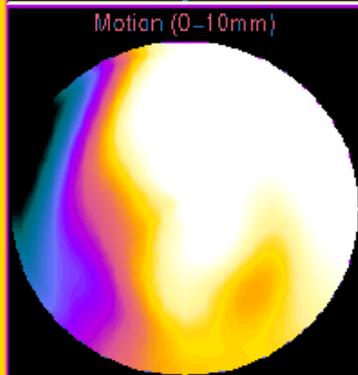
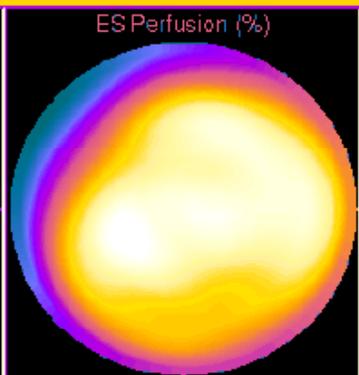
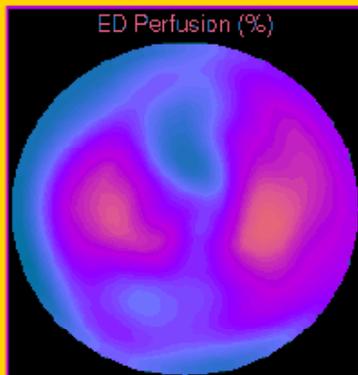
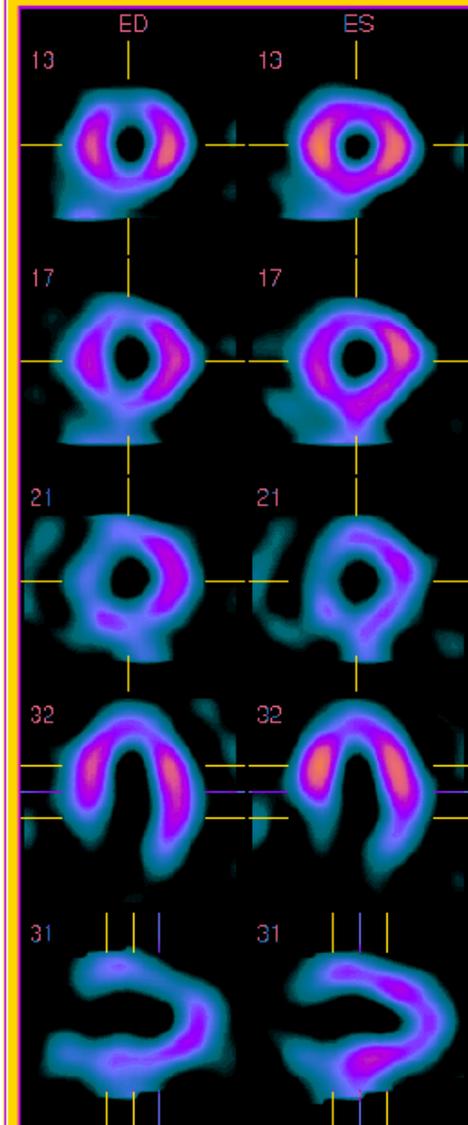


Volumi ventricolari
Cinesi parietale
Frazione di eiezione

Exit Process Reset Manual Dual Raw Slice Splash Surface Views OPS DGS Snapshot More Database Limits Score Defaults Save Print Help Reselect

Exam MACIBOB SILVANA 10/16/2001 GN GATED NONCIRCULAR PROC GS STRESS 0 100

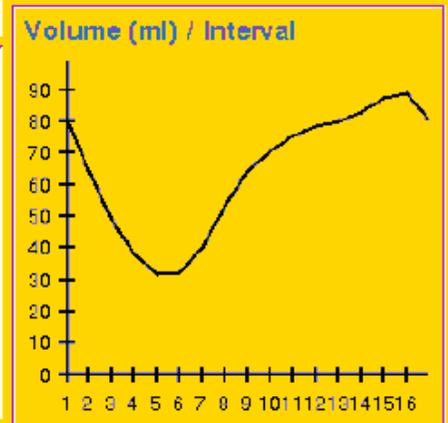
Label Contours ED ES Blur Smear Gate Spin 3D Function Raw Grid None Interval 1 Zoom 4 Scale 1.0 Rate 13



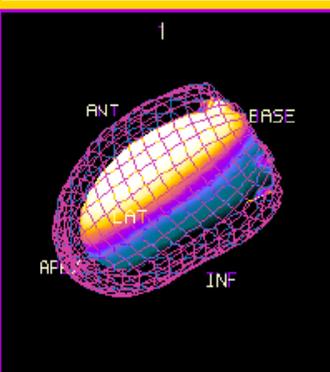
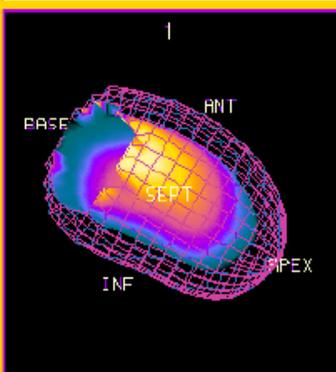
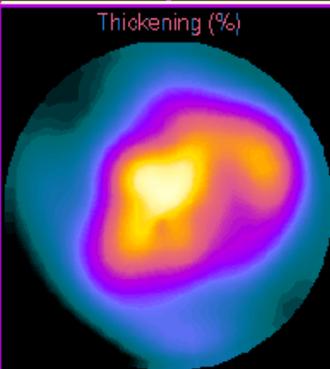
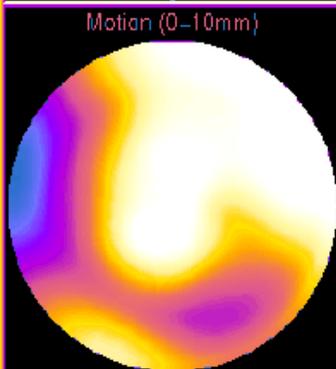
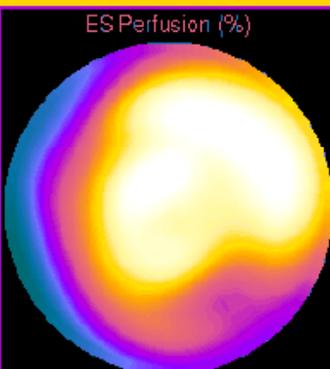
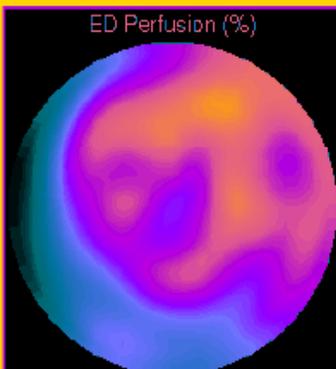
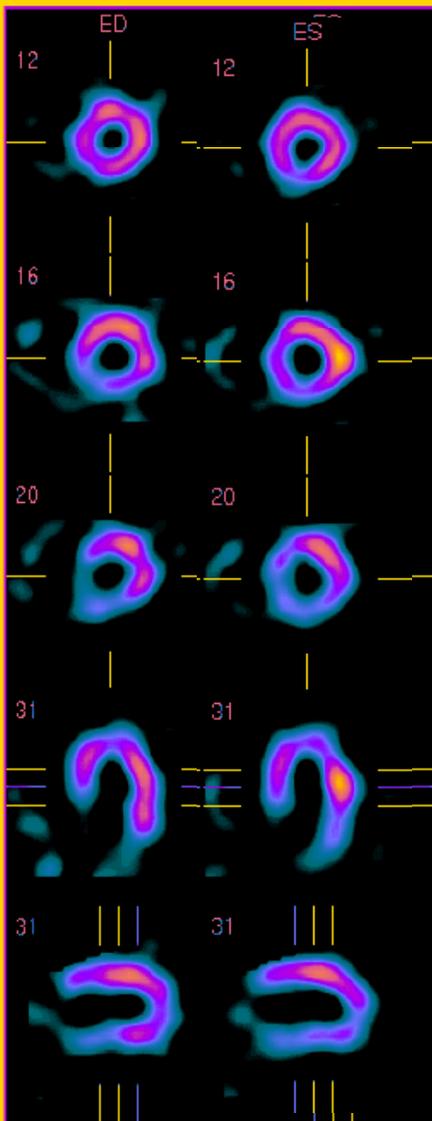
Name MACIBOB SILVANA
 Pat ID MYO370725
 Sex UNKNOWN
 Limits --
 TID --
 LHR --
 SMS 1 STS 2

Proc ID GN GATED NONCIRCL
 View ID PROC GS STRESS
 Date 10/16/2001 13:13:49
 Matrix 64x64
 Slices 37
 Intervals 16
 Mm/Vox 4.27

Volume 80ml [1]
 EDV 89ml [16]
 ESV 32ml [5]
 SV 57ml
 EF 64%



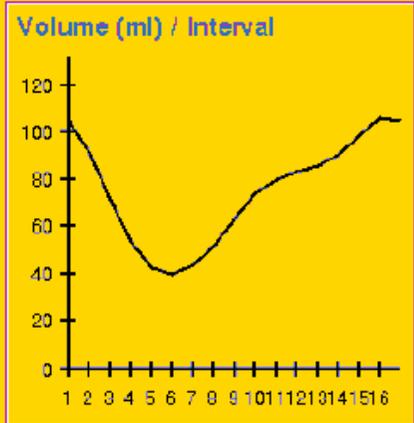
Surface Both



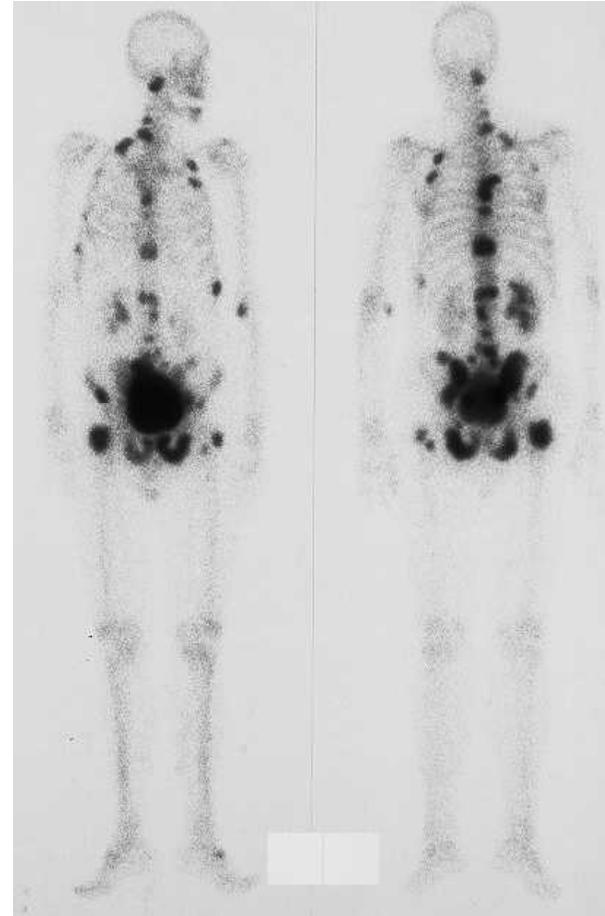
Name BALESTRI LUCIANO
 Pat ID MYO440617
 Sex UNKNOWN
 Limits --
 TID --
 LHR --
 SMS 0 STS 0

Proc ID GN GATED NONCIRCL
 View ID PROC GS STRESS
 Date 10/22/2001 14:04:12
 Matrix 64x64
 Slices 37
 Intervals 16
 Mm/Vox 4.27

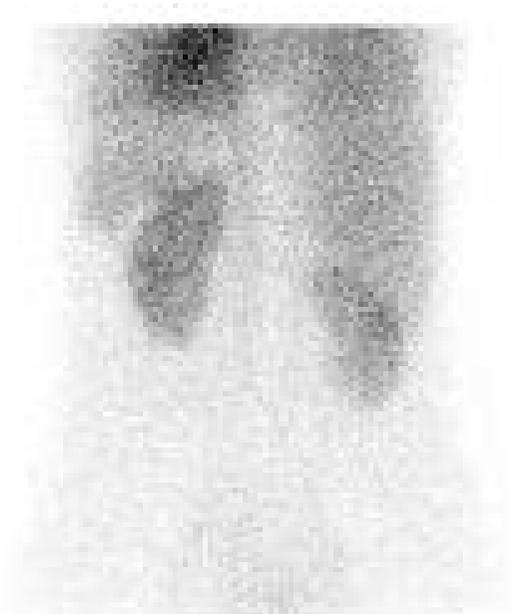
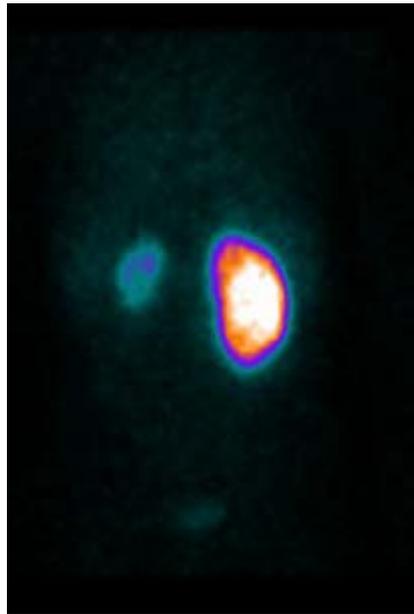
Volume 105ml [1]
 EDV 106ml [16]
 ESV 40ml [6]
 SV 66ml
 EF 62%



