

INTRODUZIONE ALLA MEDICINA NUCLEARE

Dr. ALBERTO VIGNATI
Medicina Nucleare Legnano

Medicina Nucleare

Disciplina che utilizza gli isotopi radioattivi in
medicina

Per diagnostica per immagini: scintigrafia planare,
SPECT, PET

Per terapia: terapia radiometabolica

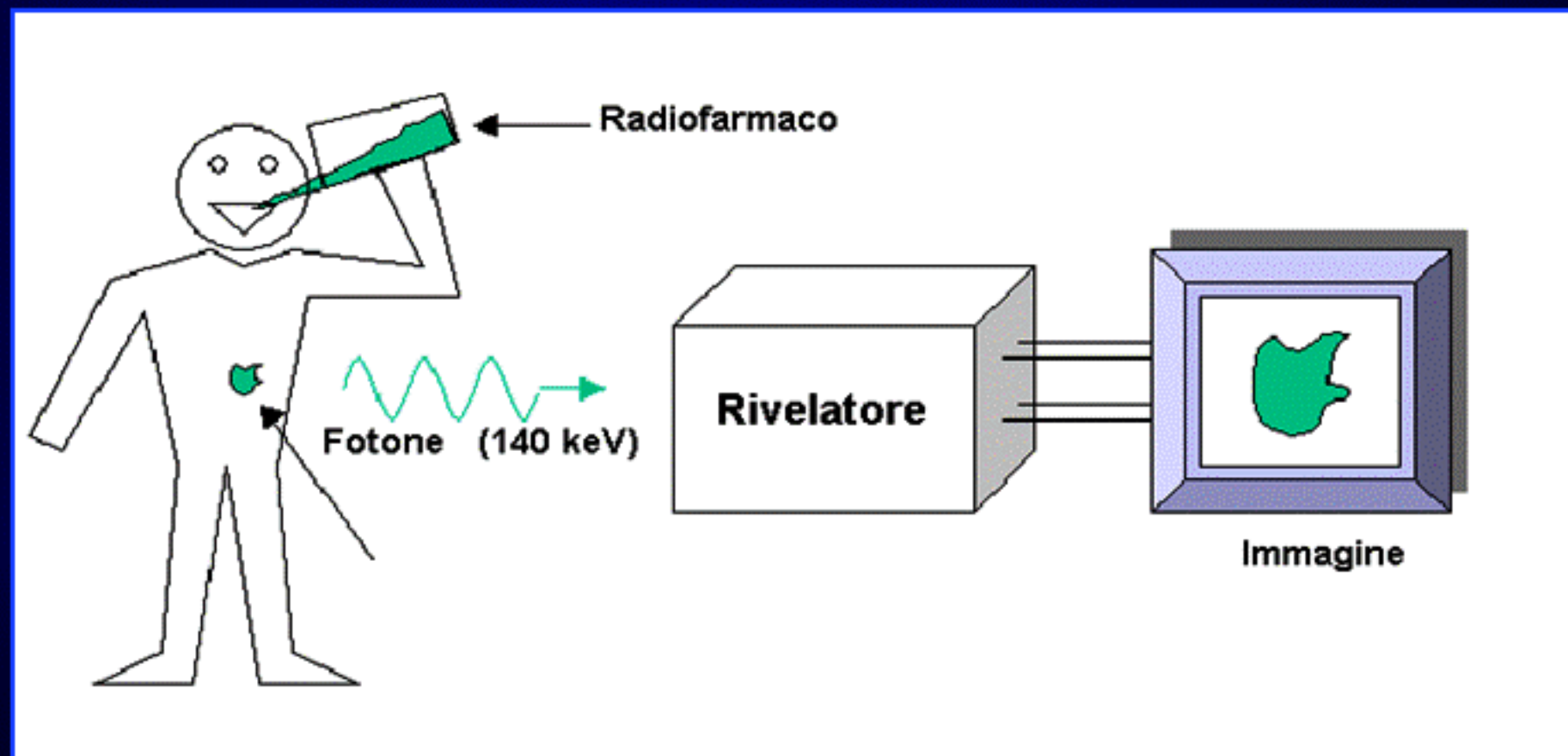
Per analisi chimico-cliniche: laboratorio di
radioimmunologia (RIA)

Scintigrafia

Al paziente è somministrato (quasi sempre in vena) un **radiofarmaco**.

Tale sostanza contiene un tracciante **radioattivo** che emette radiazioni gamma.

Queste sono raccolte da un **rivelatore** e tradotte in **immagine**.



I radiofarmaci

I radiofarmaci sono composti da due “parti”:

- una **sostanza chimica** che interagisce specificatamente con un certo sistema biologico:

-si concentra in un organo, oppure

-disegna una determinata via biochimica, oppure

-Si concentra in un'area di lesione.

- un **nuclide radioattivo emittente gamma** che consente di seguirne il percorso biologico per mezzo di idonei rivelatori esterni.

Farmaco + Emettitore gamma (^{99m}Tc) = Radiofarmaco

scintigrafia

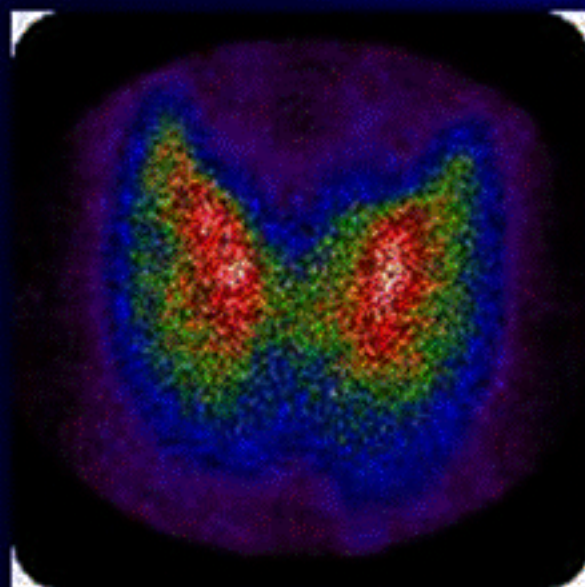
È possibile costruire una immagine che individua la **distribuzione** del radiofarmaco nel corpo o in dato organo. e ne evidenzia il progredire del metabolismo.

È anche possibile costruire una serie di immagini (raccolte in tempi successivi) che individuano **come varia nel tempo** la distribuzione del radiofarmaco nel corpo

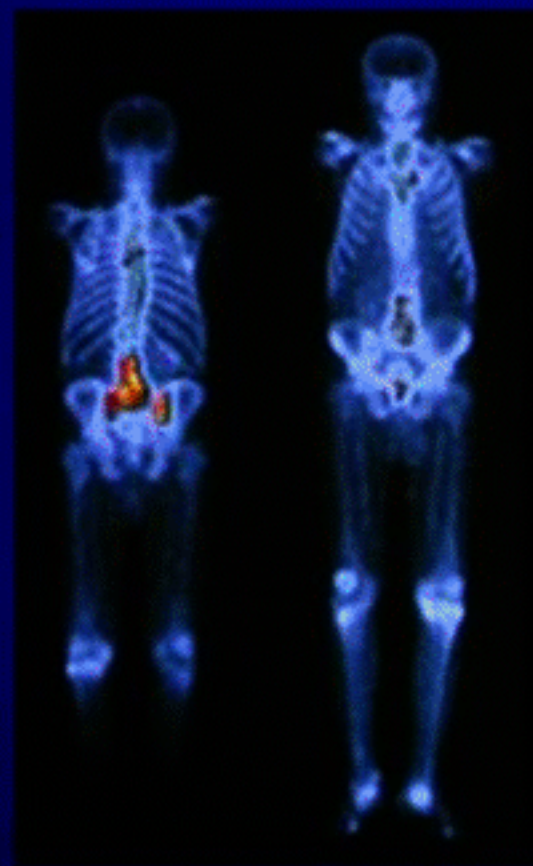
Le informazioni ottenibili sono soprattutto informazioni sulla **funzionalità** di organi e apparati o sulla presenza di tessuti con anomalie di funzione.

Medicina nucleare

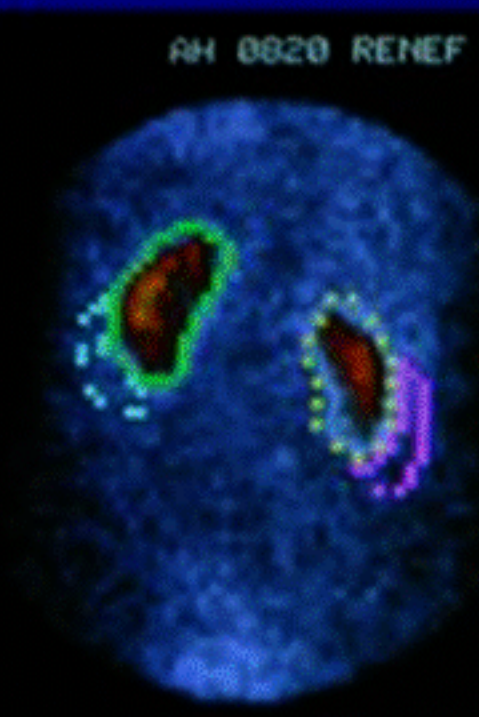
Immagini della distribuzione nel corpo di un farmaco marcato con un radionuclide emettitore di radiazioni γ o di positroni



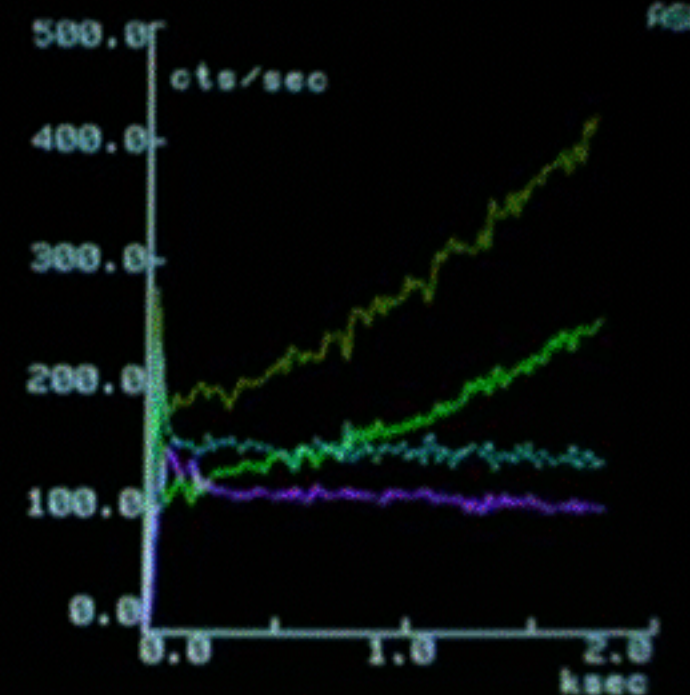
SCINT. TIROIDEA



SCINT. OSSEA



SCINT. RENALE



RADIONEFROGRAMMI

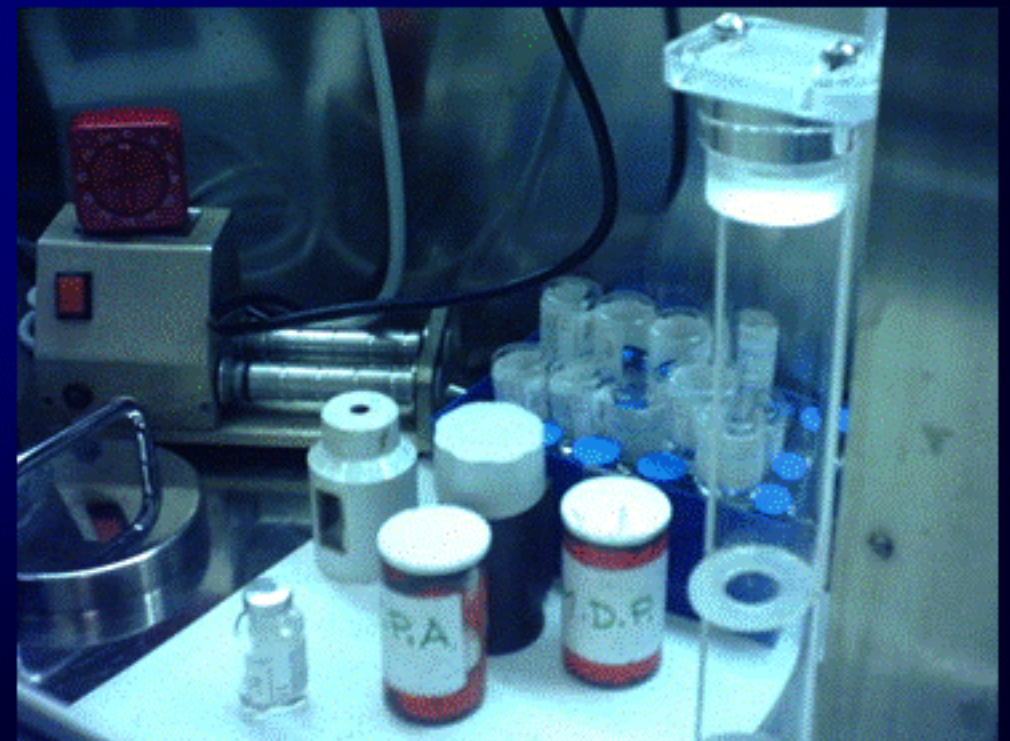
I radionuclidi emettono **raggi gamma** che sono onde elettromagnetiche analoghe ai raggi X ma con maggior energia.

Sono **radiazioni ionizzanti**: possono cioè alterare la materia vivente.

E' necessario quindi usarle con cautela (per il paziente) e adottare tecniche di **radioprotezione** (per gli operatori).



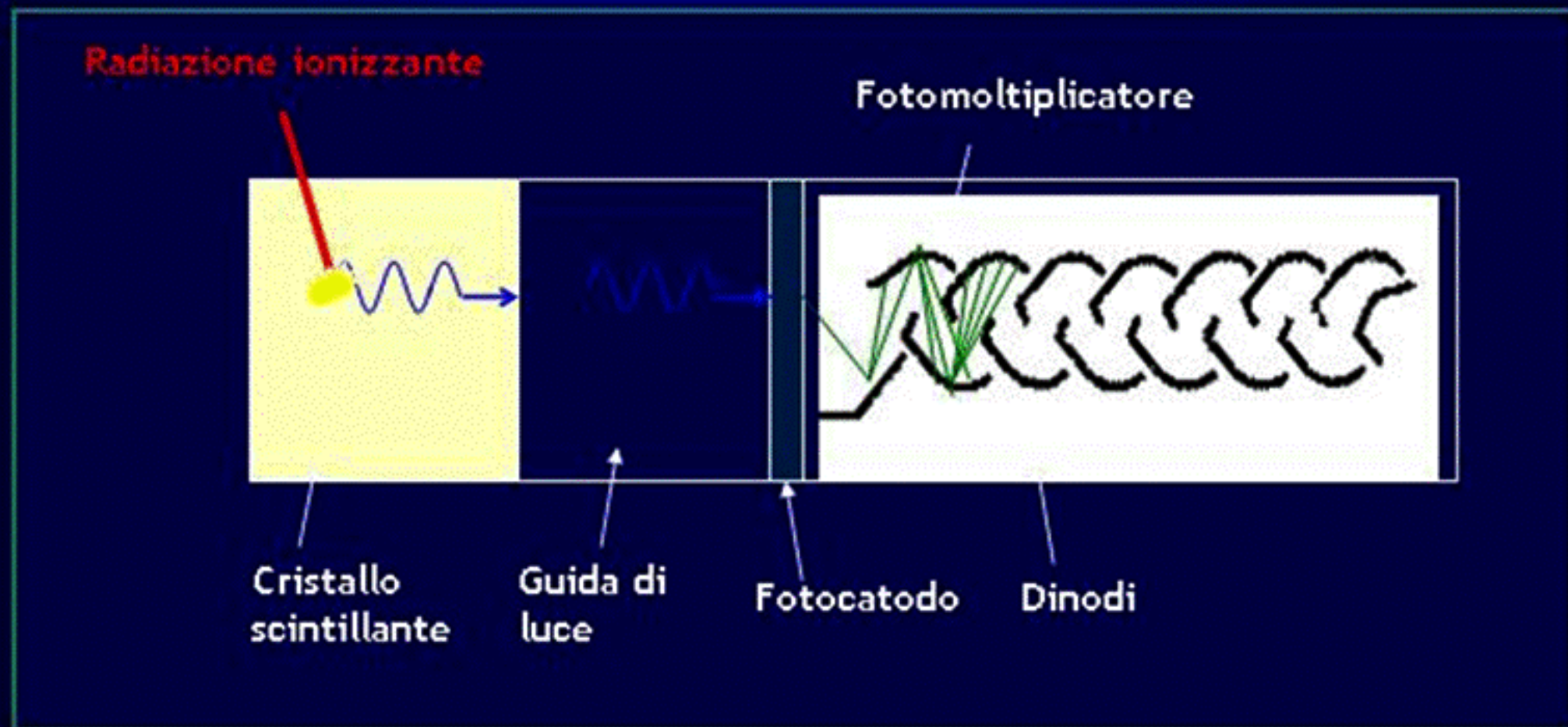
CAPPA
SCHERMATA
PER LA
PREPARAZIONE
DEI
RADIOFARMACI



CONTENITORI IN PIOMBO

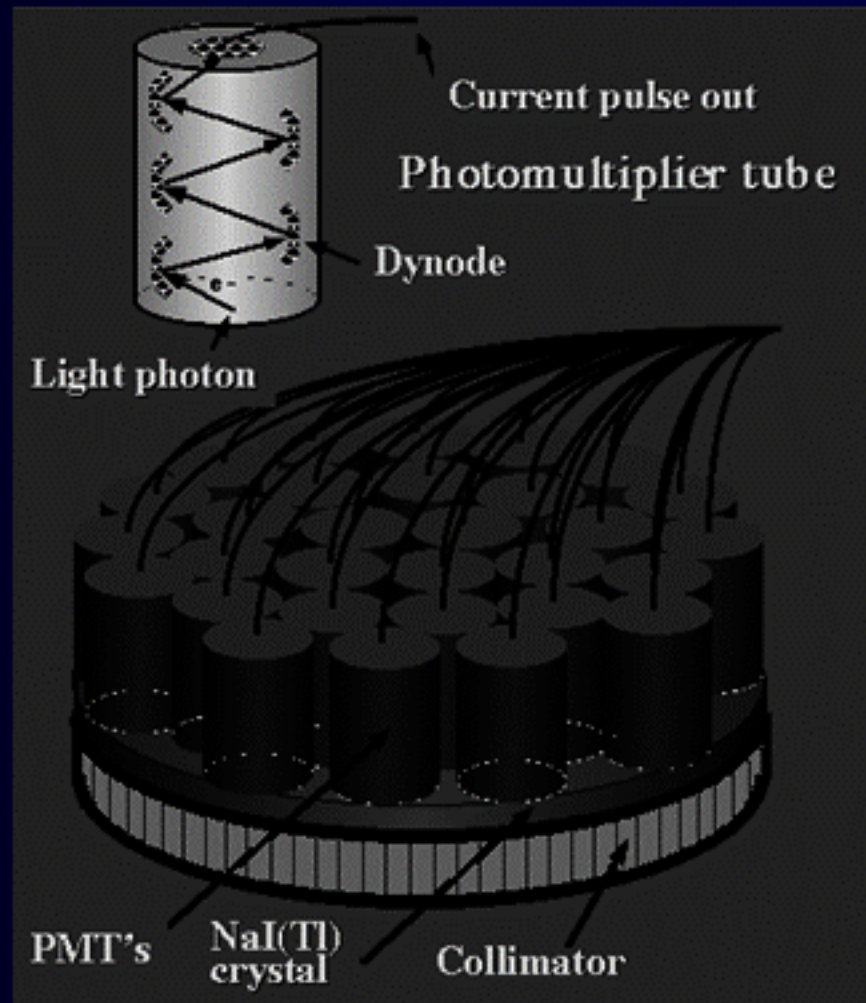
Rivelatori a scintillazione

Materiali Scintillanti + Rivelatore di luce (PMT) = Scintillatore



Gamma-Camera

Anger Camera (1956)



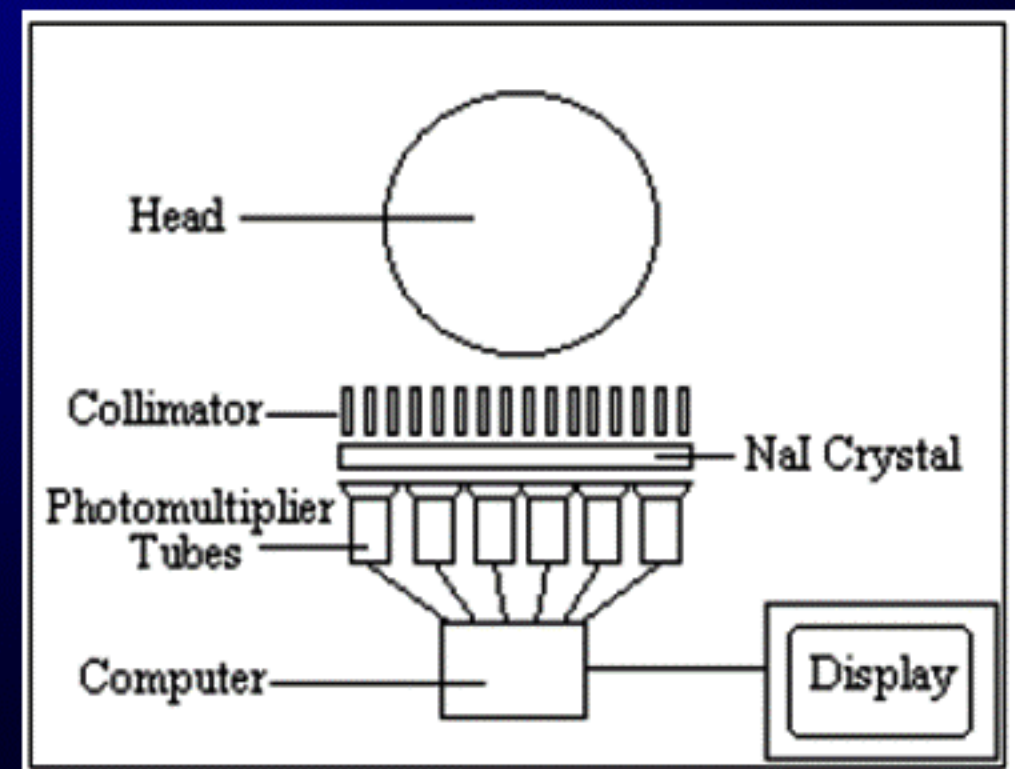
Collimatore

cristallo di NaI(Tl) (\varnothing fino a 50 cm)

guida di luce

fotomoltiplicatori (PMT): 30-90

elettronica di elaborazione





GAMMACAMERA A DOPPIA TESTATA

La diagnostica medico-nucleare

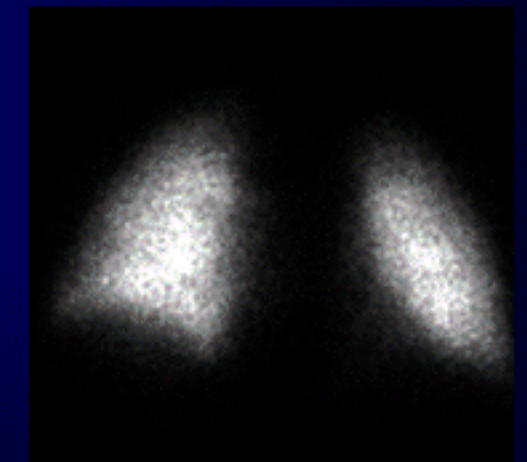
Le immagini radiologiche vengono ottenute facendo attraversare il corpo da radiazioni X e registrando su una lastra le radiazioni non fermate dal corpo.



RADIOGRAFIA
DEL TORACE

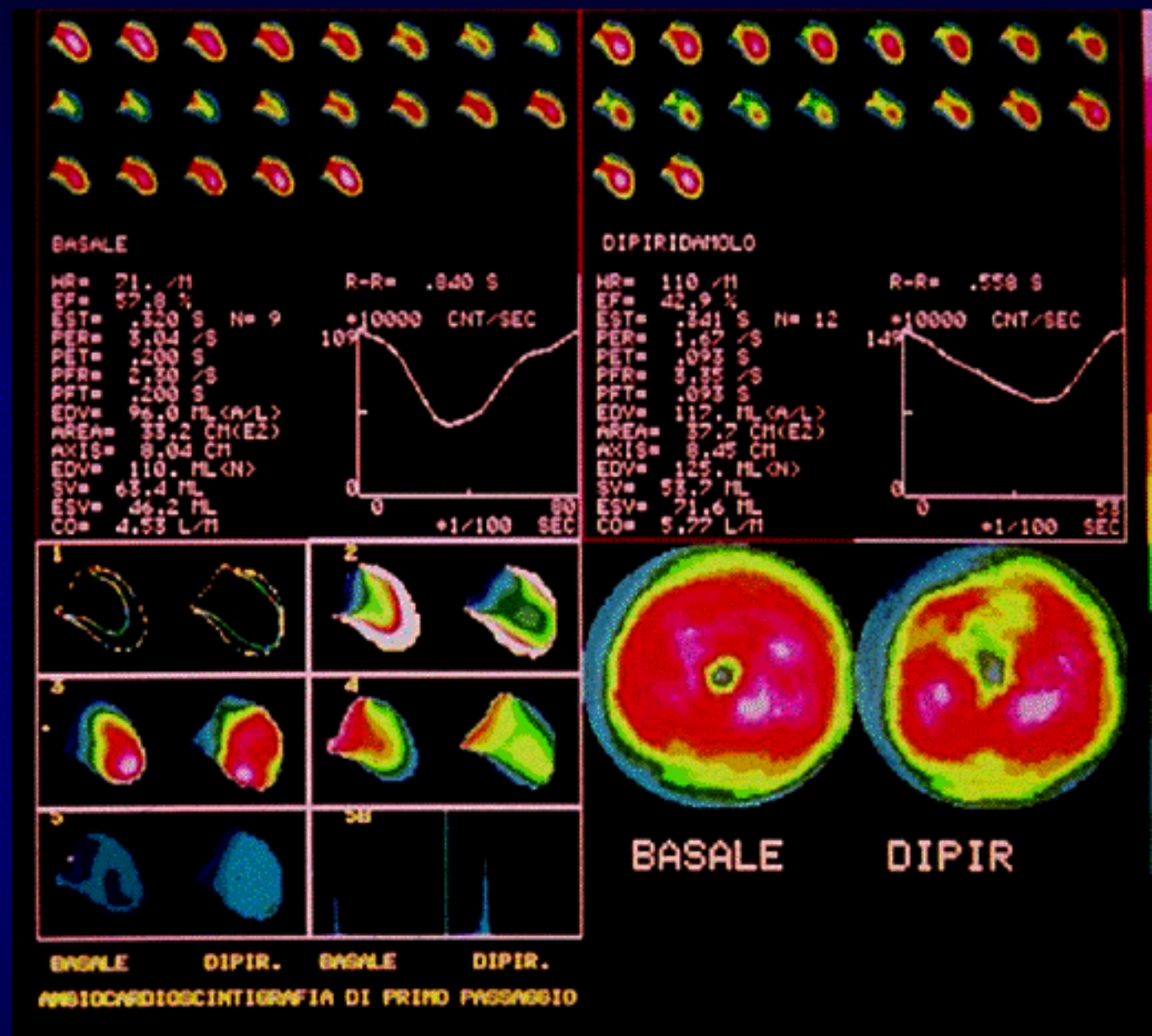
Al contrario, le immagini medico-nucleari vengono ottenute per registrando le radiazioni emesse dai radiofarmaci somministrati al paziente.