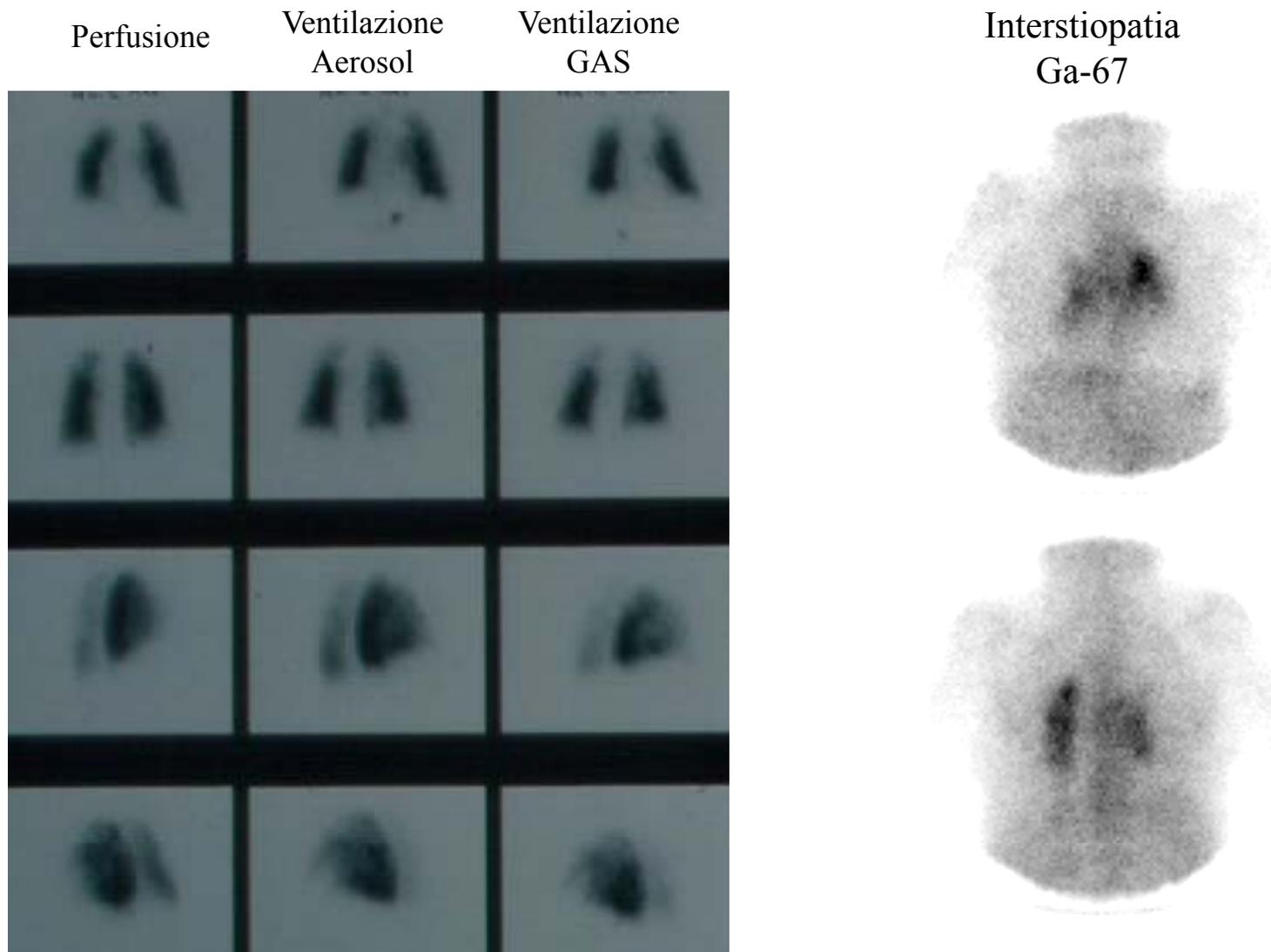
Scintigrafia ossea



Scintigrafia renale



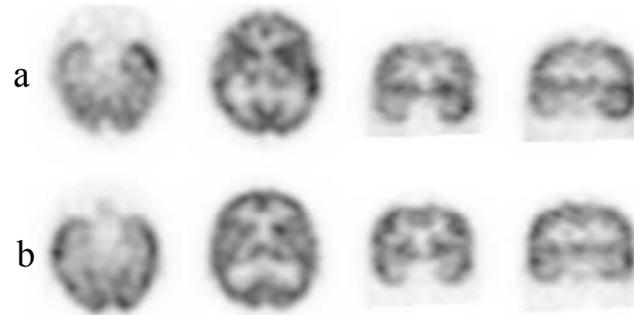
Scintigrafia polmonare



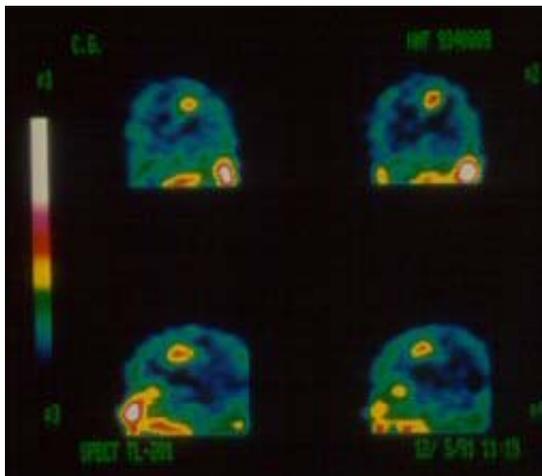
Scintigrafia cerebrale



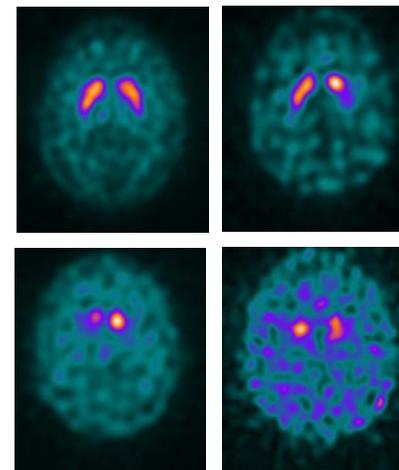
Lesione della barriera emato-encefalica



Epilessia

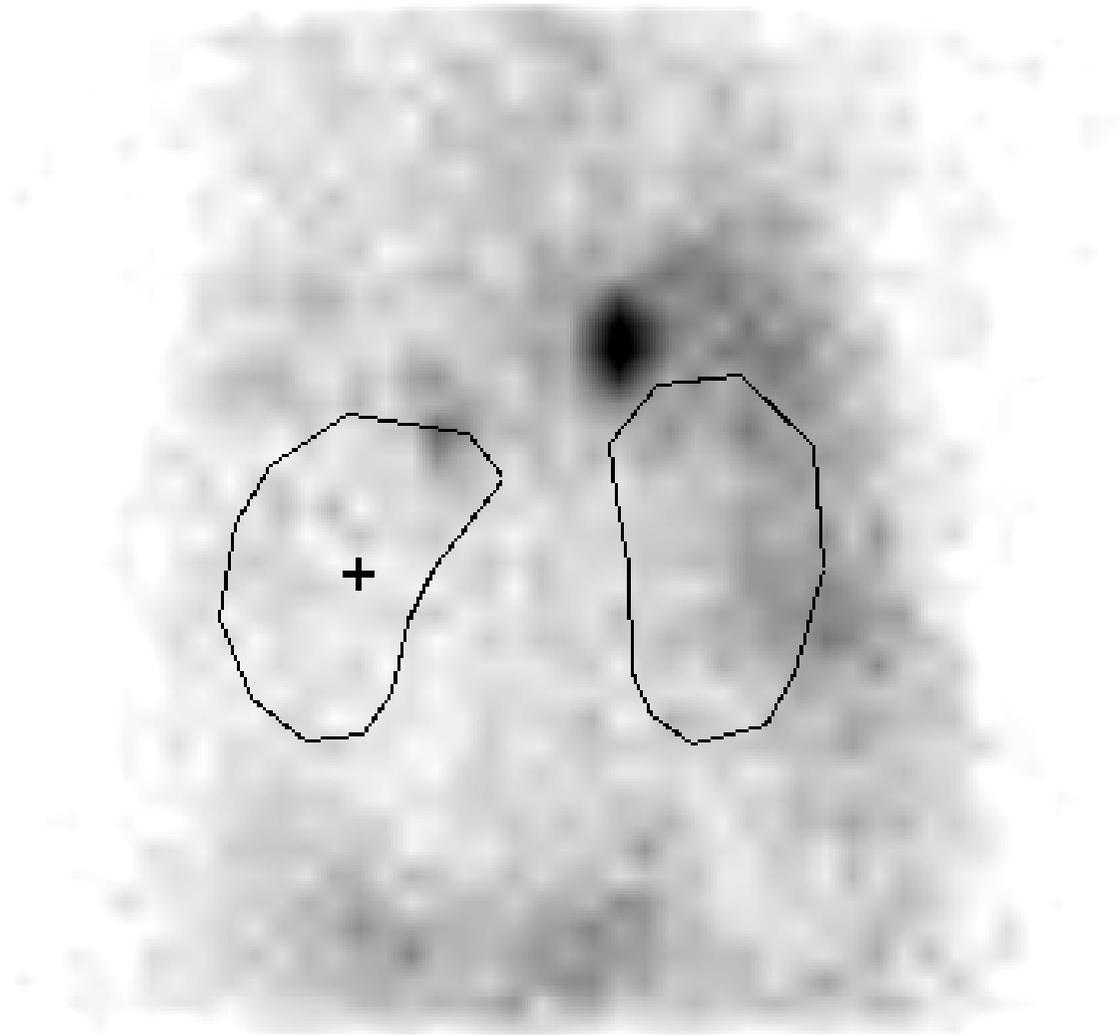


Recidiva di glioma



Disordine motorio

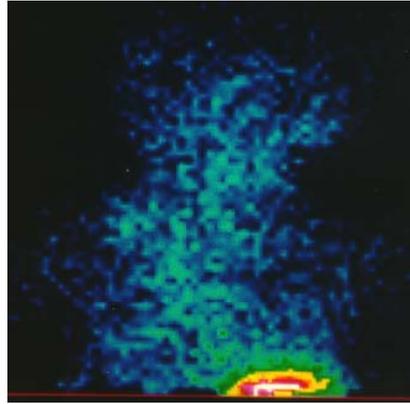
Iperaldosteronismo Primitivo



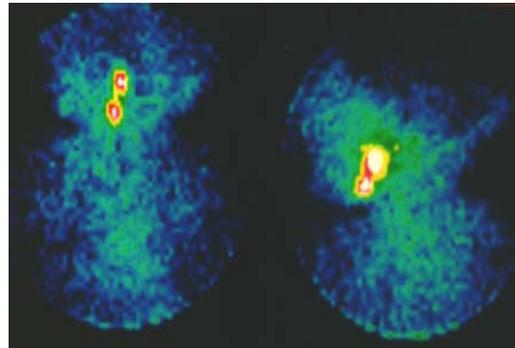
Inibizione con Desametazone

Ipotiroidismo Congenito I-123

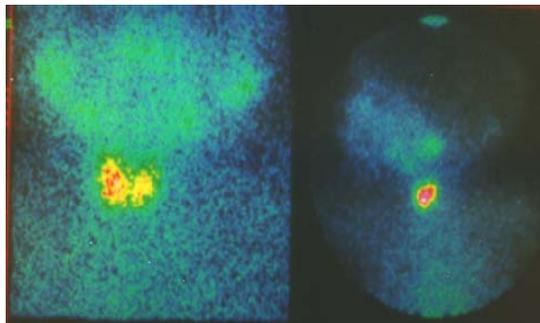
A



B



C

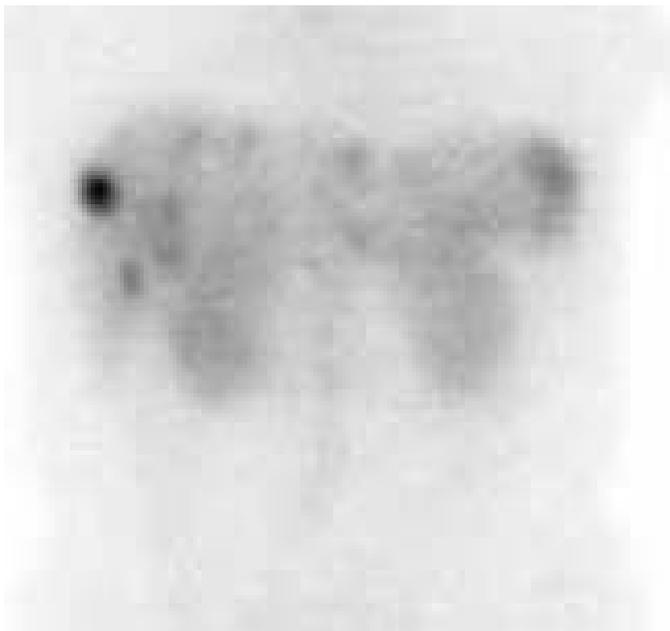


PET 18-FDG

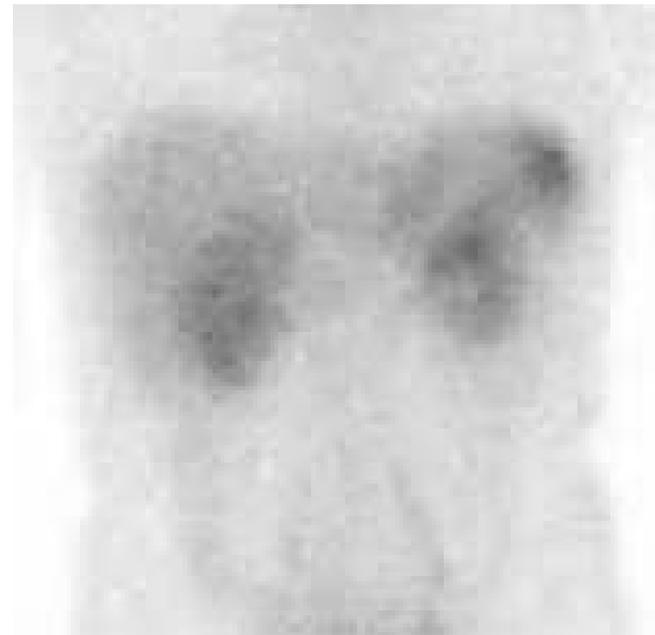


Metastasi epatiche da carcinoide: OCT-In111

Terapia con DOTATOC-Yt-90

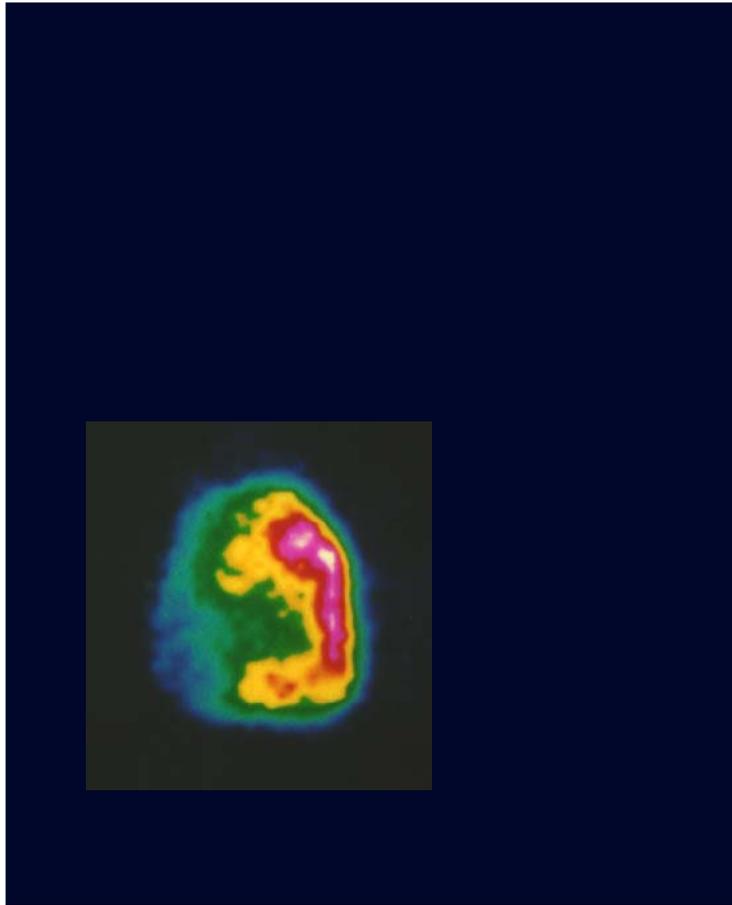


basale

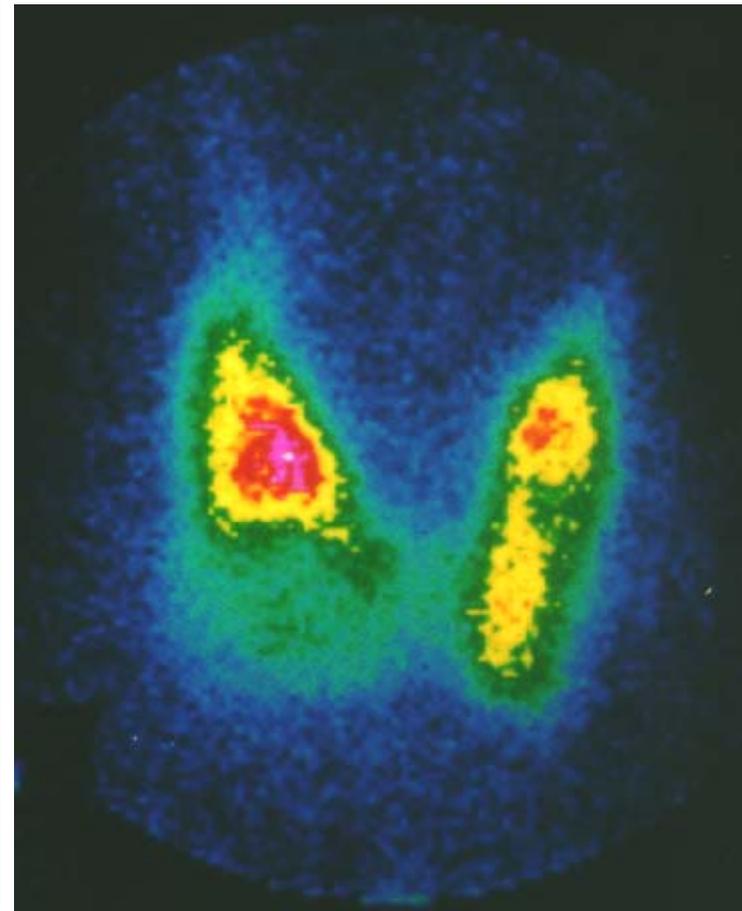


dopo

Gozzo nodulare iperfunzionante
Iodio-131 10 mCi

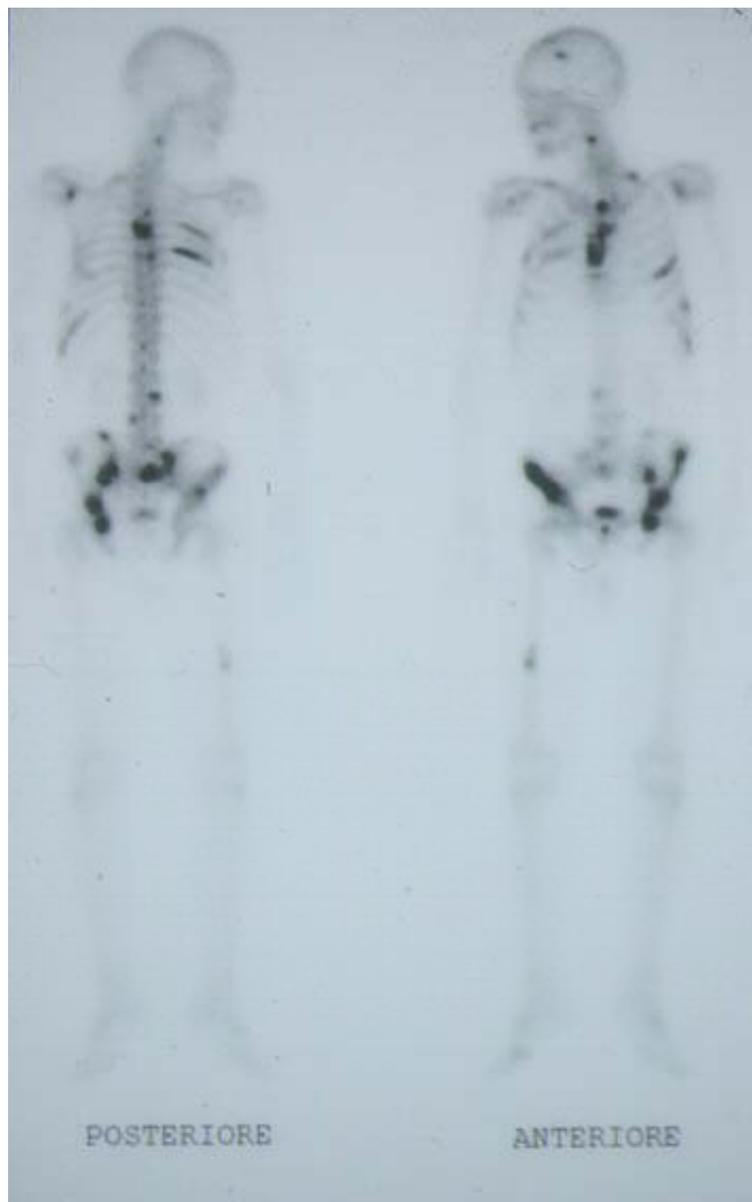
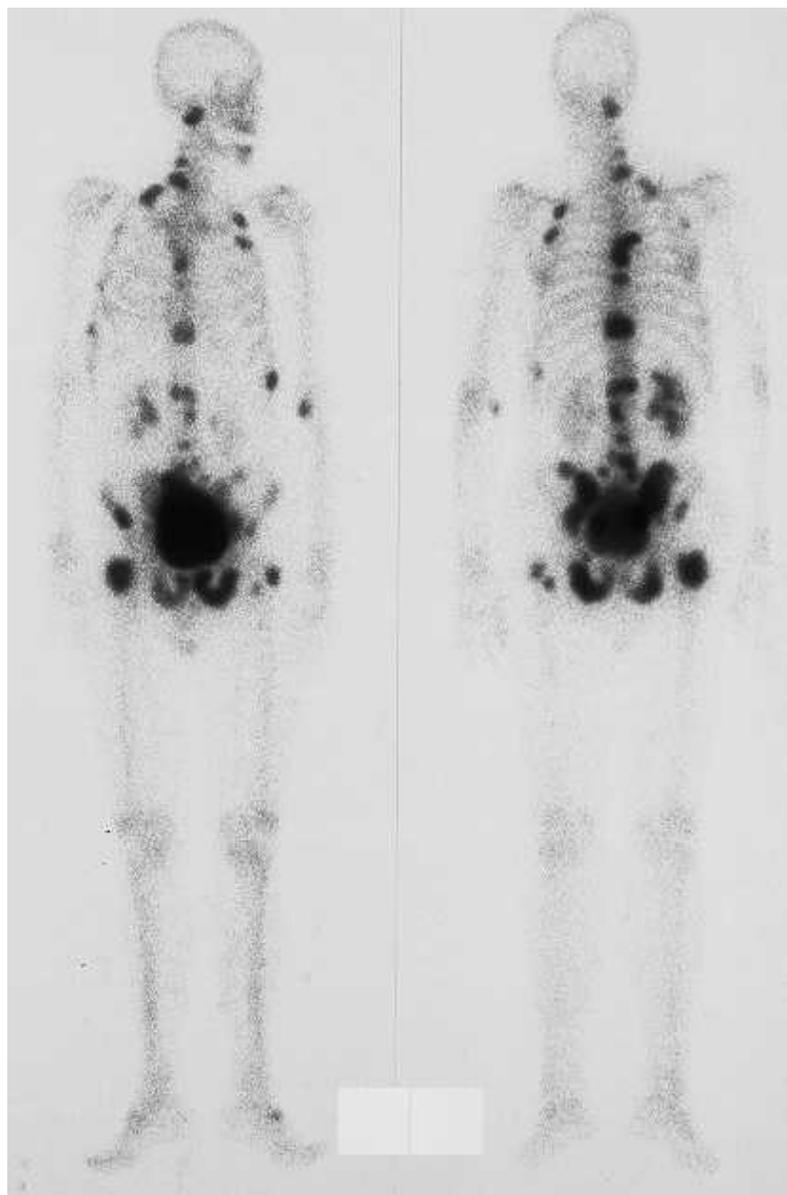


Prima



Dopo

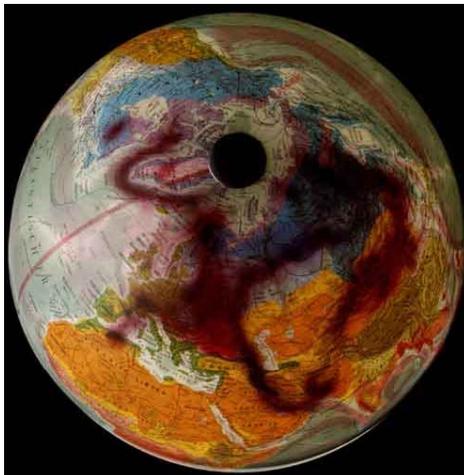
Terapia palliativa del dolore da metastasi ossee



Le radiazioni ionizzanti possono essere dannose se impiegate incautamente o in maniera inconsapevolmente incauta



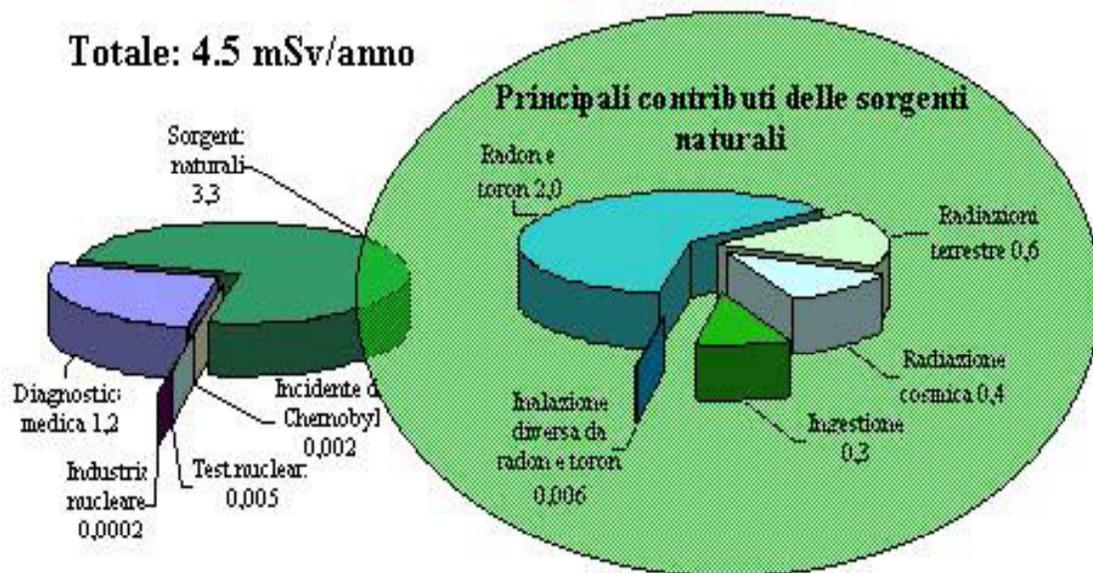
- M.me Curie è morta di leucemia
- Radiologi e fisiologi di un tempo hanno manifestato lesioni alle dita



Radiazioni ionizzanti->Tumori:
preoccupazione legittima, ma ...

Dose assorbita annualmente

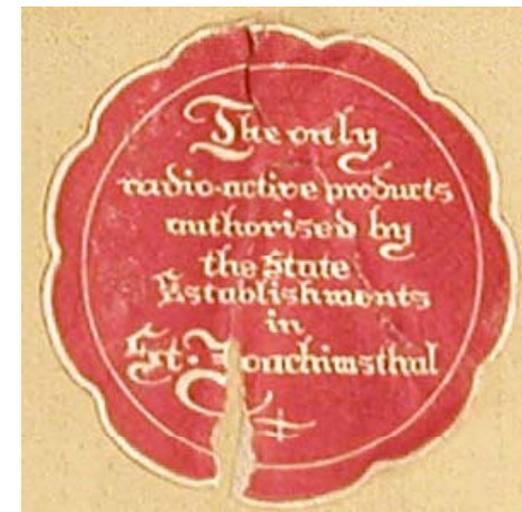
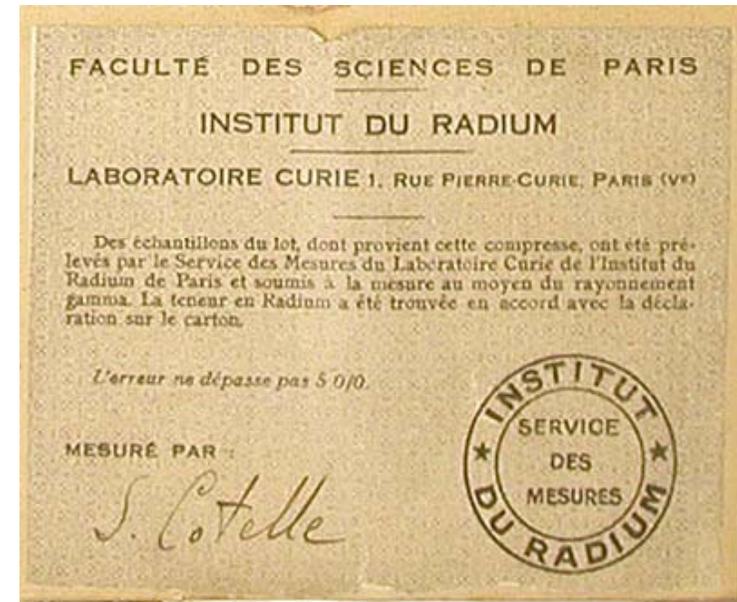
APAT: Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici



Diagnostica medica
 90% esami radiologici
 10% esami scintigrafici

Diagnostica corrente
 Rx torace 0,02 mSv
 TAC addome 10,00 mSv
 Scan Tiroide 1,00 mSv
 PET 18-FDG 6,00 mSv

Teoria dell'Ormesi



Teoria dell'Ormesis



TARIFE

BOOKING

LOCATION

TERME

CUCINA

HOME



italiano

deutsch

english

L'origine vulcanica della sorgente, "S.Rita" spiega la sua struttura chimico-fisica, e le sue fondamentali indicazioni terapeutiche sono l'artrite e l'artrosi (modificazioni infiammatorie e degenerative delle articolazioni), diverse forme cliniche di malattie reumatiche, stati conseguenti a fratture ecc. Viene consigliato di far eliminare i focolai delle malattie possibilmente dal medico prima della cura. **Impacchi di fango in unione ai bagni radioattivi** danno alle seguenti malattie un assoluto miglioramento e guarigione:

Vie respiratorie - bronchiti, laringite, sinusite cronica, gengivite, rinite, rinite atrofica fetida (ozena).