E' quindi il paziente che emette le radiazioni. L'apparecchiatura (gammacamera) si limita a raccoglierle per formare un' immagine.



SCINTIGRAFIA
POLMONARE

Le informazioni ricavate sono esprimibili anche in forma di parametri numerici, permettendo di ottenere dati di ordine quantitativo. La peculiarità di queste immagini è, quindi, di essere "funzionali", cioè l'espressione morfologica di una funzione vitale.



SCINTIGRAFIA MIOCARDICA A RIPOSO E DOPO SFORZO ASSOCIATA A STUDIO DELLA FUNZIONE DEL VENTRICOLO SINISTRO

Una gammacamera e' collegata con un computer, che è componente essenziale sia del sistema di rivelazione (acquisizione delle immagini), che del sistema di elaborazione dei dati e della riproduzione delle immagini.



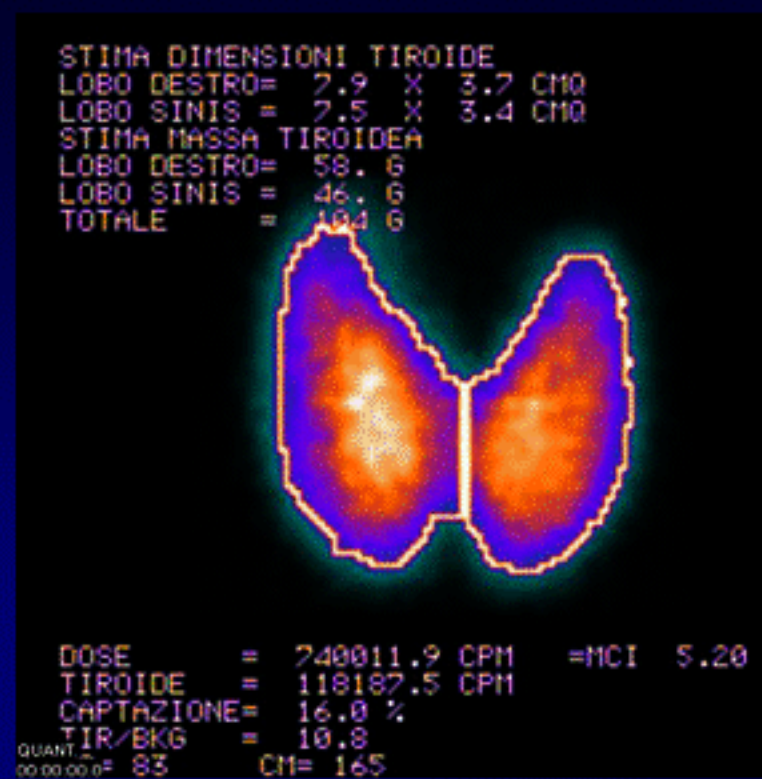
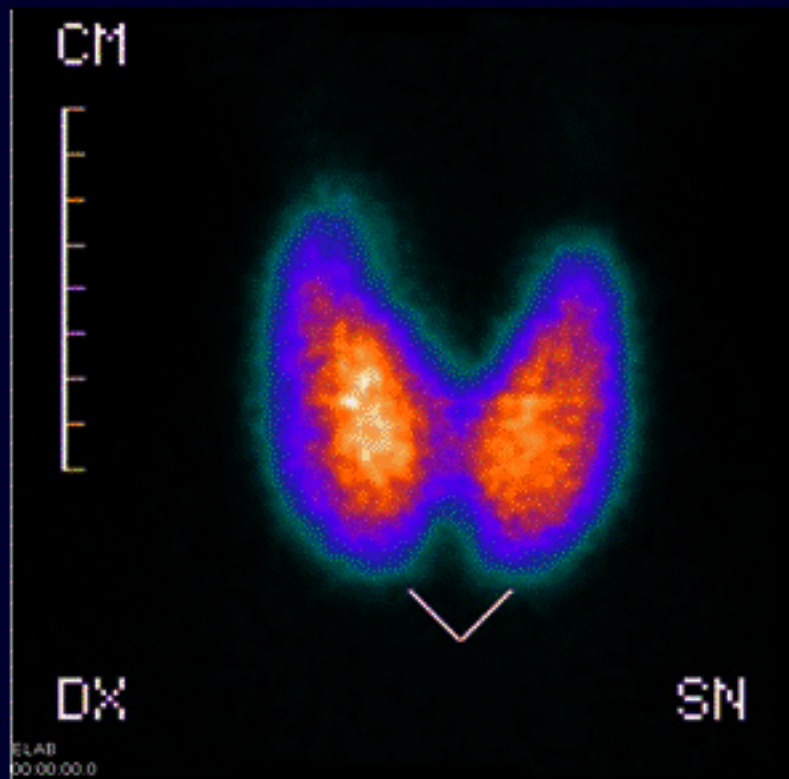
SCINT. TIROIDEA

(con ^{99m}Tc -Pertecnetato)

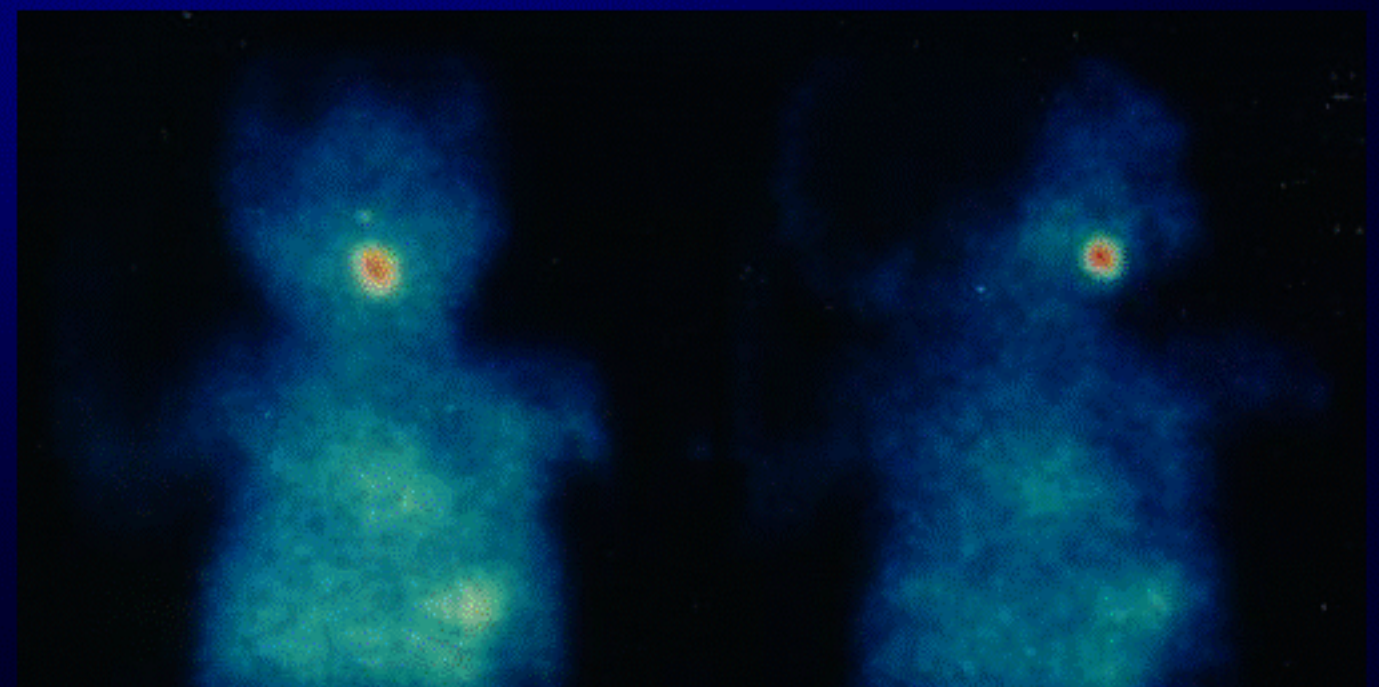
*studio morfologico (omogeneità, sede...)
analisi funzione*

- TRACCIANTE “CAPTATO” dalla tiroide





SCINT. TIROIDEA: TIROIDE IPER-FUNZIONANTE



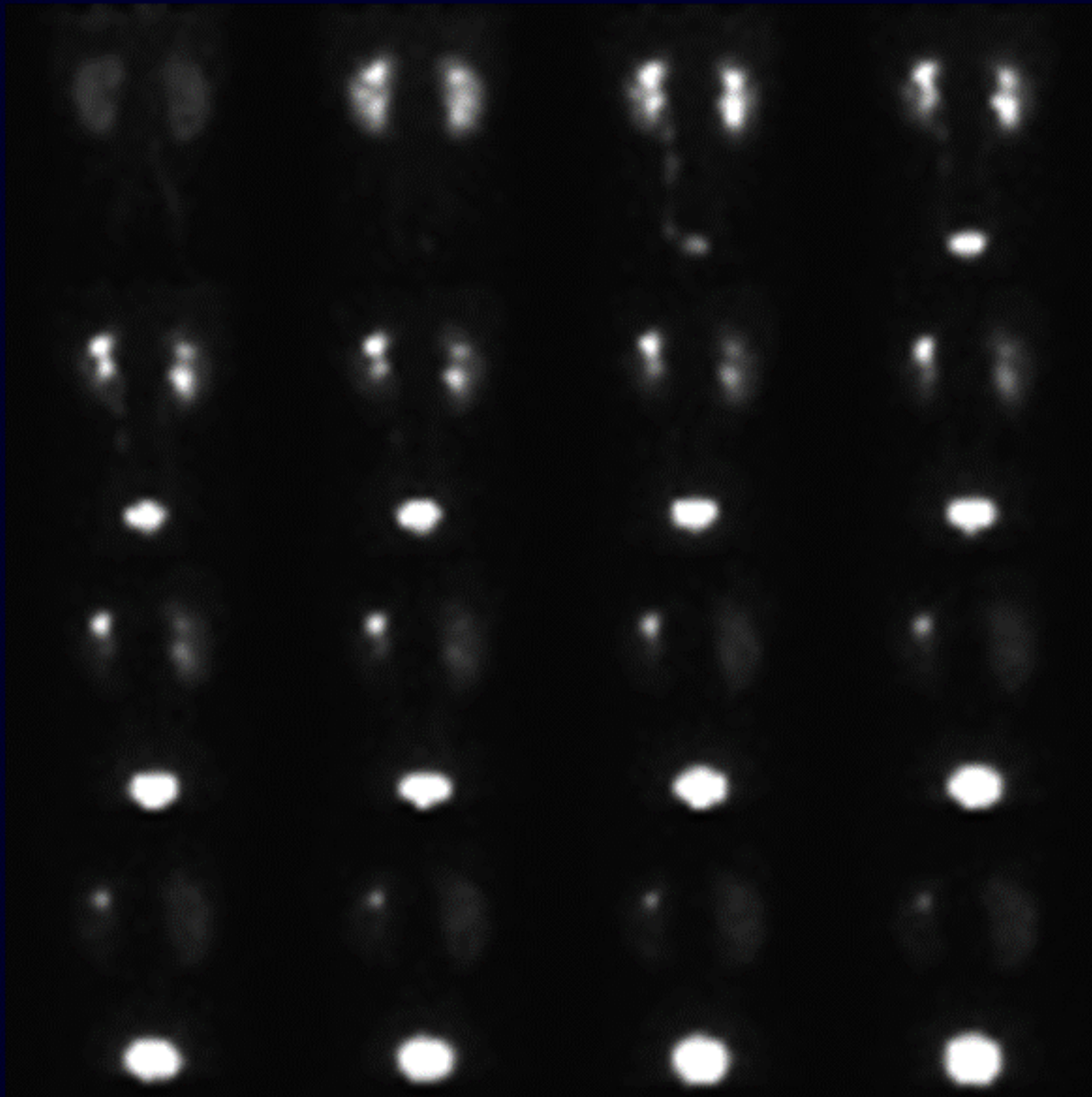
SCINT. TIROIDEA:
 TIROIDE SUBLINGUALE

SCINT. RENALE SEQUENZIALE (SRS)

studio funzionale di reni e vie escretrici

- **STUDIO DINAMICO** (sequenza di immagini)
- **TRACCIANTE “IN TRANSITO”**





SCINTIGRAFIA RENALE: SEQUENZA DI 30 MINUTI

Il tracciante viene inizialmente
captato dai reni
e poi eliminato lungo gli ureteri
fino a riempire la vescica