Malattie delle orecchie - otite media, ototorrea. Vie urinarie e genitali cistite, vaginite, metrite, ovarite, infiammazione parete addominale, leucorrea, sterilità non assoluta.

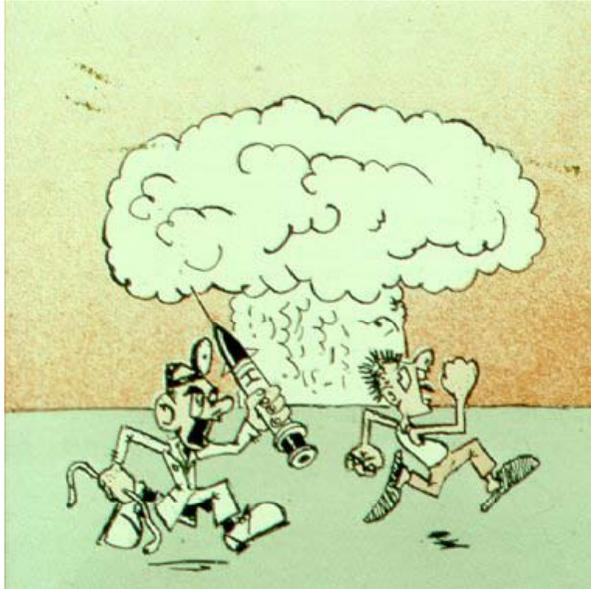
Malattie del ricambio materiale e del ricambio (nutrizione) - reumatismi (muscoli ed articolazioni), neuralgie, artrosi, articolazioni coxo-femorali, morbo di Bechterew (anchilosi della colonna vertebrale), lesioni al menisco interarticolare, indurimento dei muscoli, diabete, anemia, osteomalacia, periostite, stati d'infezioni e avvelenamento.

Sintomi di paralisi - emiplegia, paralisi spinale, distrofia muscolare progressiva, meningite, sclerosi multipla, paralisi infantile, Morbo di Erb (ereditario) neurosi, sciatica, nevralgia dei trigemino.

Altre malattie - gastrectasia, disturbi gastrici e dell'intestino, calcoli biliari, coliche epatiche (fegato), infiammazione del pericardio e pleurite, nefrite, stati di fratture, lussazioni, slogature, ulcere delle gambe, linfadenite.

Radioprotezione

Come proteggere noi stessi e gli altri



Radiazioni ionizzanti

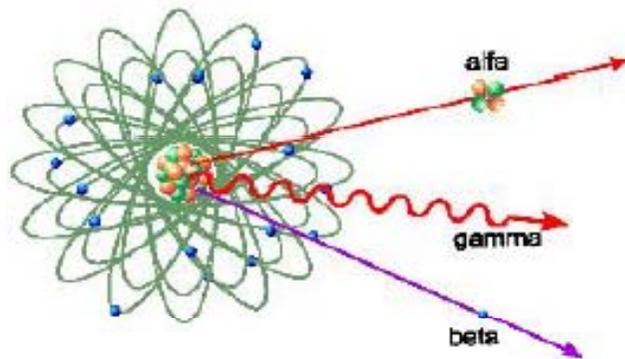
- Cosa sono
- Come interagiscono con i tessuti
- Come proteggersi e proteggere

Norme, Leggi, Decreti.

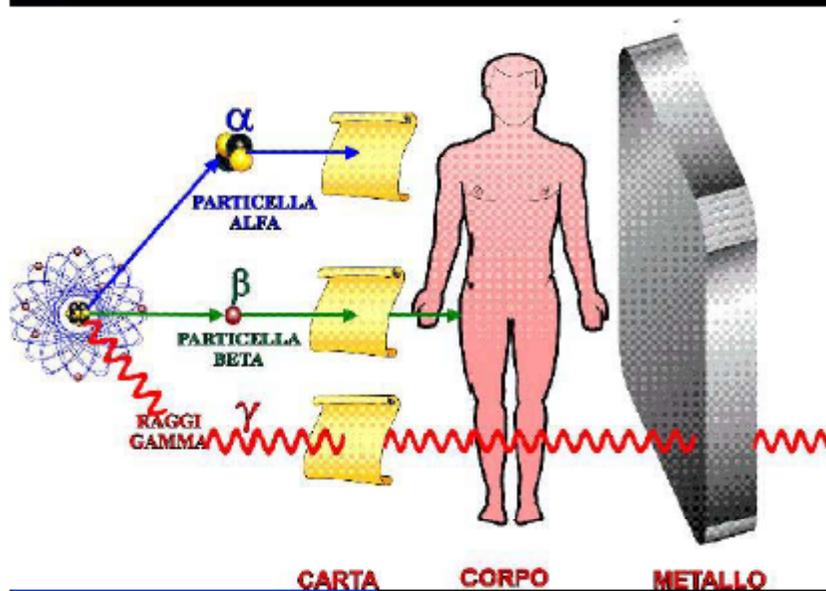
Sanzioni amministrative e penali

Radiazioni Ionizzanti

- Radiazioni elettromagnetiche
- Radiazioni corpuscolate



Potere di penetrazione



I meccanismi di interazione delle radiazioni con la materia dipendono dal tipo di radiazione, dalla sua energia e dal materiale attraversato

Le particelle alfa hanno poca penetrazione, e diventano molto pericolose solo quando rilasciate da nuclei radioattivi introdotti all'interno dell'organismo

Anche le particelle beta hanno scarse capacità di penetrazione

- Raggi gamma, raggi X e neutroni, anch'essi prodotti in alcuni decadimenti, hanno un potere di penetrazione molto più elevato.

Effetti delle radiazioni ionizzanti

Effetti deterministici

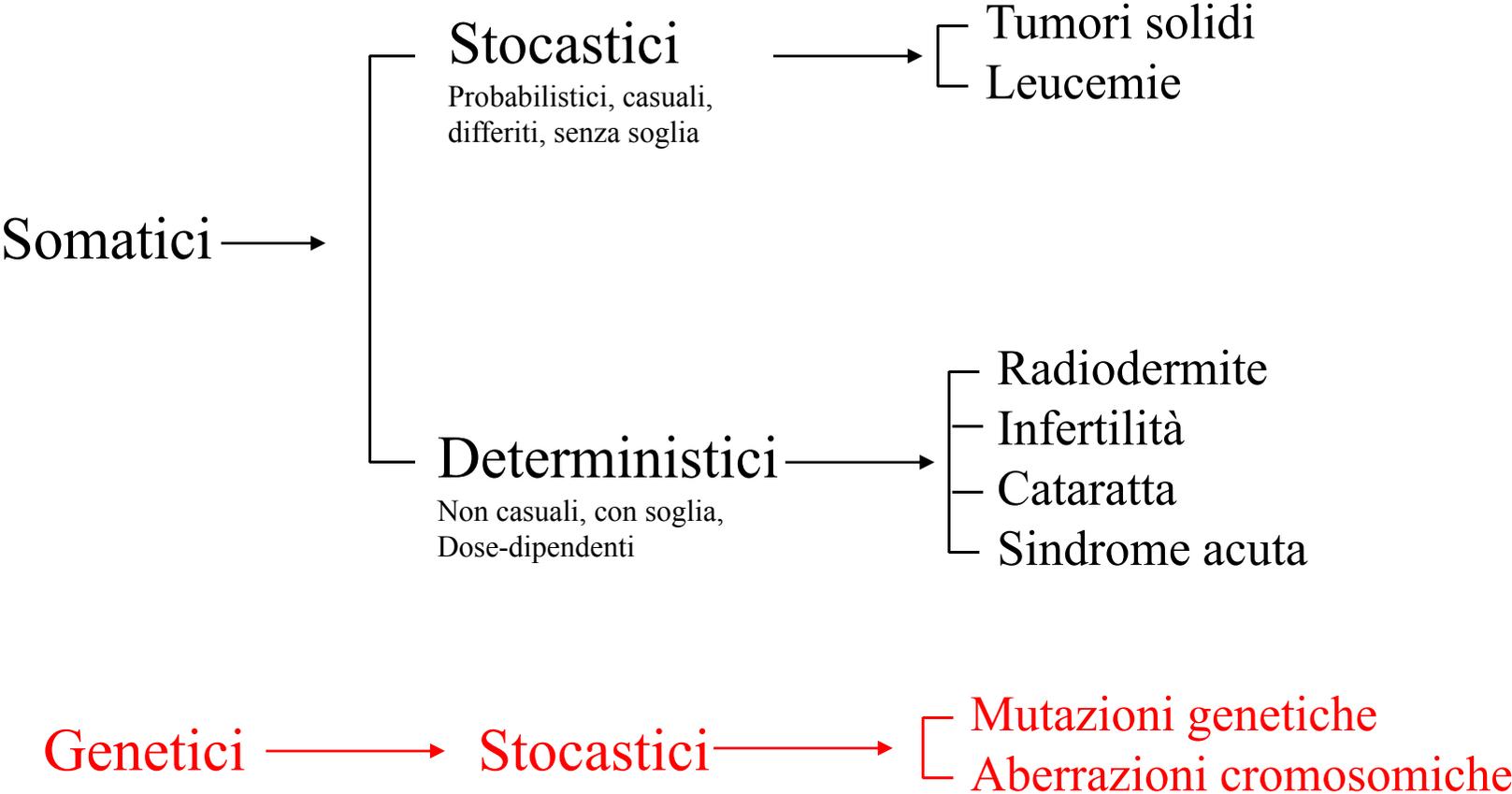
Hanno una dose - soglia:
danno proporzionale alla dose

Effetti stocastici

Non hanno una dose-soglia:
probabilità del danno proporzionale
alla dose



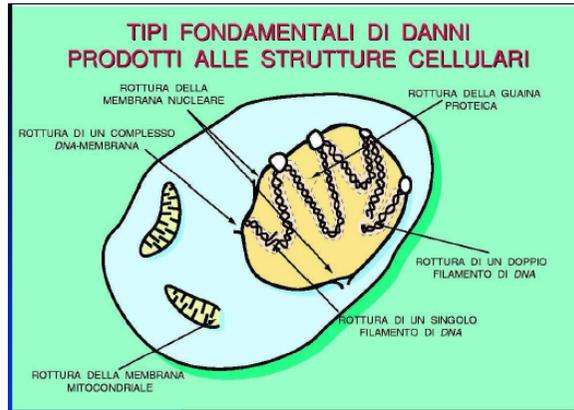
Danni da radiazioni ionizzanti



Radiazioni ionizzanti danni deterministici

- Compaiono quando è superata una soglia
- Sono proporzionali: alla dose assorbita (Gray)
alla dose efficace (Sievert)
al rateo di dose (LET)
al tipo di radiazione (EBR)
alla superficie corporea interessata

Danni deterministici



Organo	Lesione	Sievert
Testicoli	Sterilità temporanea	0,150
	Sterilità permanente	3,500
Ovaie	Sterilità permanente	2,5-6,0
Cristallino	Opacità	0,5-2,0
	Cataratta	>5,0
Midollo osseo	Depressione	0,5
	Aplasia	1,5

Gray lesione

3-5 eritema

5-8 epidermite

>12 flittene

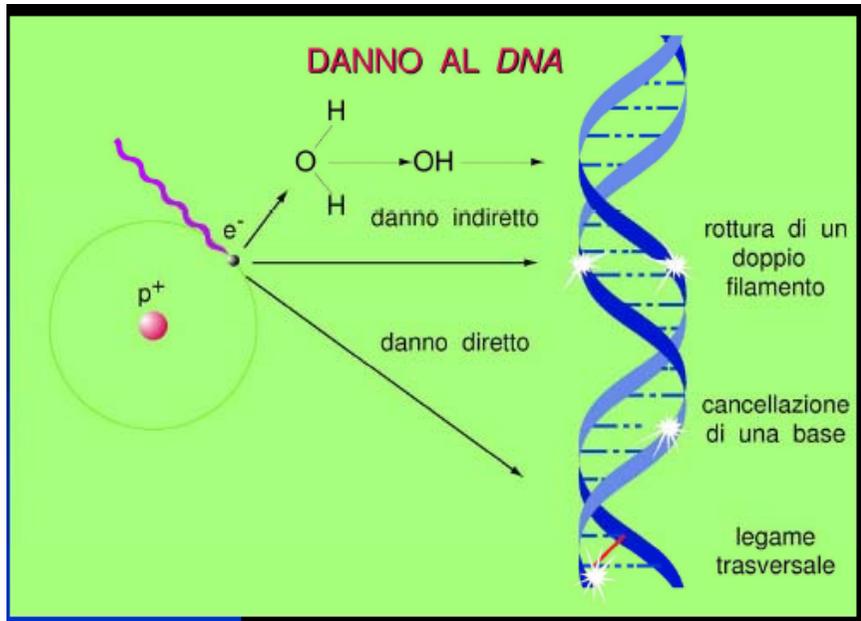
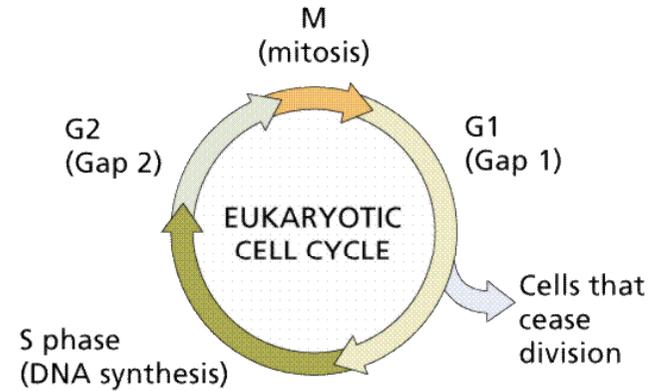
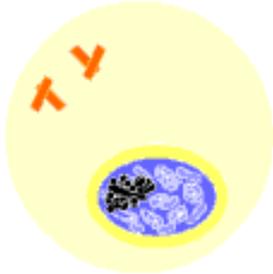
>20 necrosi

Diagnostica corrente

Rx torace	0,02 mSv
TAC addome	10,00 mSv
Scan Tiroide	1,00 mSv
PET 18-FDG	6,00 mSv

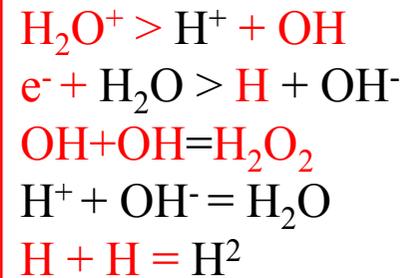
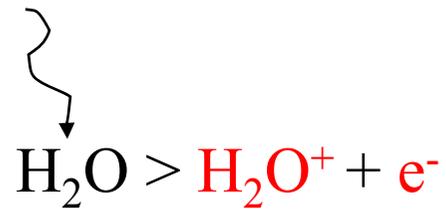
Effetto di qualunque dose

Danni stocastici casuali, differiti



LESIONI CROMOSOMICHE				
ALL'INIZIO	AL MOMENTO DELLE LESIONI	DOPO LA RIPARAZIONE		OSSERVAZIONI
		morfologia	aberrazione	
			NORMALE	NON RILEVATO STABILE
			ANELLO PIU' FRAMMENTO	FACILMENTE RILEVABILE MA INSTABILE
			INVERSIONE	STABILE, MA DIFFICILE DA RILEVARE
			NORMALE	NON RILEVATO STABILE
			DICENTRICO PIU' FRAMMENTI	FACILMENTE RILEVABILE MA INSTABILE
			TRASLOCAZIONE	STABILE, MA DIFFICILE DA RILEVARE

Radiolisi dell'acqua Radicali liberi altamente ossidanti



$10^{-24} - 10^{-14}$ sec

Danno biologico > da 10^{-7} secondi a varie ore

Radiolisi dell'acqua
Radicali liberi altamente ossidanti

10 mSv -> 32 effetti lesivi per cellula

Metabolismo ossidativo spontaneo
600-6000 effetti lesivi per ora per cellula
Riserva funzionale
Tutti riparati

Saturazione del sistema di compenso
Danno assolutamente aspecifico

Carcinogenesi radioindotta
Processo a più stadi
Anni di latenza

Meccanismi di difesa

- Arresto mitotico
- Apoptosi
- Differenziazione
- Reazione immunitaria

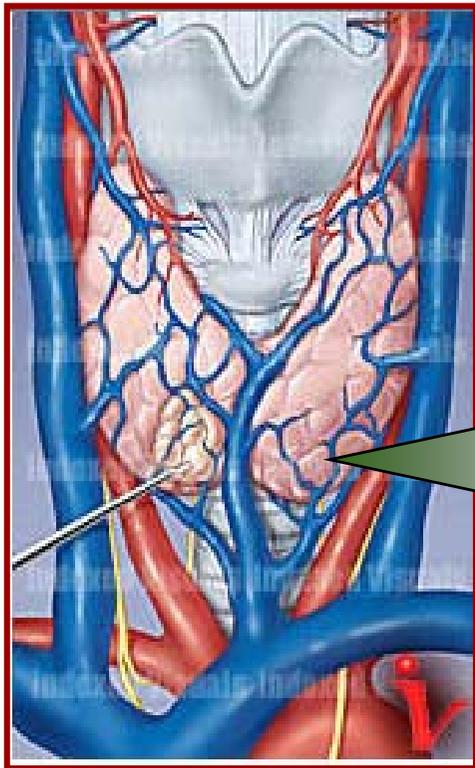
Difetto di riparazione del DNA

(Geni mutati)

- Iniziazione
- Promozione
- Conversione
- Progressione

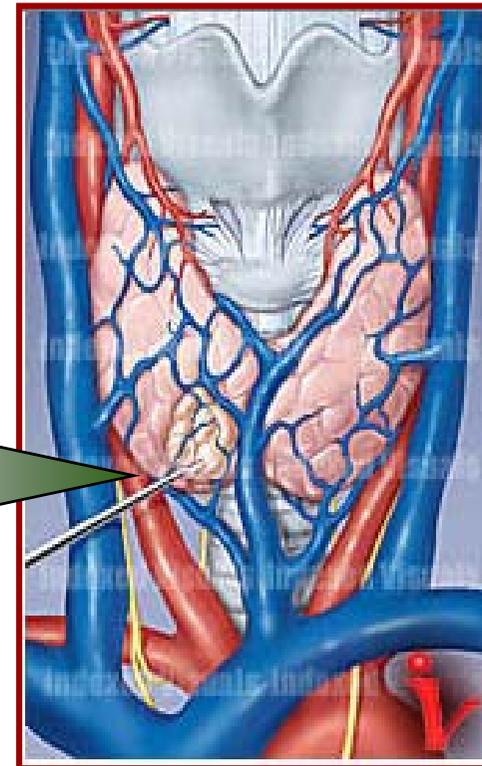
*Tumori da radiazioni ionizzanti:
aspecificità*

sono **aspecifici** e, pertanto, indistinguibili da quelli
“spontanei”



Tumore della tiroide
“naturale”

IDENTICI !!!!



Tumore della tiroide
“radioindotto”

Radioinducibilità delle forme tumorali
(ICRP 60: 1990)

Coefficiente di probabilità di morte
per tumori radioindotti

(esposizione corpo intero):

0,05/Sv

5% (per una dose equivalente di 1 Sv)

Diagnostica corrente

0,02-10 mSv

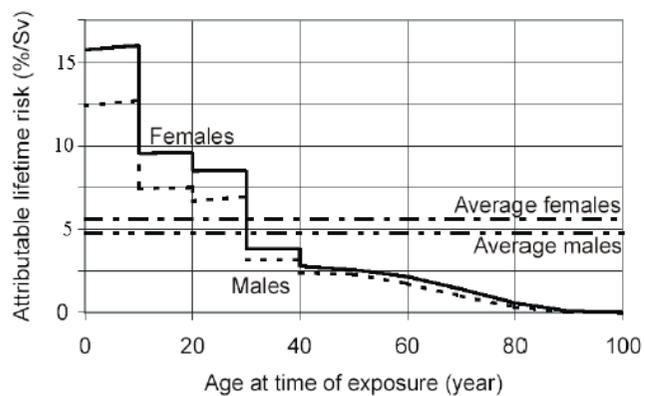
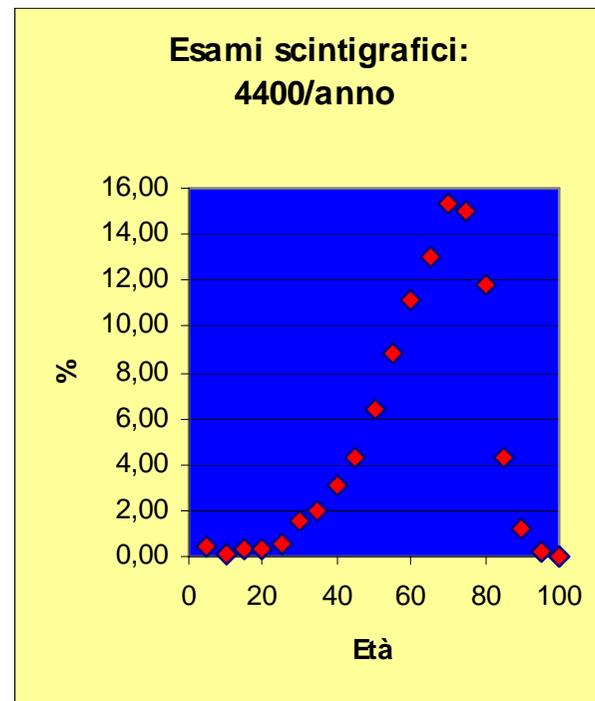
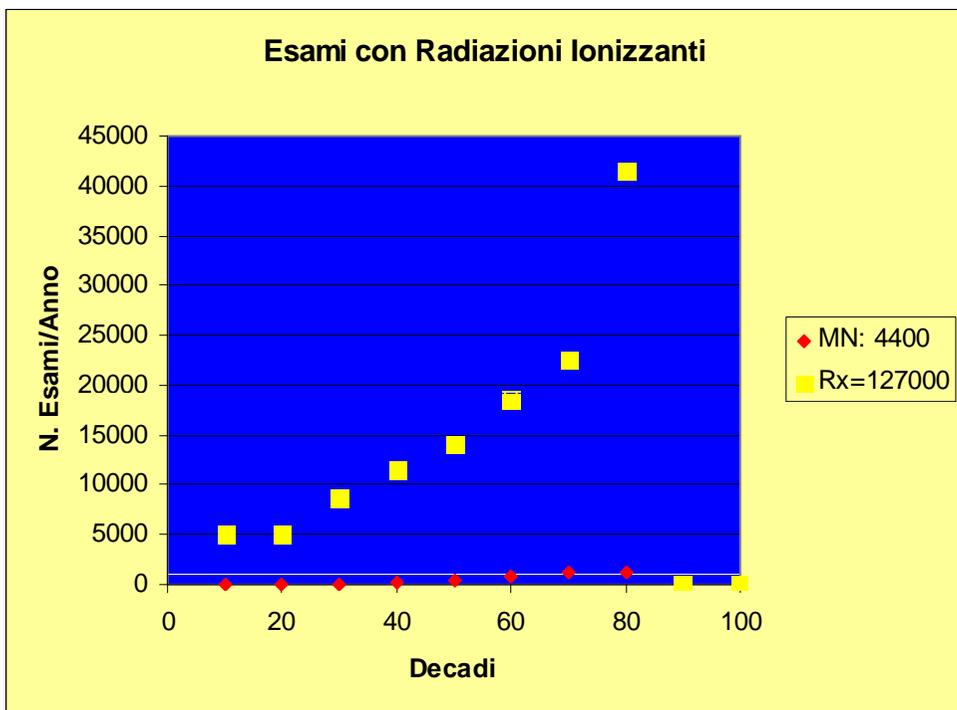


Fig. 1 – Rischio di sviluppare un tumore nel corso della vita, per unità di dose efficace assorbita, da parte di individui esposti alle radiazioni ionizzanti, in funzione dell'età in cui ha avuto luogo l'esposizione (ICRP 60)

Diagnostica corrente

Rx torace	0,02 mSv
TAC addome	10,00 mSv
Scan Tiroide	1,00 mSv
PET 18-FDG	6,00 mSv



Rischio generico - Rischio da radiazioni

Perdita di giorni di vita

<u>Rischio</u>	<u>Giorni</u>
Fumo di 20 sigarette	2441
Obesità	777
Abuso di alcool	365
Guidare un'automobile	205
Viaggiare in aereo	64
Fumo passivo	50
Folgorazione da fulmine	1
Esame scintigrafico (5 mSv)	1

Radiazioni ionizzanti e Tumori Medicina Basata sulle Evidenze

Tumori tiroidei indotti dall'I-131 15 anni di sorveglianza

	SIR	95% CI
Dose diagnostica	1,35	1,05-1,71
Terapia ipertiroidismo	1,29	0,76-2,03
Gozzi nodulari	1,74	0,84-3,20
Basedow	0,81	0,30-1,76
Tumori in altre sedi	1,06	1,01-1,11

Registro svedese dei tumori
SIR: Standardized Incidence Ratio
1,30 CI 95% 1,1-1,4

Secondi cancri indotti dall'I-131

6841 pazienti trattati per tumore tiroideo
e sorvegliati per 2-55 anni

301 nuovi cancri: SIR 1,43 (95% CI: 1,07-1,87)

- Cavità orale
- Ghiandole salivari
- Colon-Retto
- Osso e parti molli
- Melanoma
- Rene
- SNC
- Ghiandole endocrine
- Leucemie e linfomi
- Maggiore sorveglianza
- Fattori eziologici comuni
- Fattori ereditari
- Metastasi scambiate per primitivi
- Effetto carcinogeno della terapia

Registro svedese, italiano e francese dei tumori

SIR: Standardized Incidence Ratio

1,30 CI 95% 1,1-1,4

Radioprotezione

Normativa vigente

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 187

Attuazione della direttiva 97/43/Euratom in materia di protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse ad esposizioni mediche.

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241

Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti

Aggiornamento ed integrazione del DLgs 230/95

Decreto Legislativo 187/2000

Figure professionali coinvolte

- Datore di Lavoro (ovv. Esercente)
- Responsabile dell'impianto radiologico
- Medico Specialista
- Prescrivente
- Esperto in fisica medica
- Tecnico sanitario di radiologia medica
- Infermiere professionale

Obblighi e Sanzioni



Decreto Legislativo 187/2000

Obblighi

Giustificazione

Evitare, ove possibile, una dose non dovuta
Valutazione del rapporto rischio/beneficio

Ottimizzazione

Ridurre la dose al paziente al livello più basso ragionevolmente ottenibile,
senza penalizzare la qualità della procedura diagnostica (ALARA)

Ottimizzazione

Responsabile dell'impianto, Medico specialista

Ridurre la dose al paziente al livello più basso ragionevolmente ottenibile,
(ALARA) senza penalizzare la qualità della procedura diagnostica

- Controlli di qualità
(Esperto in fisica medica)
- Livelli diagnostici di riferimento
(Esperto in fisica medica)
- Protocolli operativi scritti e condivisi
(Infermieri e Tecnici)

Radiazioni ionizzanti e gravidanza

- Prima dell'impianto (9° giorno): effetto del tipo tutto-o-nulla
Morte dell'embrione o sopravvivenza senza danni
- Periodo della morfogenesi (9° giorno-3° mese): comparsa di malformazioni
- Fase fetale (>3° mese): danni cerebrali per dosi superiori a 100 mSv

Le indagini con radiazioni ionizzanti vanno effettuate entro 10 giorni dall'inizio delle mestruazioni (periodo di non fertilità: precauzione cautelativa).

Protezione particolare durante la gravidanza e l'allattamento

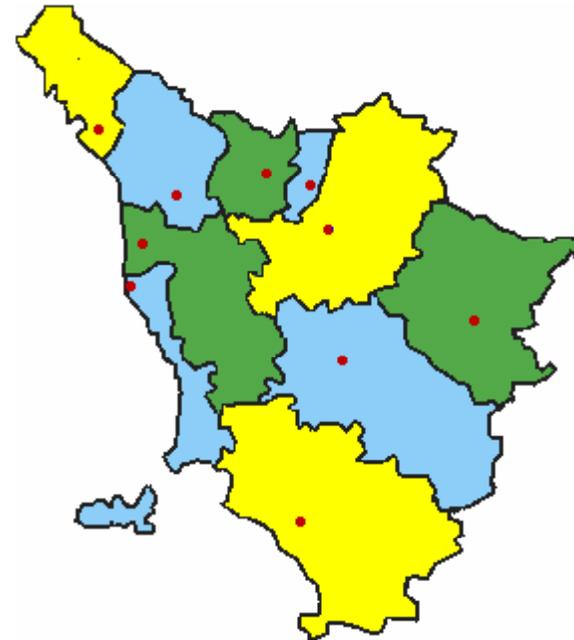
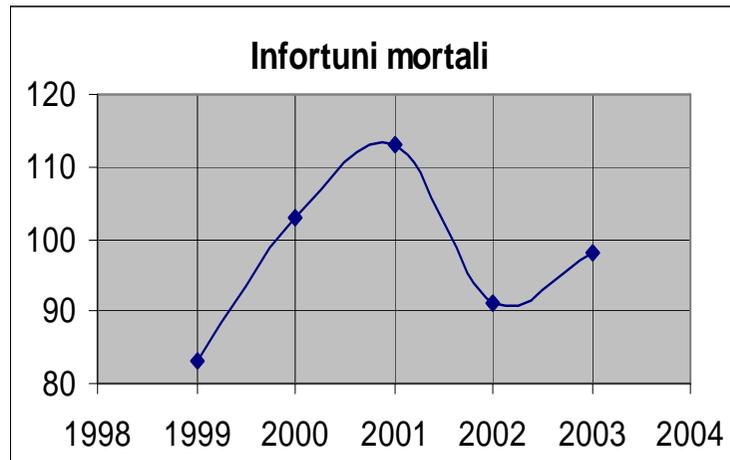
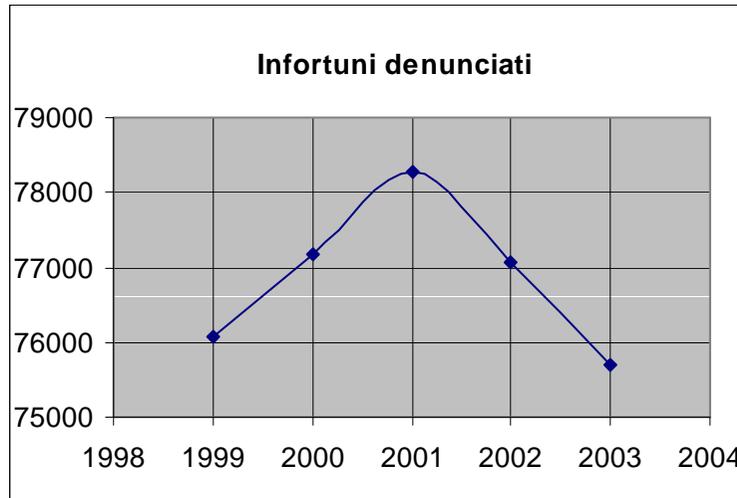
DLgs 187/2000, art. 10

- Accertamento di uno stato gravidico o di allattamento al seno (Prescrivente e specialista)
- Possibilità di procrastinare la procedura se la dose efficace al feto supera 1 mSv (Fisico)
- Consenso informato (rischi/benefici)
- Eventuale sospensione dell'allattamento
- Materiale informativo sui rischi di danni da Radiazioni Ionizzanti per il feto e/o il bambino

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241

Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

Infortuni, allarme rosso



Dati ISTAT 1996

Mortalità per tumore	28%
Tumori professionali	2-8%

L'esposizione alle Radiazioni Ionizzanti
non modifica l'incidenza di tumori.