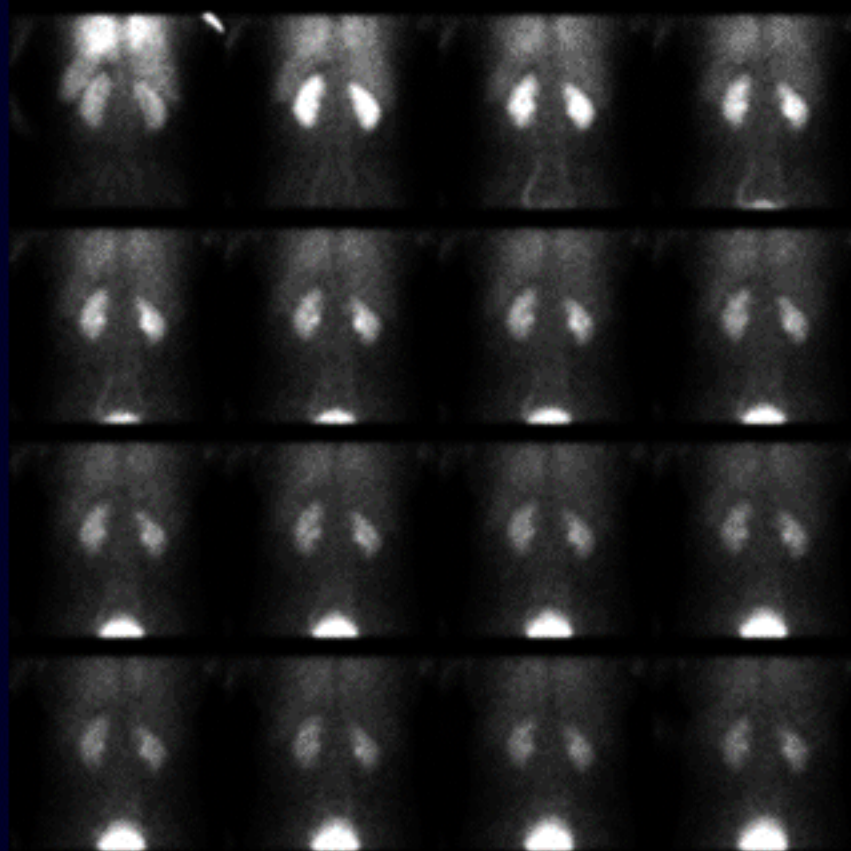
CAPTAZ.

RESIDUO

PREMINZ

POSTMINZ

AREE D/S=
.89



SCINTIGRAFIA RENALE:
ELABORAZIONE
COMPUTERIZZATA

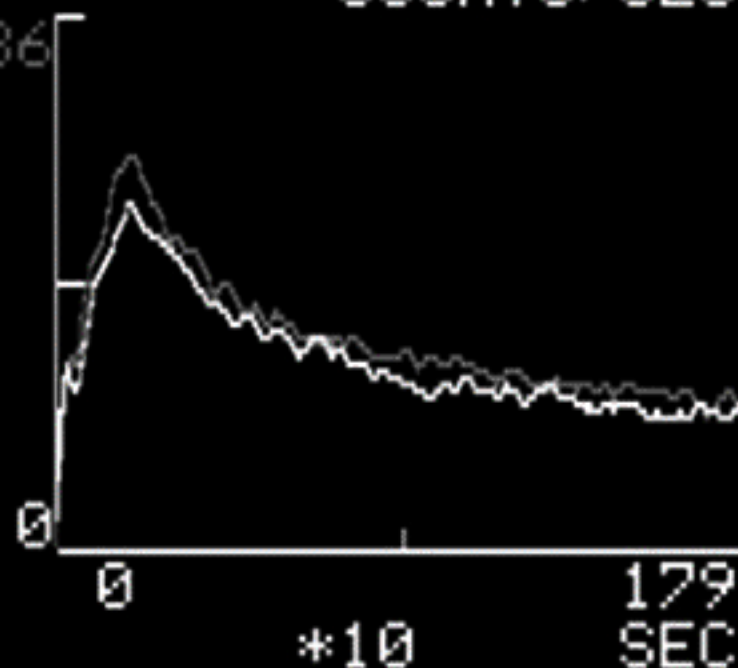
Si ottengono valori di
funzione renale e curve
attività-tempo
(RADIONEFROGRAMMI).

FILTRATO GLOMERULARE
(METODO DI GATES)

RENE SN

RENE DX
COUNTS/SEC

TOTALE : 69.87 ML/M286
SUPERF. : 1.678 MQ
RENE DX : 46.31 %
RENE SN : 53.69 %
P= 7.6 D= .87 N= 1.0



SCINT. OSSEA

(con ^{99m}Tc - difosfonati)

localizzazione di aree con aumentato rimaneggiamento osseo per traumi, infezioni, flogosi, tumori...

- IL TRACCIANTE “SI INSERISCE” NEL METABOLISMO FOSFO-CALCICO



SCINTIGRAFIA OSSEA:

qualunque patologia che accelera il normale ricambio dell'osso viene visualizzata come un'area più intensa. Anche le metastasi tumorali si comportano così.



ETP POLMONE
PRE-OPER.
RX NEG.

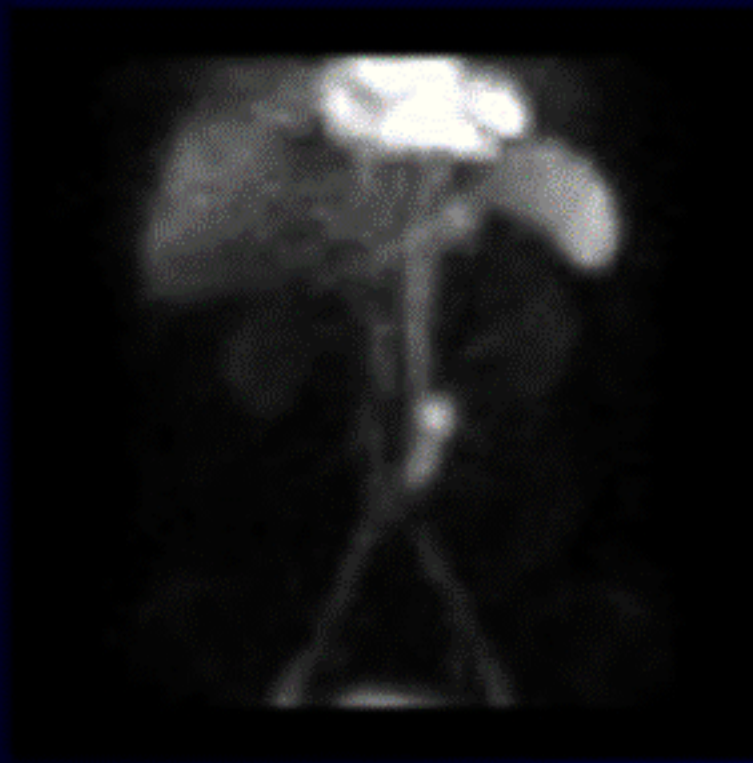
MARCATURA DI EMAZIE

(con ^{99m}Tc Tecnezio + sale stannoso)

immagini planari o tomografiche (SPECT) che rappresentano le strutture ad alto contenuto ematico: cuore, grandi vasi, fegato, milza...

Ma anche angiomi, dilatazioni venose, sanguinamenti intestinali...





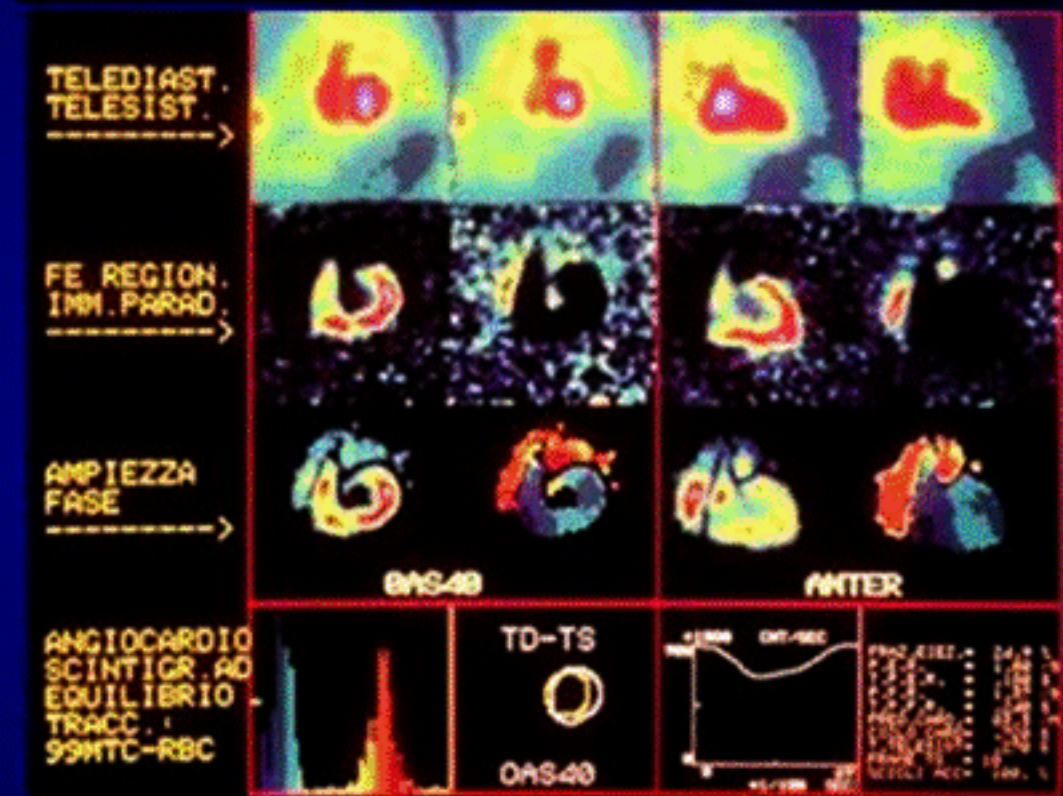
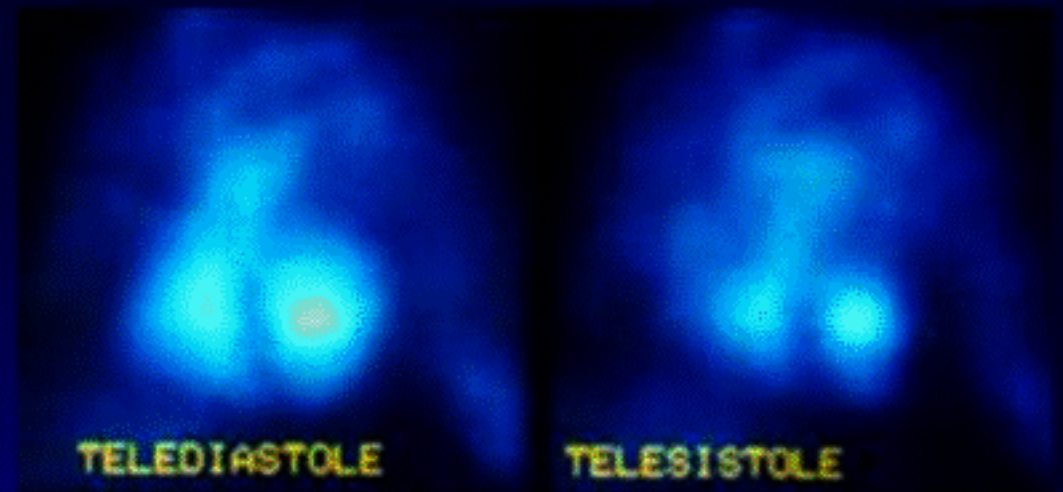
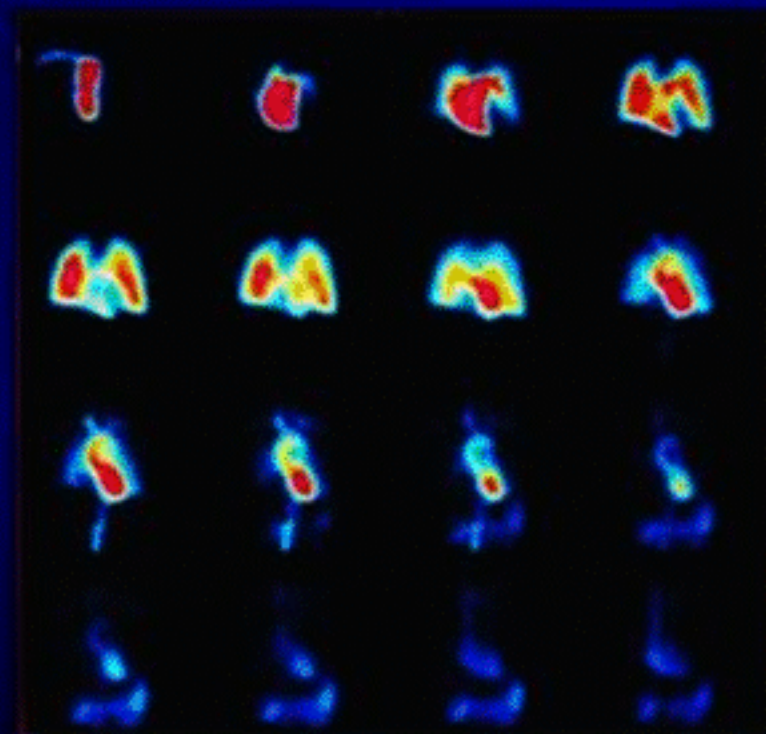
Scintigrafia (SPECT) con globuli rossi marcati