Azienda Ospedaliera Universitaria Senese

Numero infortuni sul lavoro per agente

AGENTE MATERIALE	1999	2000	2001	TOTALI
AGENTI CHIMICI	4	6	3	13
AGHI, SIRINGHE, BISTURI, FORBICI	11	24	21	56
AGHI, SIRINGHE, BISTURI, FORBICI (Mat. Biologico)	43	57	65	165
ALTRO - NON DETERMINATO	7	9	20	36
AMBIENTE DI LAVORO	21	32	25	78
ATTREZZI E UTENSILI MANUALI	6	6	13	25
IMPIANTI DISTRIBUZIONE			1	1
INCIDENTE STRADALE	1	3		4
MACCHINE	9	3	4	16
MATERIALE BIOLOGICO	24	16	22	62
MATERIALI, SOSTANZE	6	12	10	28
MEZZI DI SOLLEV. E TRASPORTO	1	1	2	4
MOVIMENTAZIONE MANUALE CARICHI	14	14	15	43
MOVIMENTAZIONE MANUALE PAZIENTI	6	8	24	38
PERSONE: Generico e Aggressioni	3	3	5	11
PROVETTA - CONTENITORE	1	1	5	7
PROVETTA - CONTENITORE (Mat. Biologico)		1		1
SEDIA, ARREDO, SCALA PORTATILE	9	6	15	30
SERBATOI E CONTENITORI	1	1		2
N° Infortuni sul lavoro	167	203	250	620
Giornate di assenza	2608	2642	3344	8594

Nelle attività lavorative con radiazioni ionizzanti in ambiente sanitario i danni sono di tipo stocastico, differiti nel tempo e non distinguibili da danni indotti da altri agenti fisici o chimici.

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241

Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti

Attività che implicano l'uso di sorgenti radioattive non sigillate

- Ambiente e popolazione in generale
- Persone che gravitano intorno a pazienti iniettati
- Lavoratori che operano con radiazioni ionizzanti in genere

Ottimizzazione delle attività lavorative

Specifici corsi di aggiornamento e formazione

Obblighi e sanzioni

Laboratorio per dosaggi Radioimmunometrici

Classificazione: - Rischio di irradiazione interna (contaminazione)
- Quantità di radioattività manipolata giornalmente (annualmente)
- Modalità operative

Rischio Attività/gg	Basso <3.7 MBq	Medio 3.7 MBq-3.7 GBq	Alto >3.7 GBq
------------------------	-------------------	--------------------------	------------------

Esempi

Lab 1 (I-125)	1.45 MBq (376 MBq/anno)
Lab 2 (P-32)	37 “ (370 “)
Lab 3 (I-125)	0.86 “ (40 “)

Ridurre di un fattore 10 per I-125 o I-131
Moltiplicare per 100 per H3

Fattore di moltiplicazione per le varie procedure

Immagazzinamento	100.000
Operazioni per via umida	10.000
Normali operazioni	1.000
Operazioni complesse	0.100
Operazioni per via secca	0.010
Operazioni polverose	0.001

Caratteristiche strutturali e mezzi di radioprotezione

- Ottemperare ai requisiti minimi previsti dalla normativa vigente sui presidi che erogano prestazioni di diagnostica di laboratorio.
- Autorizzazione alla apertura di un laboratori Ria
- Autorizzazione alla detenzione e manipolazione di sorgenti radioattive non sigillate e smaltimento dei rifiuti radioattivi (Disposizioni regionali in attuazione di leggi nazionali- Sindaco- Servizio di prevenzione ASL Organi di Vigilanza Organi di Sorveglianza)

Riduzione della contaminazione
Misure corrette

Caratteristiche strutturali e mezzi di radioprotezione

Riduzione della contaminazione Misure corrette

- **Ambiente sufficientemente ampio da contenere materiale, strumentazione di lavoro e mezzi di radioprotezione. *Almeno 12 mq per operatore.***

- **Area di lavoro con radioisotopi separata dalle aree fredde**
- **Zona di decontaminazione (totale o delle mani Lavandino idoneo)**
- **Zona spogliatoio adiacente con cambio di biancheria**
- **Strumenti per la rilevazione della contaminazione di superficie**

- **Ambienti di manipolazione separati dagli ambienti di misura (fondo)**

- **Superfici di lavoro non porose e lavabili**
- **Superfici dei pavimenti lavabili e facilmente decontaminabili**
- **Ventilazione sufficiente: almeno 4-5 ricambi per ora del volume ambientale**
- **Cappa aspirante con filtri specialmente con radioisotopi volatili**
- **Schermi di protezione idonei per isotopi beta-emittenti e per isotopi gamma-emittenti**

Modalità operative e Protezione dei lavoratori

Aree di lavoro identificate con segnaletica ufficiale ben esposta

Modalità operative e Tecniche di lavoro programmate e ben capite dagli operatori

Norme di protezione e sicurezza ben esposte soprattutto i vista di situazioni di emergenza.

Norme per il deposito e lo stoccaggio dei radioisotopi

- **Il materiale radioattivo deve rimanere nel suo contenitore di trasporto finchè non giunge nell'area del laboratorio in cui deve essere impiegato**
- **La quantità totale di radioattività in deposito deve essere la minima indispensabile; le sorgenti non più utilizzabili vanno smaltite.**
- **Tutto il materiale radioattivo deve essere stoccato in un unico deposito esclusivo.**
- **Il deposito deve essere identificato con segnaletica ufficiale di pericolo da radiazioni, deve essere ben identificato il nome del responsabile ed i nomi di coloro che sono autorizzati all'accesso istruiti sulle procedure e sulle precauzioni da adottare.**
- **Il deposito deve essere progettato in modo da prevedere le schermature necessarie per limitare i livelli di irradiazione nelle aree adiacenti (inferiore a 100 micro-sv/hr) e di facilitare il controllo della contaminazione.**
- **Il deposito deve essere mantenuto in ordine e deve essere corredato di un registro di carico e scarico a cura del responsabile.**
- **Le sorgenti in deposito devono avere etichette chiare per l'identificazione del radionuclide, della sua forma chimica e dell'attività.**
- **I contenitori delle sorgenti radioattive devono essere chiusi a tenuta, ma facilmente apribili; le soluzioni instabili devono essere conservate in contenitori con sfiato e mantenute sotto cappa.**
- **I contenitori di sostanze radioattive devono essere contenute in un vassoio (plastica o acciaio inossidabile) possibilmente raggruppati per radioisotopo.**
- **I contenitori di radioisotopi gamma emittenti (Iodio-125) devono essere sufficientemente schermati in modo che il rateo di dose non superi i 100 micro-sv/hr a 5 cm.**
- **I contenitori di radioisotopi beta emittenti devono avere uno spessore maggiore del range massimo delle particelle beta. Se l'energia delle particelle beta è superiore ad 1 MeV occorre uno schermo di piombo per le radiazioni X da frenamento.**
- **Nel caso di sostanze radioattive conservate a basse temperature occorre disporre di un frigorifero esclusivo antideflagrante (conservazione di materiale volatile) con termometro esterno e ben segnalato con segnaletica ufficiale di pericolo da radiazioni.**

Gestione dei rifiuti radioattivi

Norme per lo smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi radioattivi

Scopo: *evitare un equivalente di dose ai lavoratori ed al pubblico superiore a quelli imposti dalla normativa vigente in tema di radioprotezione. Tenere presente il problema dei rifiuti biologici.*

- **Eliminare i rifiuti radioattivi nel rispetto della normativa vigente.**
- **Immagazzinare i rifiuti in condizioni di sicurezza finchè la loro attività non abbia raggiunto i limiti previsti per lo smaltimento (predisporre un locale adatto; **attività lavorative ottimizzate a ridurre il volume dei rifiuti**).**

Rifiuti liquidi

Secondo il volume di attività predisporre vasche di diluizione e/o decadimento oppure taniche ermeticamente chiuse ed etichettate opportunamente (data, isotopo, attività).

Attenzione allo smaltimento del liquido scintillante (toluene, diossano etc).

Rifiuti solidi

Materiale di uso corrente: puntali, provette, guanti, carta, flaconi contenitori. Vanno raccolti in idonei contenitori nel più piccolo volume possibile ed opportunamente etichettati (data, isotopo, attività).

Rifiuti gassosi

Sono rappresentati dai filtri contenuti nelle cappe di aspirazione e trattati come rifiuti solidi.

Rischi da irradiazione e contaminazione

REGOLAMENTO INTERNO

MODALITA' OPERATIVE PER LAVORO CON RADIOISOTOPI CON PARTICOLARE RIGUARDO ALLE NORME DI RADIOPROTEZIONE

- 1 - E' fatto divieto introdurre nel laboratorio effetti personali e mangiare, bere, fumare nel corso delle manipolazioni.
- 2 - Indossare indumenti protettivi ed usare guanti monouso, facendo attenzione a non contaminare la parte interna quando vengono sfilati dalle mani.
- 3 - Svolgere tutte le operazioni di manipolazione su vassoi che permettano il contenimento dei liquidi in caso di versamento. I vassoi e tutte le altre superfici di lavoro dovranno essere di materiale lavabile, non attaccabile dagli acidi e preventivamente ricoperte con fogli di politene e carta bibula.
- 4 - E' assolutamente proibito pipettare con la bocca: utilizzare esclusivamente micropipette automatiche.
- 5 - Conservare i prodotti radioattivi in apposito frigorifero od altro deposito.
- 6 - Raccogliere i rifiuti solidi e liquidi prodotti nelle manipolazioni rispettivamente in sacchi di politene e contenitori a tenuta.
- 7 - Contrassegnare in modo ben evidente la vetreria e tutto ciò che è destinato all'uso con sostanze radioattive.
- 8 - Evitare di toccare con guanti o mani contaminate qualunque cosa estranea alle manipolazioni.
- 9 - In caso di contaminazione delle mani, lavarsi accuratamente e, se necessario, utilizzare uno spazzolino con setole morbide.
- 10 - Qualora si abbiano ferite od abrasioni sulle mani, consultare il medico autorizzato prima di effettuare lavori con sostanze radioattive.
- 11 - In caso di contaminazione ambientale:
 - a) asciugare le superfici con materiale assorbente quali carta bibula, Kleenex o simili, cotone ecc., trattando il materiale di risulta come contaminato;
 - b) lavare accuratamente la parte interessata, curando di non trasferire l'eventuale contaminazione residua ad altre zone;
 - c) avvertire la U.O. di Fisica Sanitaria.
- 12 - Nei casi più gravi, impedire l'accesso al laboratorio ed avvisare immediatamente la U.O. Fisica Sanitaria.

L'Esperto Qualificato

Il Responsabile del Laboratorio

Pazienti come sorgenti di Radiazioni Ionizzanti

Esami scintigrafici
Terapia radiometabolica

Persone coinvolte

Familiari
Personale sanitario
Colleghi di lavoro
Vicini di casa

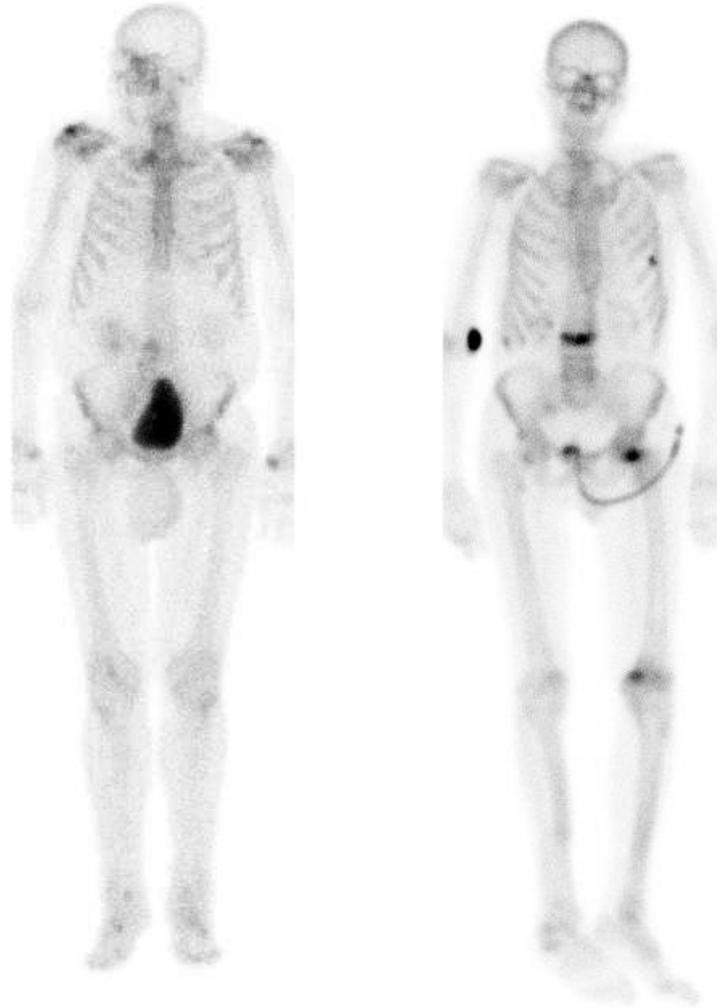
Dose Efficace < 0,3 mSv

Pazienti come sorgenti di radiazioni ionizzanti
 Dosi coinvolte (μSv): scenario

	MBq	Att	T	dose
WBS Ga-67	185	48	25	0,2±0,1
WBS I-131 (1)	111	24	25	0,2±0,1
WBS I-131 (2)	5550	96	25	0,2±0,1
Tiroide Tc99m	111	0,5	10	0,2±0,1
WBS MDP-Tc99m	740	3	20	0,3±0,2
Rene MAG3-Tc99m	111	0	30	0,3±0,3
Polmone MAA-Tc99m	185	0	30	0,4±0,3
RBC-Tc99m	740	0,5	30	1,0±0,5
Sestamibi-Tc99m	740	0,5	30	1,7±1,0