Visualizza le strutture con alto contenuto di sangue:

- normali (arterie, vene, ventricoli) o
- patologiche (angiomi, aneurismi, ecc)

Angio-cardio-scintigrafia di primo passaggio

Visualizza il transito attraverso le cavità cardiache (atri e ventricoli) ed i polmoni.

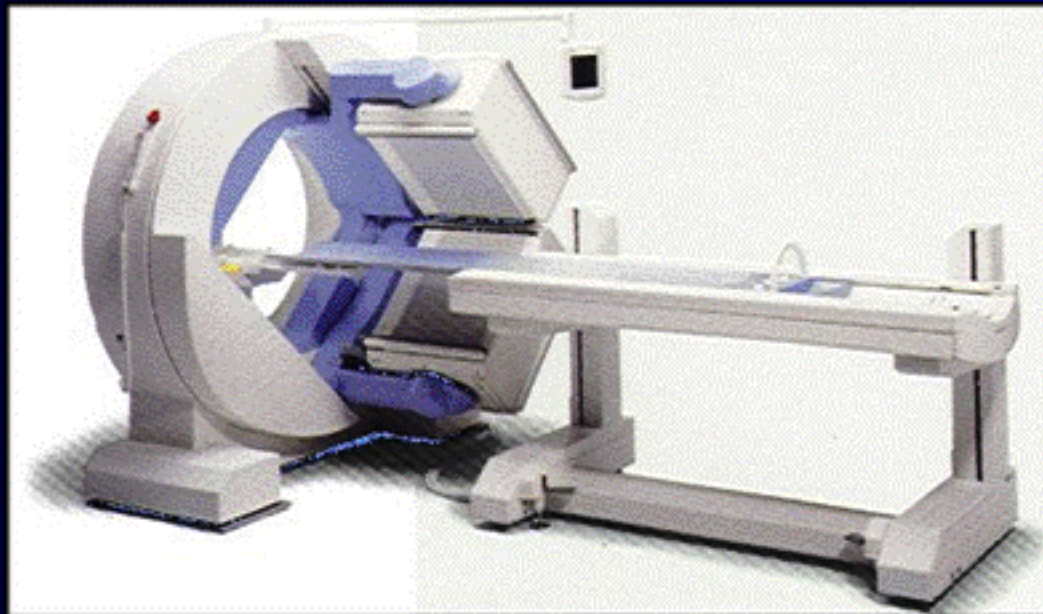


Angio-cardio-scintigrafia all' equilibrio

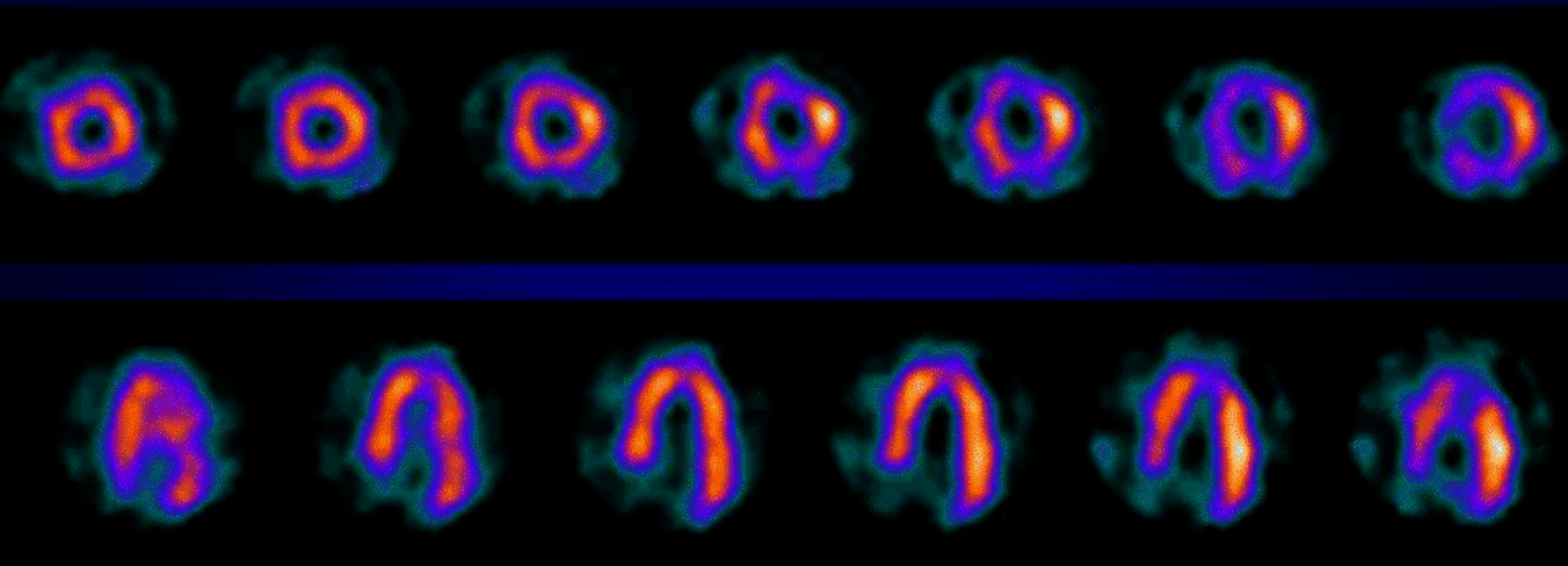
Visualizza il sangue presente nei ventricoli del cuore e permette di studiarne la funzione.

SPECT

Single Photon Emission Computed Tomography: Tecnica che utilizza una γ -camera che ruota intorno al paziente, acquisendo immagini della distribuzione 3D del radiofarmaco.



Variante della tecnica scintigrafica che permette la ricostruzione tri-dimensionale degli organi studiati. E' strumento simile alla TAC ma non usa raggi X e si basa sulla rivelazione di radiazione "emesse" dal paziente

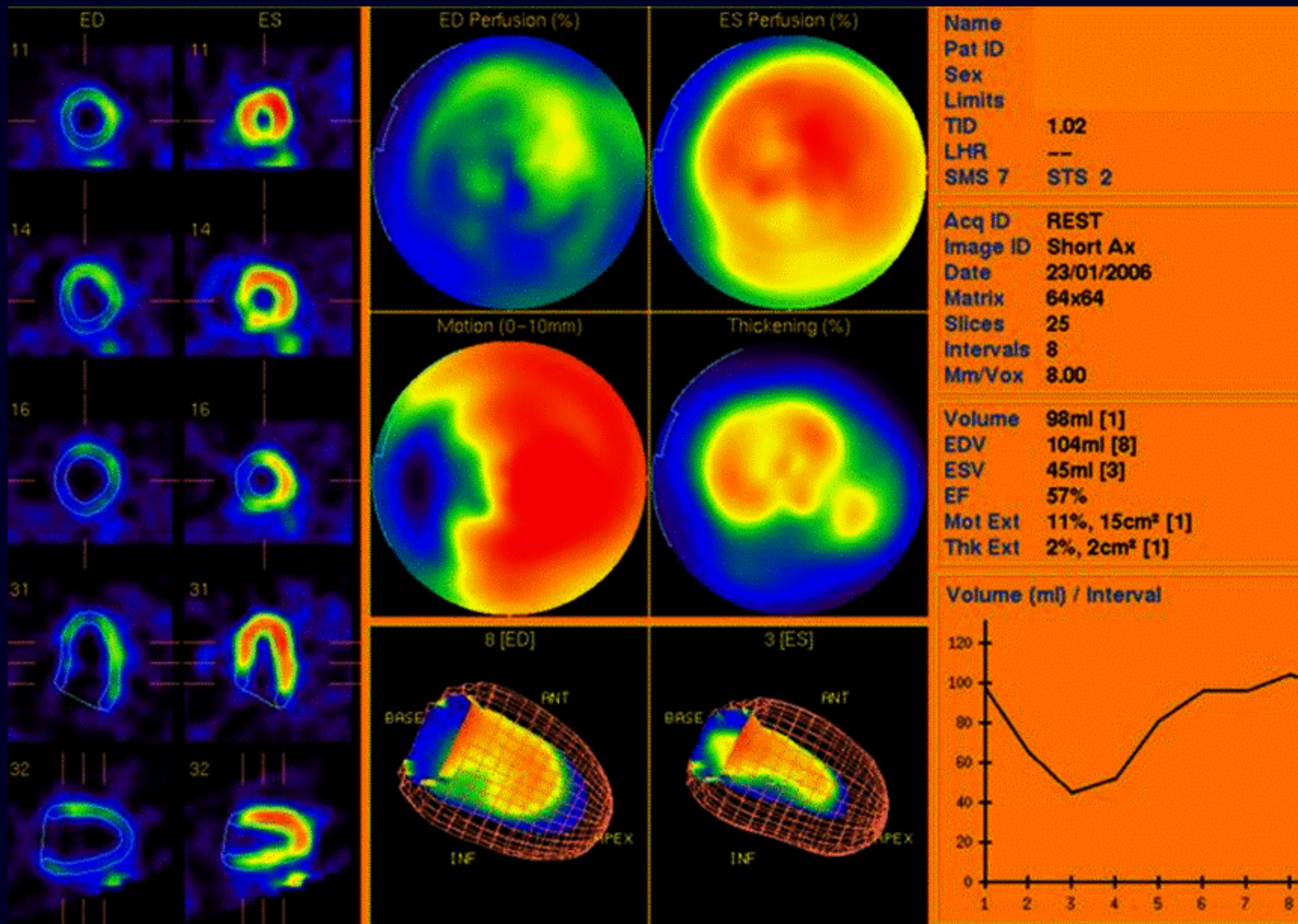


SCINTIGRAFIA (SPECT) MIOCARDICA

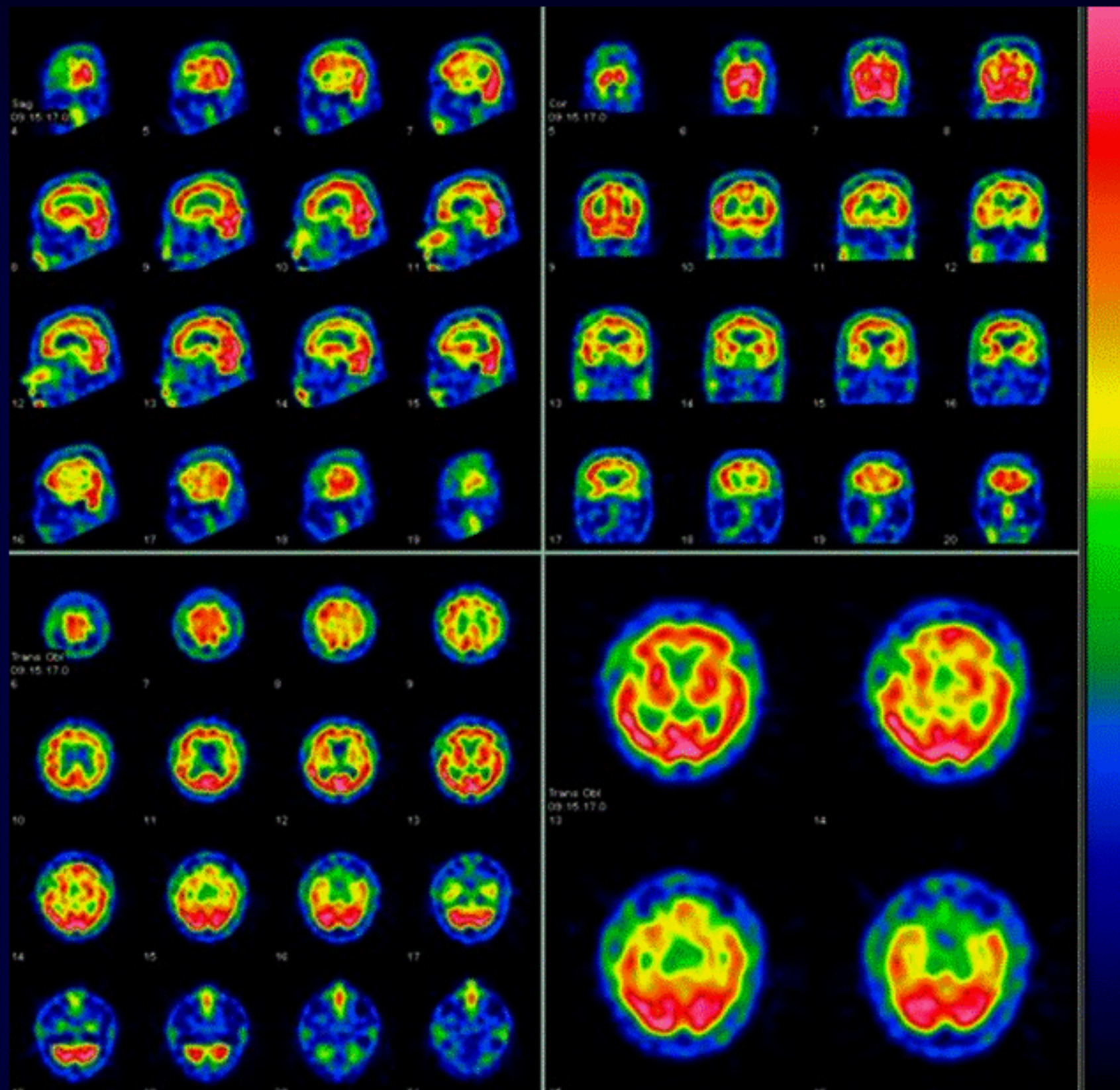
Visualizza la parete muscolare del ventricolo sinistro.

Le tante sezioni del ventricolo (bi-dimensionali) consentono una rappresentazione in tre dimensioni.

In più, le immagini sono registrate con sincronismo elettrocardiografico. Questo permette di analizzarle durante il ciclo diastole-sistole, cioè nella "quarta" dimensione: il tempo

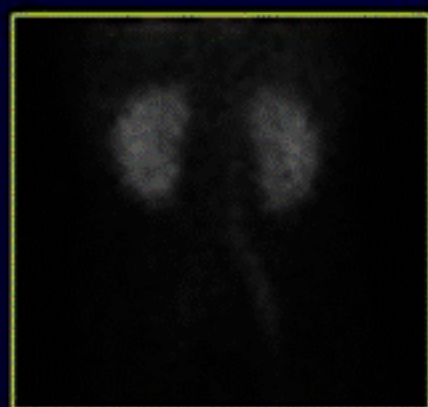


SCINTIGRAFIA (SPECT) MIOCARDICA: ELABORAZIONE COMPUTERIZZATA

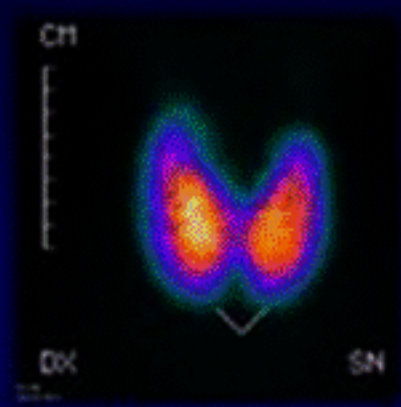


SCINTIGRAFIA (SPECT) CEREBRALE: RICOSTRUZIONE DI SEZIONI SU TRE PIANI

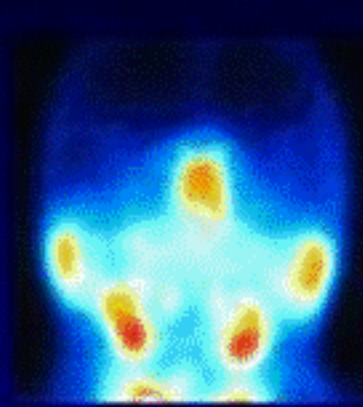
OGNI ORGANO... UNA SCINTIGRAFIA DIVERSA



RENALE



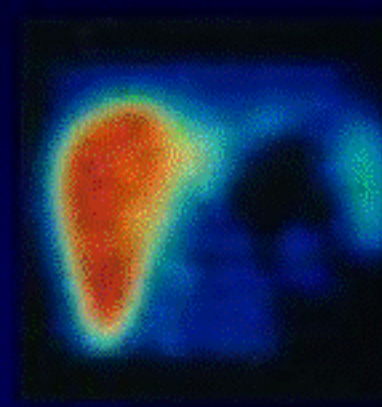
TIROIDEA



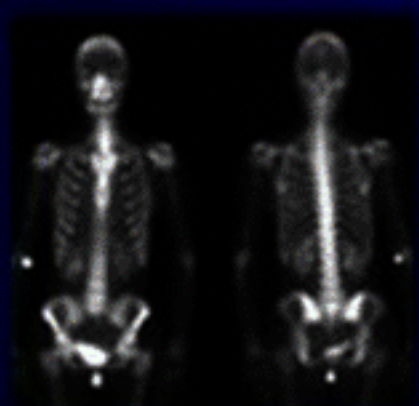
SALIVARE



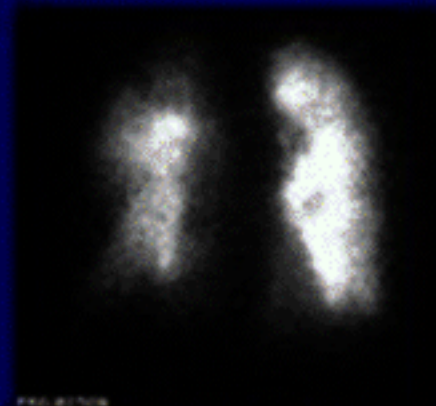
VESCICALE



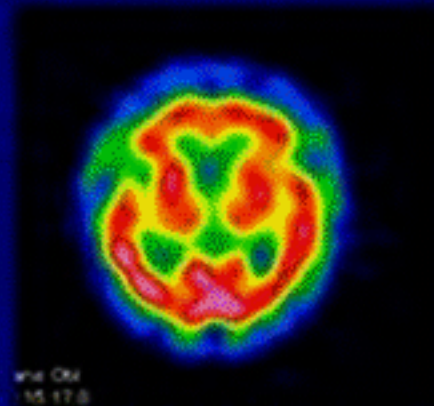
EPATICA



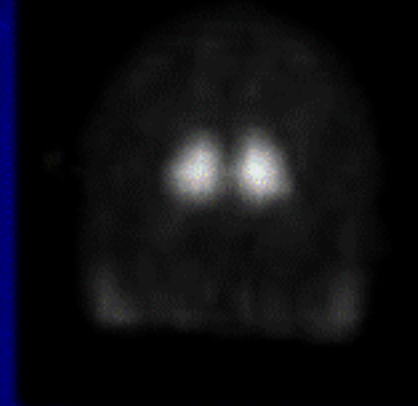
OSSEA



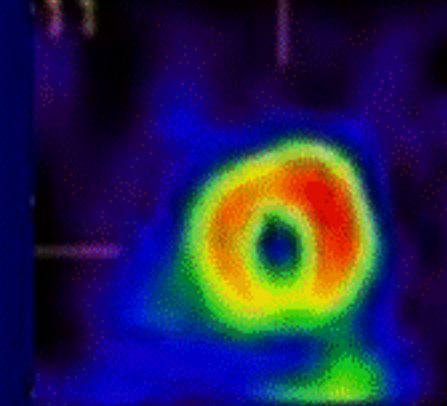
POLMONARE



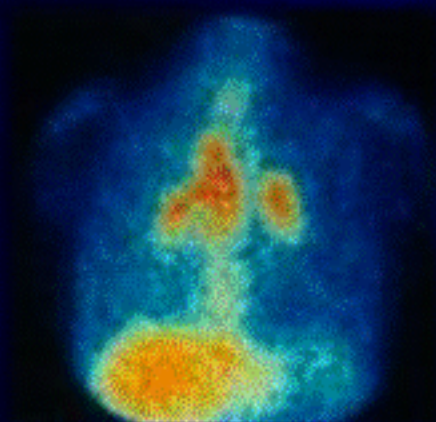
CEREBRALE



RECETTORI



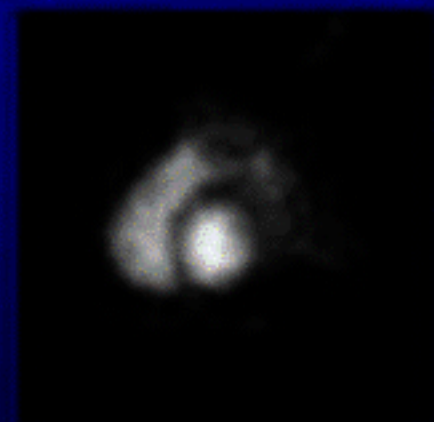
MIOCARDIO



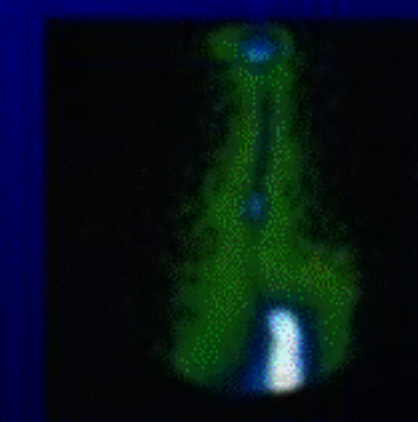
LINFONODI



LINF.SENTINELLA



VENTICOLO SN



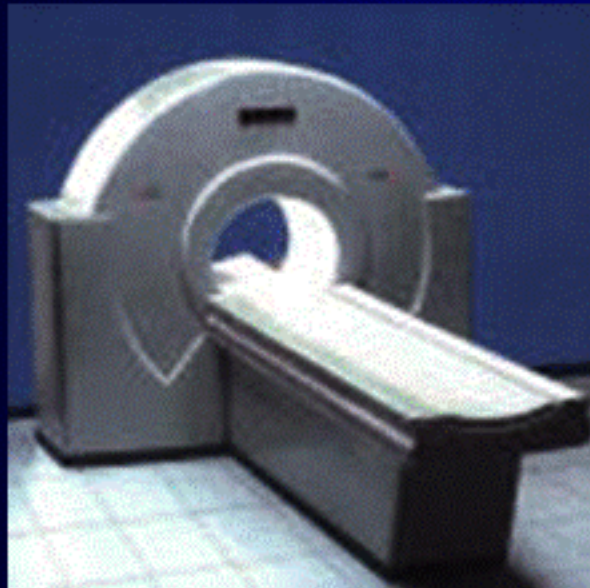
ESOFAGO



TESTICOLI

PET

Positron Emission Tomography: Utilizza un radiofarmaco emittente positroni che hanno una energia maggiore dei fotoni, permettendo di eliminare il collimatore, aumentando notevolmente la sensibilità e la risoluzione rispetto la SPECT.



Al paziente si somministra un radiofarmaco marcato con una sostanza radioattiva che emette positroni (= particelle con massa uguale agli elettroni ma carica positiva)

La tecnica diagnostica si basa sulla rivelazione, in coincidenza, di due fotoni di (511keV) prodotti dall'annichilazione di positrone con un elettrone del corpo.