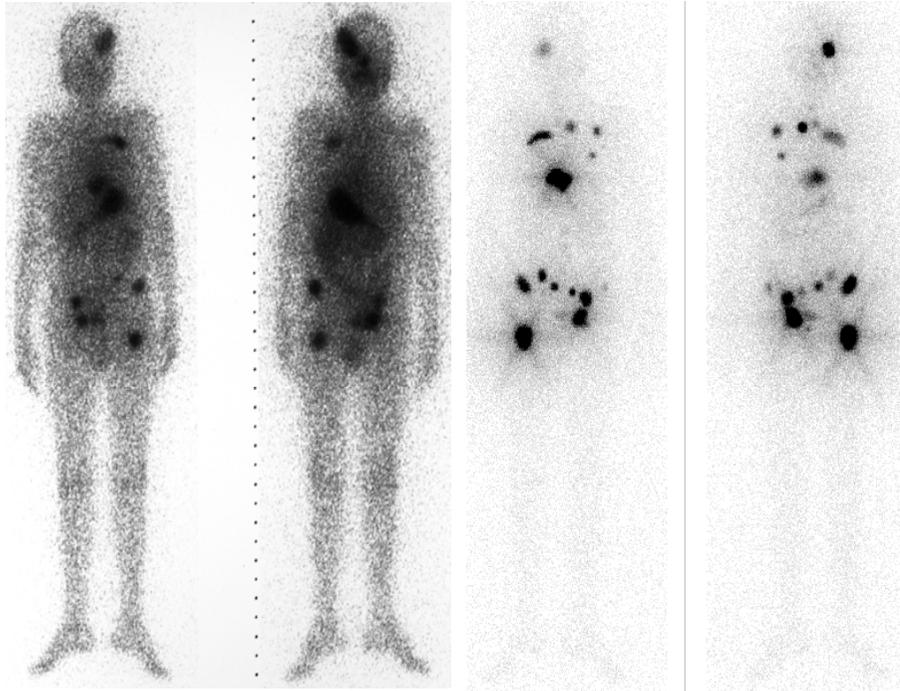
Eur J Nucl Med 1997;24:138-1389
 Dosi alle estremità dei TSRM

Preparazione del paziente



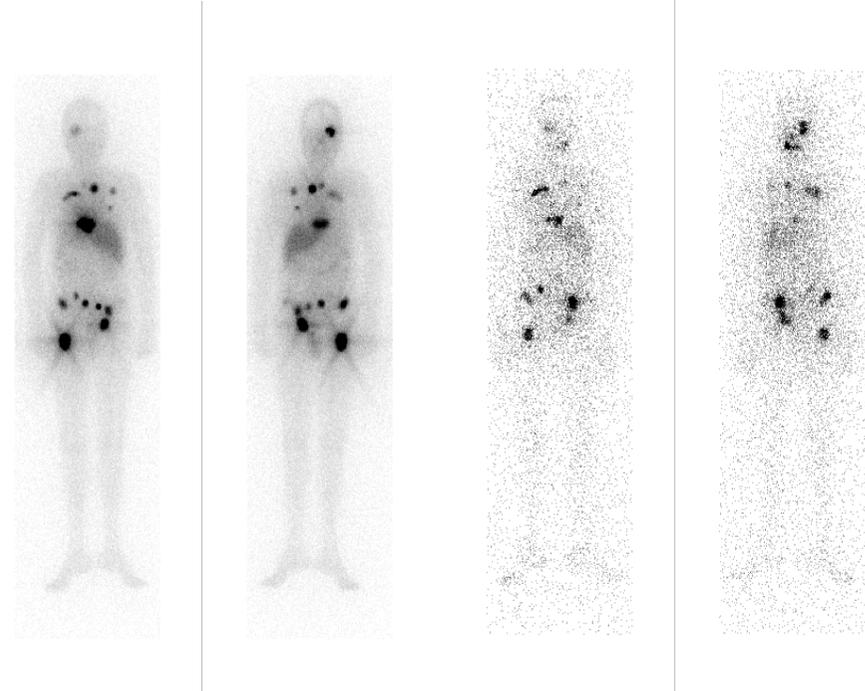
Diagnostic Wholebody Scans

Posttherapy Scans



11/96
without rhTSH

03/97
with rhTSH



04/97
with rhTSH
Tg: 354ng/ml

03/98
with rhTSH
Tg: 56ng/ml

Rateo di dose da pazienti che hanno assunto
5550 MBq (150 mCi) di I-131
per la terapia del carcinoma tiroideo

giorni	$\mu\text{Sv/h}$ 1m
0	255 ± 78
1	105 ± 111
2	39 ± 33
3	17 ± 11
4	11 ± 6

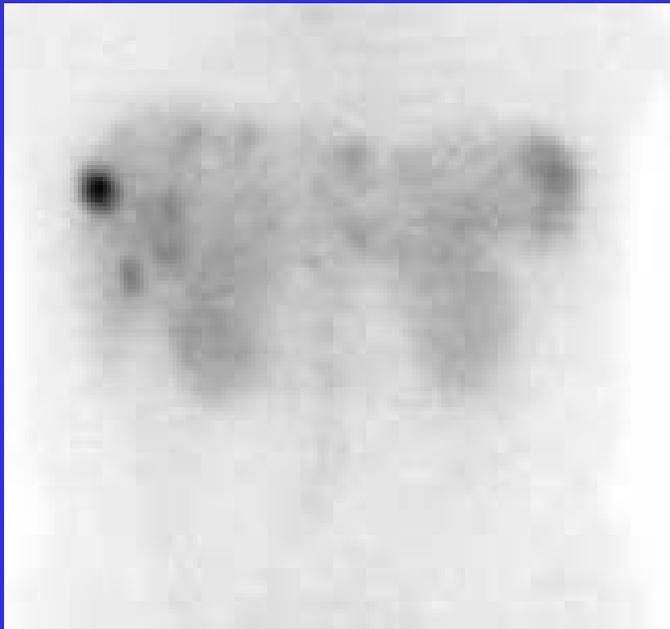
Ricovero protetto

Eur J Nucl Med 1997;24:138-1389

Dose Efficace < 0,3 mSv

Metastasi epatiche da carcinoide: OCT-In111

Terapia con DOTATOC-Yt-90

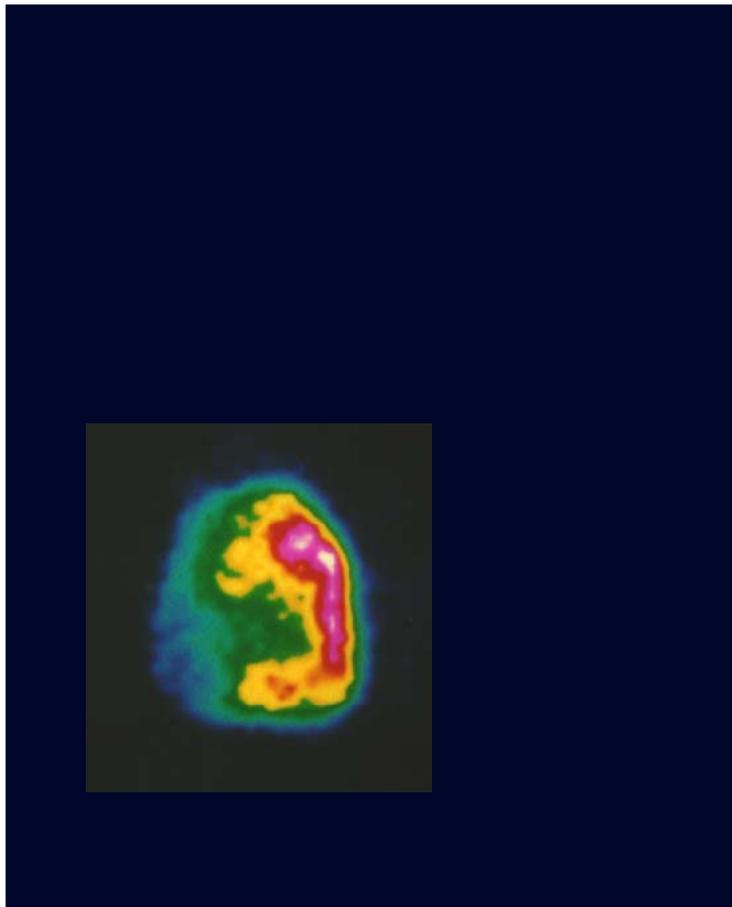


Basale

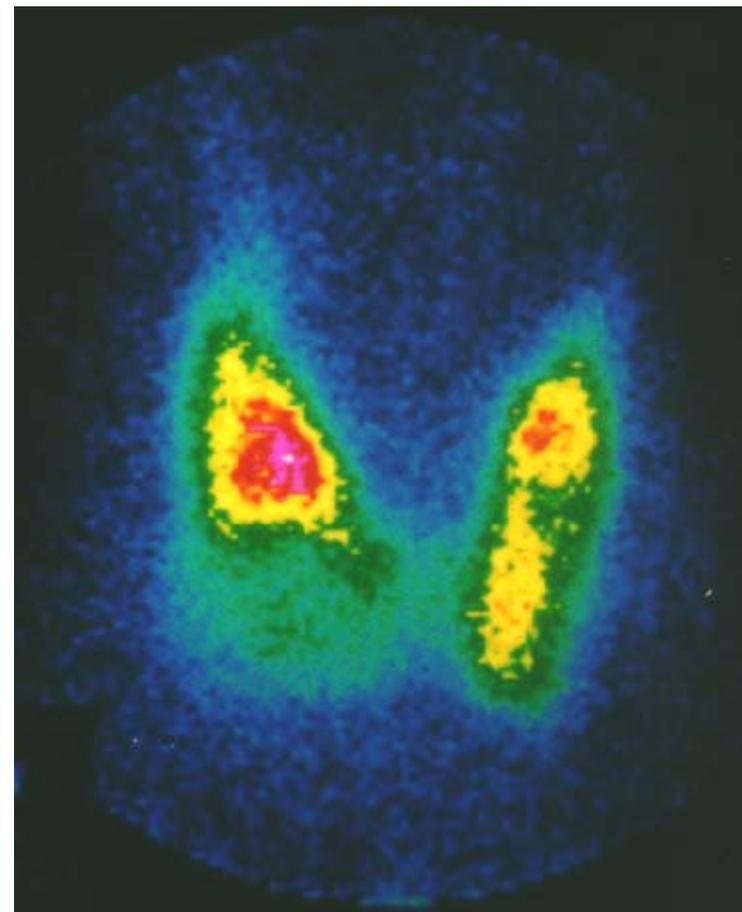


Dopo

Gozzo nodulare iperfunzionante
Iodio-131 10 mCi



Prima



Dopo

Rateo di dose da pazienti che hanno assunto
600 MBq (15 mCi) di I-131
per la terapia dell'ipertiroidismo

distanza cm	$\mu\text{Sv/h/MBq}$
0	0,200
100	0,064

Terapia domiciliare
Consenso informato

(Pedroli)

Terapia dell'ipertiroidismo con Radioiodio (I-131): consenso informato

Egregio/a Signore/a

Il suo medico di fiducia le ha prescritto un trattamento con radioiodio (I-131), per controllare il quadro di ipertiroidismo di cui lei è affetto/a, essendosi resa inefficace la terapia medica e non attuabile la terapia chirurgica.

La dose sarà assunta per via orale a digiuno, che dovrà essere mantenuto per una ora dopo la somministrazione.

Riteniamo, opportuno informarla che tale trattamento può provocare alcuni effetti collaterali e che nei giorni successivi dovrà osservare alcune precauzioni.

Effetti collaterali:

Nei giorni immediatamente seguenti potrà notare una dolenzia alla tiroide o alle ghiandole salivari, facilmente controllabile con antiinfiammatori ed aumentando la salivazione (suggeriamo di tenere in bocca una caramella).

E' possibile nei pazienti con esoftalmo un peggioramento di quest'ultimo per il quale si consiglia trattamento con cortisone sotto controllo medico.

E' inoltre possibile dopo i primi giorni dalla somministrazione del radioiodio una recrudescenza dell'ipertiroidismo da trattare sotto sorveglianza medica.

Essendo probabile l'insorgenza di un ipotiroidismo, è opportuno che si sottoponga periodicamente a controlli clinico-laboratoristici, allo scopo di instaurare un trattamento sostitutivo tempestivo ed idoneo, che, peraltro, è molto ben tollerato.

Prescrizione:

Avendo assunto una dose radioattiva terapeutica, lei diventa una sorgente di radiazioni, per cui occorre evitare una sua inutile sovraesposizione e la esposizione delle persone che la circondano. A tale scopo le prescriviamo di:

1. Bere molti liquidi ed urinare frequentemente stando seduto/a sul water, in modo da eliminare il radioiodio non captato dalla tiroide.
2. Per due settimane non prolungare (oltre 1 ora) i contatti ravvicinati (<1,5m) con altre persone, specialmente bambini e donne in gravidanza; dorma da solo/a.
3. Non vi sono controindicazioni per future maternità o paternità, ma le suggeriamo di lasciare trascorrere almeno 8 mesi prima di un eventuale concepimento.

Preparazione

Per evitare di scatenare una crisi tireotossica, Lei dovrà assumere farmaci tireostatici per 7gg e sospenderli 3 giorni prima del trattamento con radioiodio.

Evitare di assumere iodio con alimenti o farmaci per almeno 2 mesi prima del trattamento con radioiodio.