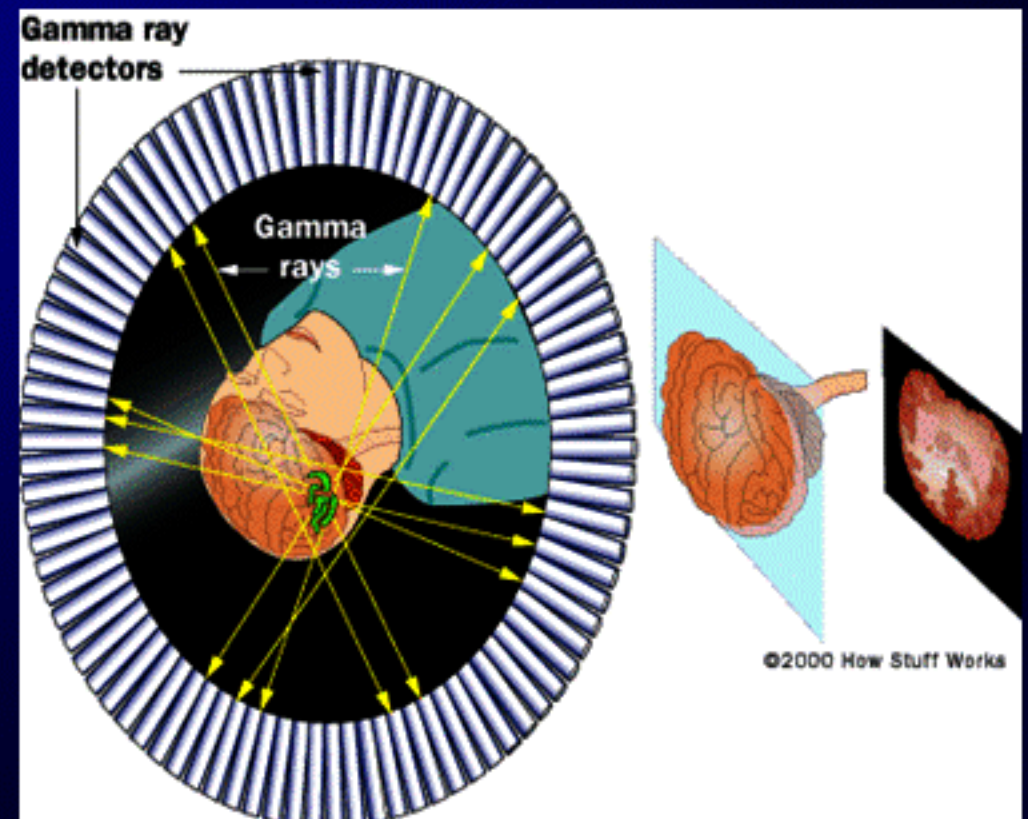
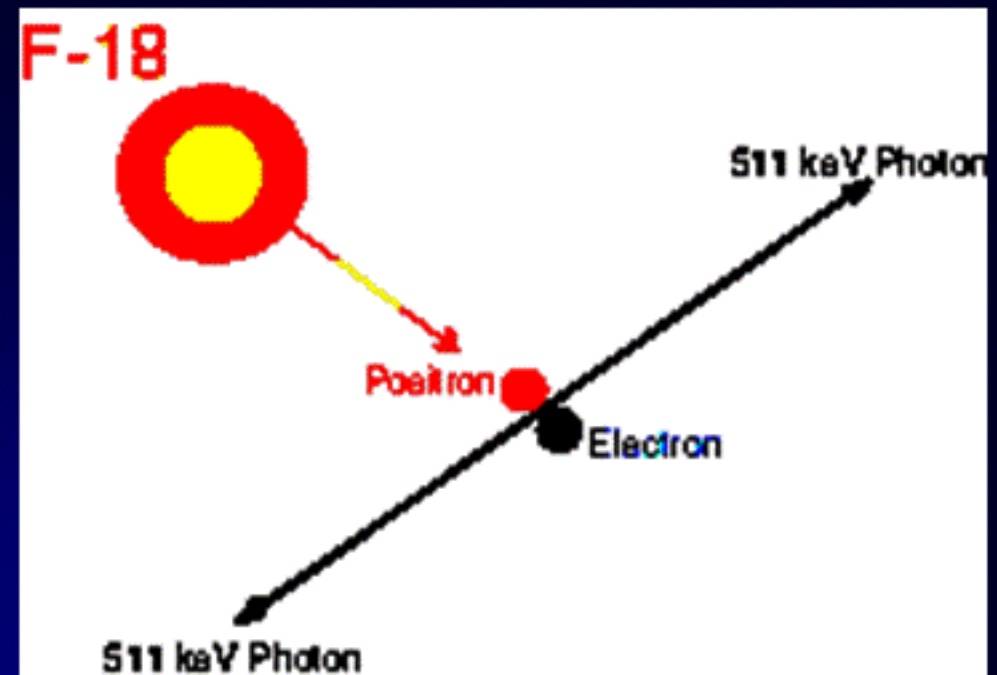
Gli isotopi PET sono emettitori di positroni (e^+)

Il positrone interagisce con un elettrone presente nel corpo del paziente ed emette, in direzioni opposte, DUE fotoni gamma (γ) "in coincidenza" di energia pari a 511 KeV



I fotoni vengono rivelati da cristalli scintillatori accoppiati a PMT

Ma solo le coppie di fotoni che arrivano simultaneamente in direzioni opposte vengono utilizzati per formare l'immagine.



La tomografia ad emissione di positroni (PET) può utilizzare le **stesse molecole** che normalmente entrano nel metabolismo dei tessuti, come ad esempio **glucosio**, acqua, ione ammonio, acidi grassi, ecc.

CAMPI DI APPLICAZIONE della PET

1- **oncologia (80-90%)**

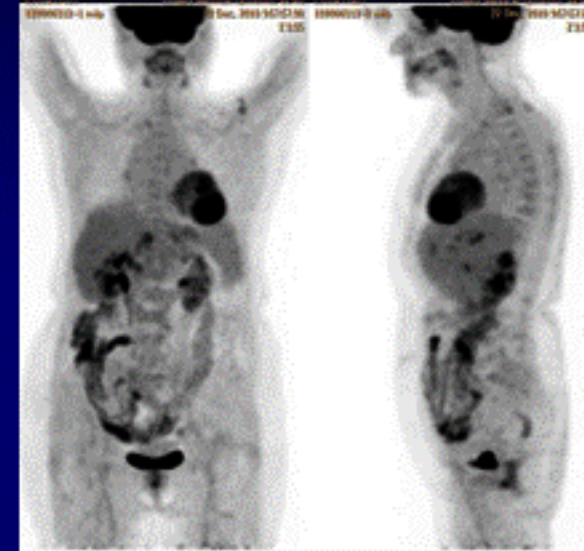
2- **neurologia**

perfusione, recettori

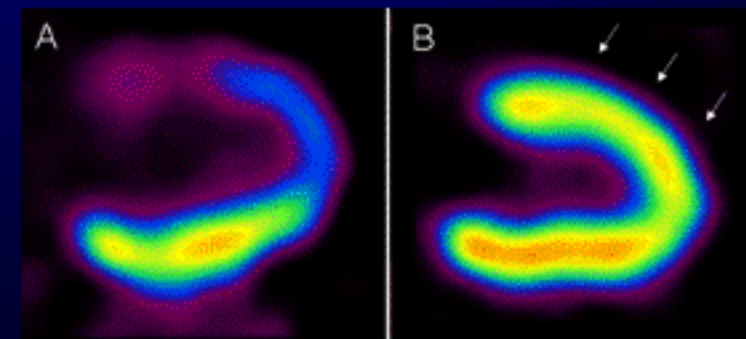
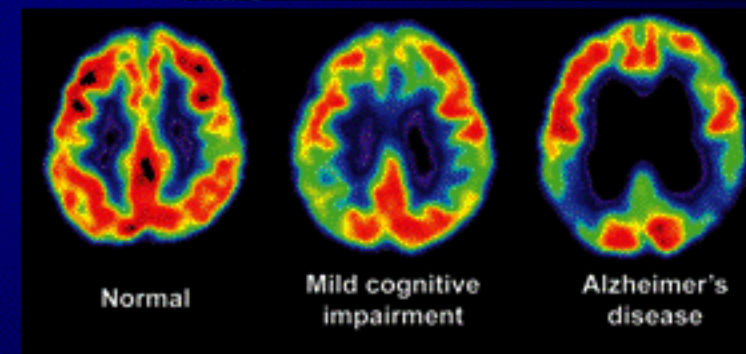
3- **cardiologia**