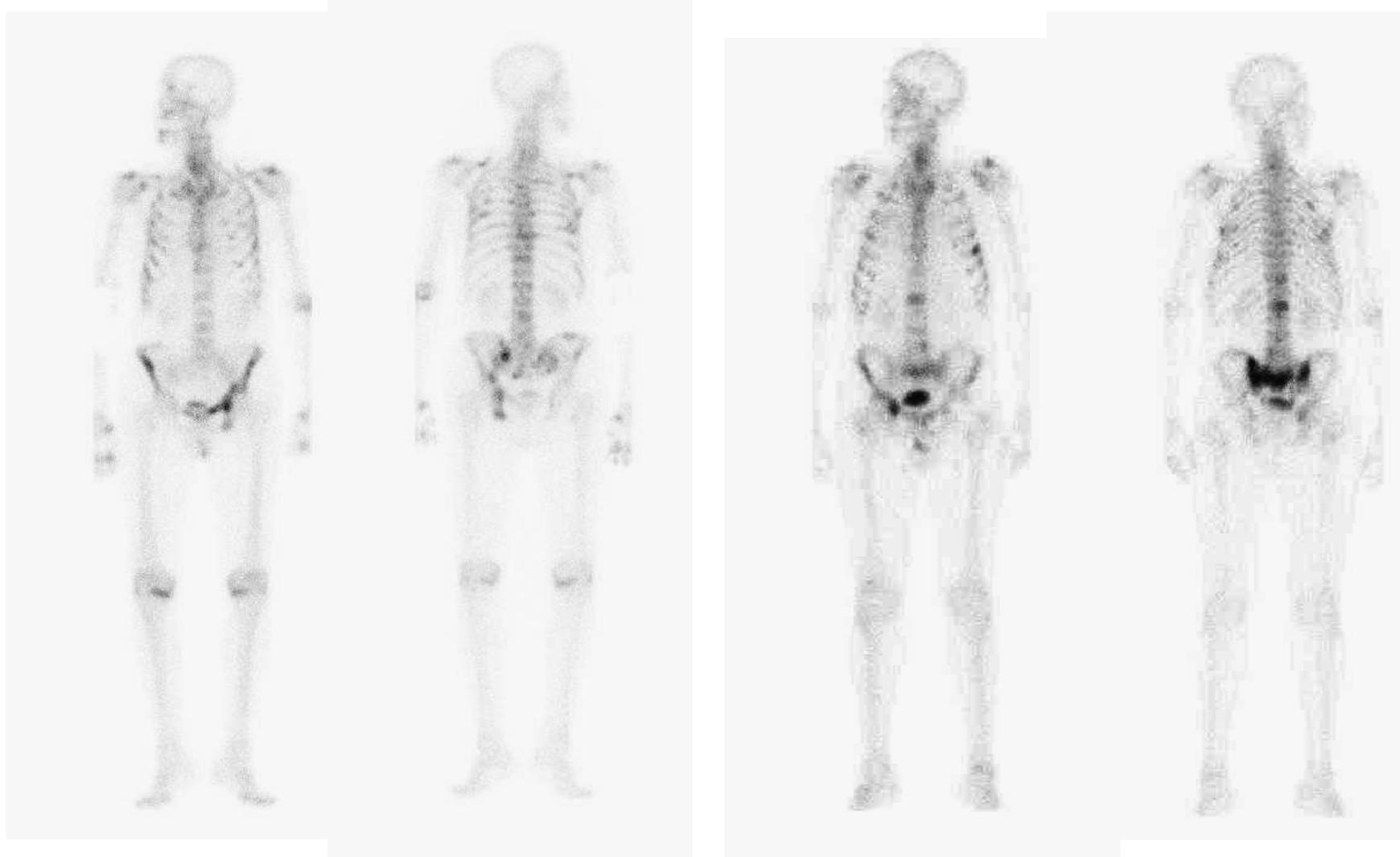
Il paziente _____

Il Medico proponente _____

Il Medico Nucleare _____

Dose di Iodio-131 _____ Data _____

Metastasi da carcinoma della prostata



Terapia palliativa del dolore da metastasi ossee
Dose erogata da pazienti iniettati mSv/h/MBq

	0 cm	100 cm
Difosfonato Tc99m	0,077	0,000022
Difosfonato Sm153	0,048	0,000015
Difosfonato Re186	0,013	0,000004
Sr 89	0,010	0,000029

Terapia domiciliare
Consenso informato
Informativa ai parenti

TERAPIA PALLIATIVA DEL DOLORE DA METASTASI OSSEE CON METASTRON

(STRONZIO - 89)

Egregio Sig. _____,

Le è stato prescritto un trattamento radiometabolico per la terapia del dolore osseo da metastasi da Lei riferito. Una singola iniezione del radiofarmaco è in grado di ridurre il dolore nel 60-80 % dei casi. Tuttavia un piccolo numero di pazienti ha riferito un aumento transitorio del dolore osseo . Generalmente tale dolore , di moderata intensità, si può manifestare entro 21 giorni dall'iniezione e durare 2-5 giorni, sebbene dopo la seconda settimana la probabilità sia bassa.

Effetti collaterali possono essere astenia , nausea, vomito. E' possibile che il numero dei leucociti e delle piastrine possano decrescere del 30-70% dei valori basali e ciò può portare rispettivamente ad infezioni o emorragie. Raramente si sono verificate compressioni midollari , coagulazione intravasale disseminata, incidenti cerebrovascolari e morte in possibile relazione con l'evoluzione della malattia dei pazienti. Quando sono presenti metastasi della colonna vertebrale cervico-dorsale non può essere escluso un aumento del rischio di compressione del midollo spinale. Il trattamento chemioterapico e/o radioterapico deve essere terminato da almeno 6 settimane prima della somministrazione del Metastron . Devono passare 3 mesi dal trattamento radioterapico all'emicorpo. Dopo la somministrazione del Metastron devono intercorrere 6 settimane prima di successivi trattamenti chemioterapici e/o radioterapici; inoltre il paziente non può ricevere un trattamento radioterapico all'emicorpo entro 2 mesi.

Nonostante sia un farmaco radioattivo non è necessario evitare contatti ravvicinati con altre persone.

Si raccomanda, però, che per i primi 10 giorni dopo la somministrazione del radiofarmaco Lei prenda alcune precauzioni di buon senso relativamente all'igiene personale:

-Bere molti liquidi ed urinare frequentemente.

-urinare in posizione seduta;

-risciacquare il WC per almeno due volte consecutive;

-asciugare qualsiasi goccia di urina fuoriuscita da WC con un fazzoletto di carta e gettarlo nel WC;

-biancheria o abiti che si macchino di urina devono essere lavati immediatamente e a fondo separatamente da altri capi.

Il paziente dovrà far pervenire presso U.O di Medicina Nucleare , anche via FAX , esame emocrocitometrico effettuato dopo 1 e 2 settimane dalla somministrazione del radiofarmaco e in seguito dopo ogni 3 settimane per un totale di 12 settimane.

Dose somministrata : Metastron _____ Data _____

Paziente _____ Medico Nucleare _____

TERAPIA PALLIATIVA DEL DOLORE DA METASTASI OSSEE CON QUADRAMET

(SAMARIO-153 EDTM)

Egregio Sig. _____,

Le è stato prescritto un trattamento radiometabolico per la terapia del dolore osseo da metastasi da Lei riferito. Una singola iniezione del radiofarmaco è in grado di ridurre il dolore nel 60-80 % dei casi. I pazienti che rispondono favorevolmente al farmaco avvertono generalmente un'attenuazione del dolore entro 1-3 settimane dall'iniezione del trattamento. Il sollievo del dolore può durare per un periodo che va da 4 settimane fino a 4 mesi. Tuttavia un piccolo numero di pazienti ha riferito un aumento transitorio del dolore osseo. Generalmente tale dolore, di moderata intensità, si può manifestare entro 21 giorni dall'iniezione e durare 2-5 giorni, sebbene dopo la seconda settimana la probabilità sia bassa.

Effetti collaterali possono essere astenia, nausea, vomito. E' possibile che il numero dei leucociti e delle piastrine possano decrescere del 30-70% dei valori basali e ciò può portare rispettivamente ad infezioni o emorragie. Raramente si sono verificate compressioni midollari, coagulazione intravasale disseminata, incidenti cerebrovascolari e morte in possibile relazione con l'evoluzione della malattia dei pazienti. Quando sono presenti metastasi della colonna vertebrale cervico-dorsale non può essere escluso un aumento del rischio di compressione del midollo spinale. Il trattamento chemioterapico e/o radioterapico deve essere terminato da almeno 6 settimane prima della somministrazione del Quadramet. Devono passare 3 mesi dal trattamento radioterapico all'emicorpo. Dopo la somministrazione del Quadramet devono intercorrere 6 settimane prima di successivi trattamenti chemioterapici e/o radioterapici; inoltre il paziente non può ricevere un trattamento radioterapico all'emicorpo entro 2 mesi.

Essendo un farmaco radioattivo gamma emittente è necessario evitare contatti ravvicinati con altre persone, specialmente bambini e donne gravide, per almeno 1 settimana. Dopo la somministrazione del radiofarmaco il paziente dovrà sostare in Medicina Nucleare per almeno 4 ore, bere 1 litro e ½ d'acqua ed effettuare la prima urina negli appositi bagni.

Si raccomanda inoltre che per i primi 10 giorni dopo la somministrazione del radiofarmaco il paziente prenda alcune precauzioni di buon senso relativamente all'igiene personale:

-Bere molti liquidi ed urinare frequentemente.

-urinare in posizione seduta;

-risciacquare il WC per almeno due volte consecutive;

-asciugare qualsiasi goccia di urina fuoriuscita da WC con un fazzoletto di carta e gettarlo nel WC;

-biancheria o abiti che si macchiano di urina devono essere lavati immediatamente e a fondo separatamente da altri capi.

Il paziente dovrà far pervenire presso U.O di Medicina Nucleare, anche via FAX, esame emocrocitometrico effettuato dopo 1 e 2 settimane dalla somministrazione del radiofarmaco e in seguito dopo ogni 3 settimane per un totale di 12 settimane.

Dose somministrata :Quadramet _____ Data _____

Paziente _____ Medico Nucleare _____

Consigli pratici per ridurre l'esposizione

- Evitare la contaminazione con materiale biologico
- Ridurre all'essenziale le occasioni di contatti ad una distanza inferiore a 2 metri.

Distanza e Tempo: fattori critici

Lavoratori esposti alle radiazioni ionizzanti
per motivi professionali

Programma di radioprotezione

Sorveglianza fisica
Sorveglianza medica

Obblighi del datore di lavoro
Obblighi dei lavoratori

Sanzioni

Lavoratori esposti alle radiazioni ionizzanti per motivi professionali

Programma di radioprotezione

Sorveglianza fisica:

Classificazione delle aree lavorative: zona sorvegliata <6 mSv
zona controllata >6 mSv

Classificazione dei lavoratori: non esposti <1 mSv
(Mansioni specifiche) esposti gruppo B 1-6 mSv
gruppo A > 6 mSv

Istituzione della scheda dosimetrica

Dosimetria fisica personale (dosimetri ad anello) od ambientale o stimata sulle attività coinvolte

Lavoratori esposti alle radiazioni ionizzanti per motivi professionali

Programma di radioprotezione

Sorveglianza medica:

Istituzione del documento sanitario personale (DOSP)

Visite mediche

Preventiva	stato di salute generale e psicofisica (attitudinale) Fattori di rischio suscettibili alle RI (Tumori!!!!) Fattori di rischio generici
Periodica	verifica di eventuali modificazioni dello stato di salute
Eccezionale	superamento di dosi (20 mSv) o lesioni (esposizioni) acute
Straordinaria	modifica delle mansioni o dello stato di salute (gravidanza)
Conclusiva	cessazione dell'attività con RI in costanza del rapporto di lavoro cessazione del rapporto di lavoro

Giudizio di idoneità idoneo
non idoneo
idoneo a determinate condizioni

Criteria di idoneità suggerite dalla legge per mansioni specifiche e contestabili (ricorso)

Dosimetria biologica

1. Segni clinici: prodromi, lesioni cutanee e/o al cristallino
2. Segni citologici: linfopenia con ipergranulocitosi in fase acuta, leucopenia con piastrinopenia in fase cronica
3. Segni citogenetici: aberrazioni cromosomiche, micronuclei
4. Segni biochimici: incremento dell'amilasemia
5. Segni immunologici: alterazione della funzione linfocitaria

Obblighi del datore di lavoro art 61.3.e del DLgs 230/95

... rendere edotti i lavoratori, nell'ambito di un programma di formazione finalizzato alla radioprotezione, in relazione alle mansioni cui essi sono addetti, dei rischi specifici cui sono esposti, delle norme di radioprotezione sanitaria, delle conseguenze derivanti dalla mancata osservanza delle prescrizioni mediche, delle modalità di esecuzione del lavoro e delle norme interne di cui alla lettera c

DLgs 230/95 integrato

Art. 68 - Obblighi dei lavoratori

1. I lavoratori devono:

- a) osservare le disposizioni impartite dal datore di lavoro o dai suoi incaricati, ai fini della protezione individuale e collettiva e della sicurezza, a seconda delle mansioni alle quali sono addetti;
- b) usare secondo le specifiche istruzioni i dispositivi di sicurezza, i mezzi di protezione e di sorveglianza dosimetrica predisposti o forniti dal datore di lavoro;
- c) segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le deficienze dei dispositivi e dei mezzi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica, nonché le eventuali condizioni di pericolo di cui vengono a conoscenza;
- d) non rimuovere né modificare, senza averne ottenuto l'autorizzazione, i dispositivi, e gli altri mezzi di sicurezza, di segnalazione, di protezione e di misurazione;
- e) non compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non sono di loro competenza o che possono compromettere la protezione e la sicurezza;
- f) sottoporsi alla sorveglianza medica ai sensi del presente decreto.

2. I lavoratori che svolgono, per più datori di lavoro, attività che li espongano al rischio da radiazioni ionizzanti, devono rendere edotto ciascun datore di lavoro delle attività svolte presso gli altri, ai fini di quanto previsto al precedente art. 66. Analoga dichiarazione deve essere resa per eventuali attività pregresse. I lavoratori esterni sono tenuti ad esibire il libretto personale di radioprotezione all'esercente le zone controllate prima di effettuare le prestazioni per le quali sono stati chiamati.

"Art. 68 bis-Scambio di informazioni

1. Su motivata richiesta di autorità competenti anche di altri paesi appartenenti all'Unione Europea o di soggetti, anche di detti paesi, che siano titolari di incarichi di sorveglianza fisica o medica della radioprotezione del lavoratore, il lavoratore trasmette alle autorità o ai soggetti predetti le informazioni relative alle dosi ricevute. La richiesta delle autorità o dei soggetti di cui sopra deve essere motivata dalla necessità di effettuare le visite mediche prima dell'assunzione oppure di esprimere giudizi in ordine all'idoneità a svolgere mansioni che comportino la classificazione del lavoratore in categoria A oppure, comunque, di tenere sotto controllo l'ulteriore esposizione del lavoratore.

DLgs 241/2000

Art. 69 - Disposizioni particolari per le lavoratrici

1. Ferma restando l'applicazione delle norme speciali concernenti la tutela delle lavoratrici madri, le donne gestanti non possono svolgere attività che le espongono **in zone classificate o, comunque, ad attività che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda un millisievert durante il periodo della gravidanza.**
2. E' fatto obbligo alle lavoratrici di notificare al datore di lavoro il proprio stato di gestazione, non appena accertato.
3. E' altresì vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione.



fine