perfusione e vitalità

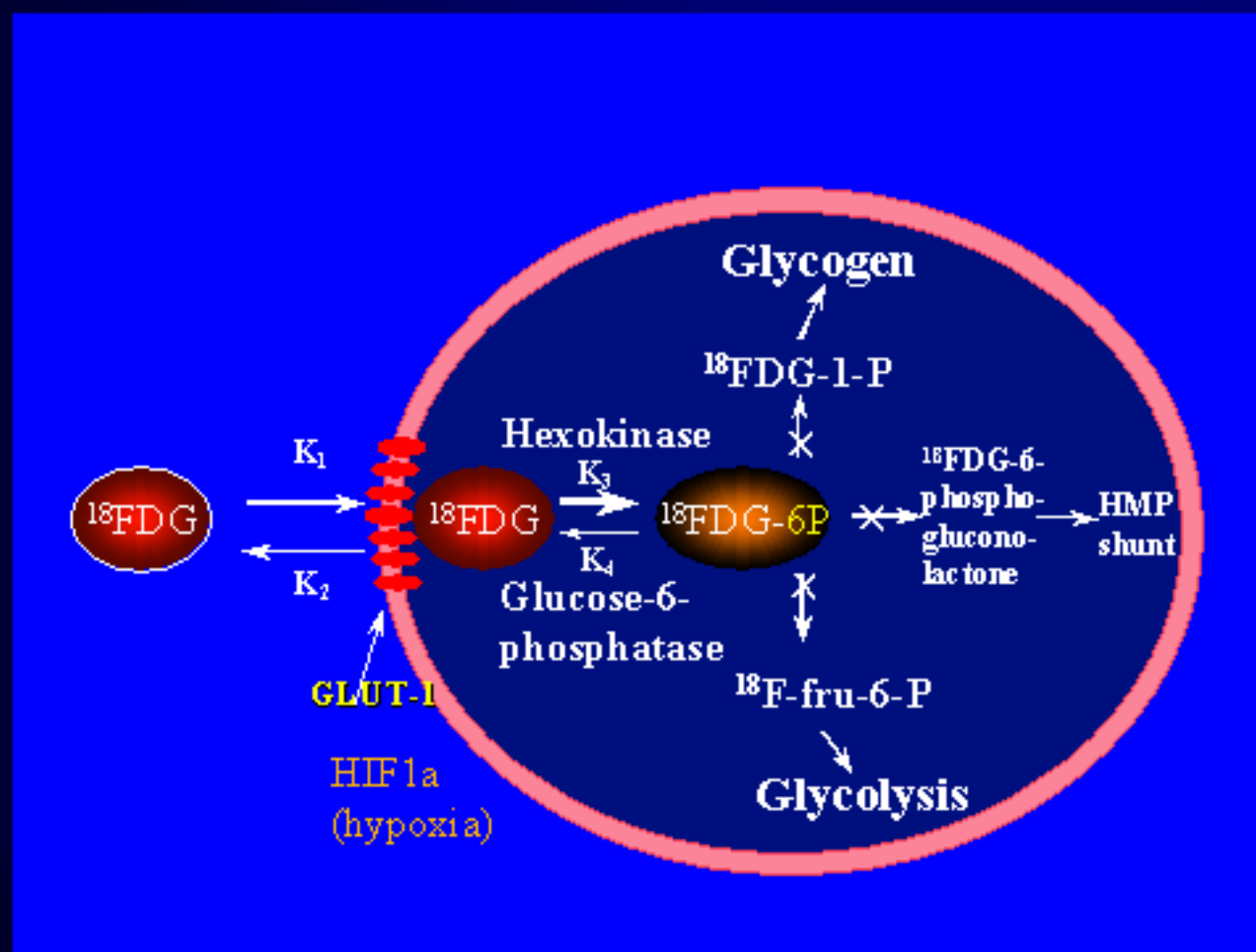
4- **flogosi - infezioni**



PHILIPS



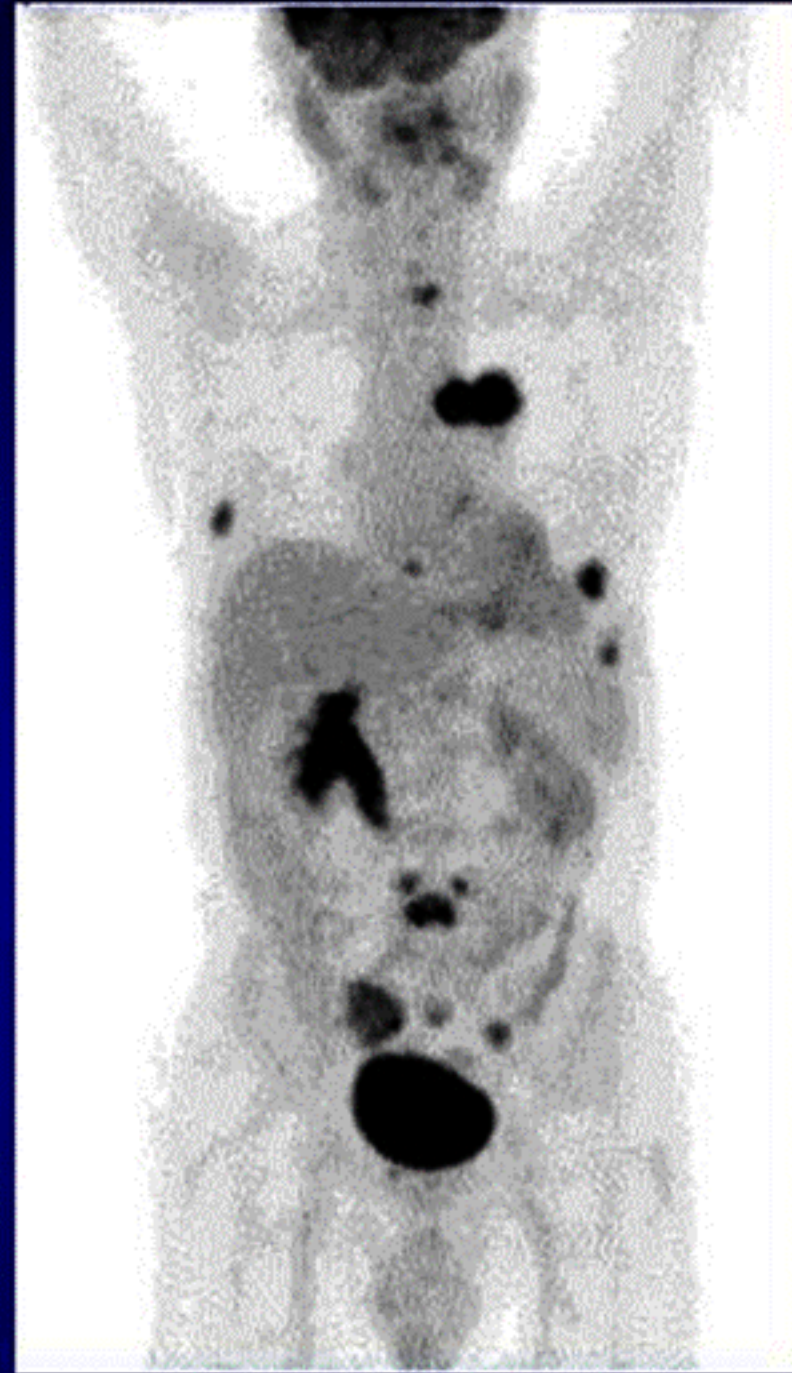
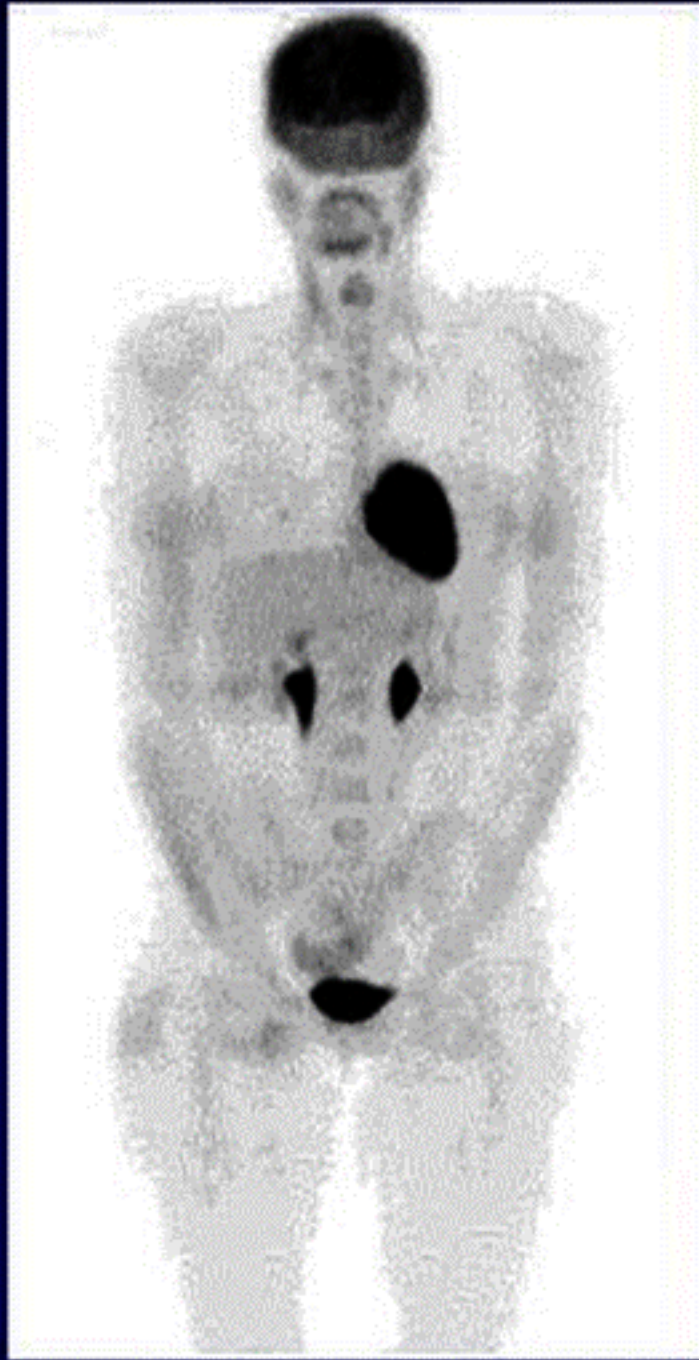
PET con $(^{18}\text{F})\text{-FDG}$ (fluoro-desossi-glucosio) *mappatura della glicolisi:*



-tessuto vitale =
glicolisi conservata

-tessuto neoplastico =
glicolisi aumentata

-Tessuto necrotico=
glicolisi nulla



PET con FDG (analogo del glucosio)

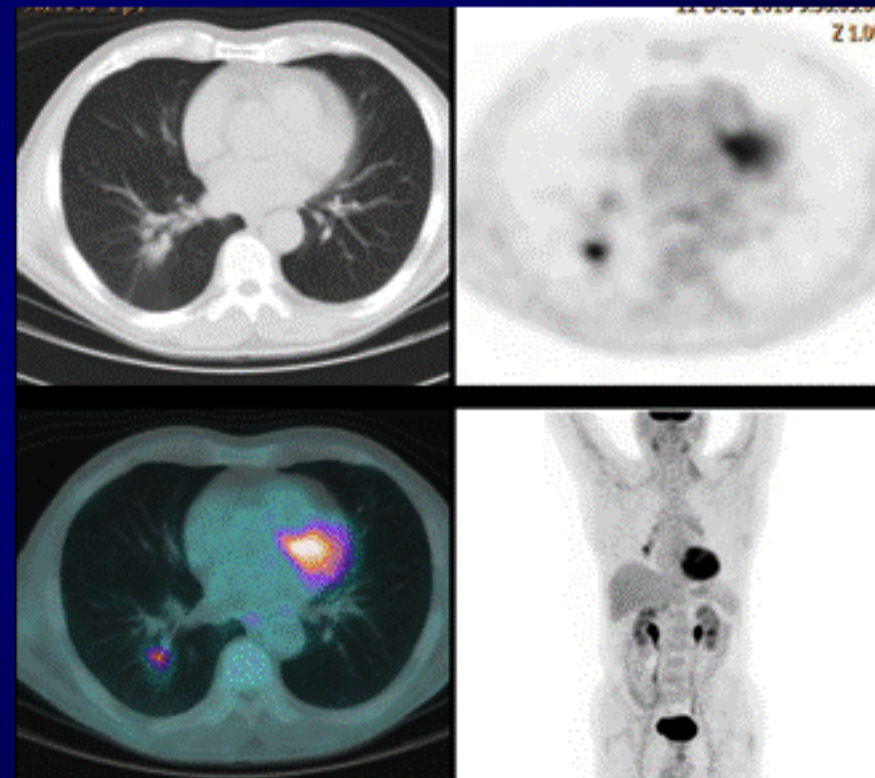
normale

metastasi

PET: co-registrazione PET – TAC (CTPET)

- Evoluzione della “fusione di immagini”
- due “modalità” nella stessa macchina
- perfetto allineamento

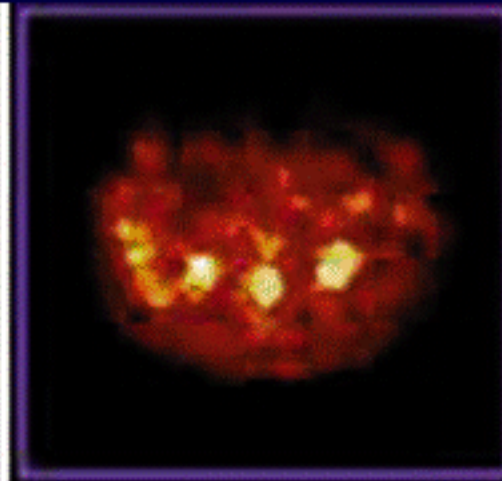
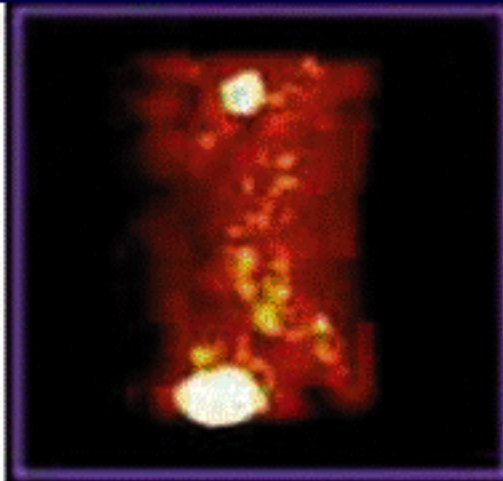
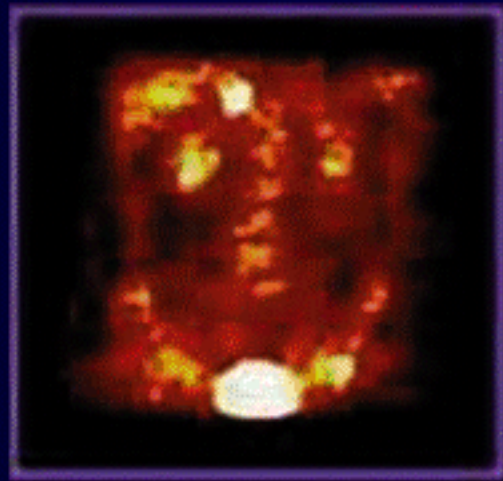
- doppia informazione:
 - **anatomica dalla TAC**
 - **funzionale dalla PET**



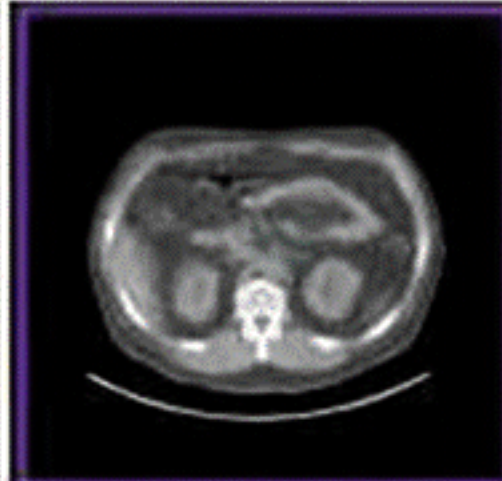
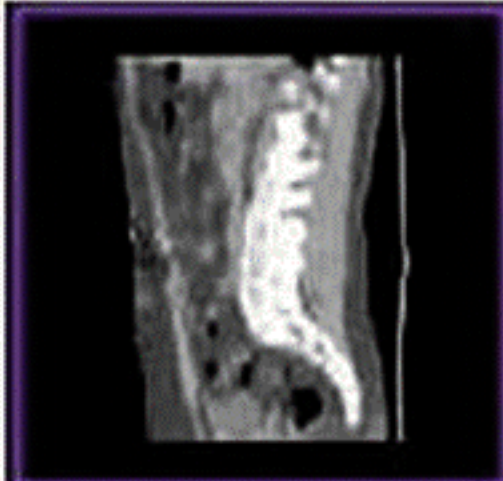
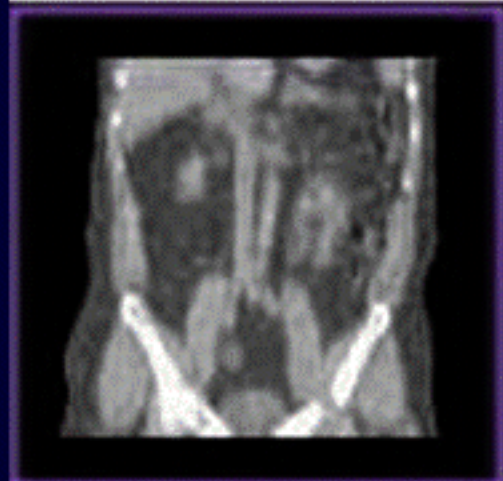
quindi possibilità di:

- **caratterizzare funzionalmente una lesione TAC**
- **identificare anatomicamente una captazione PET**

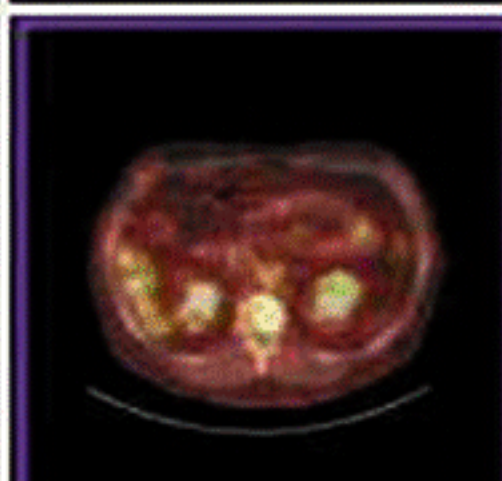
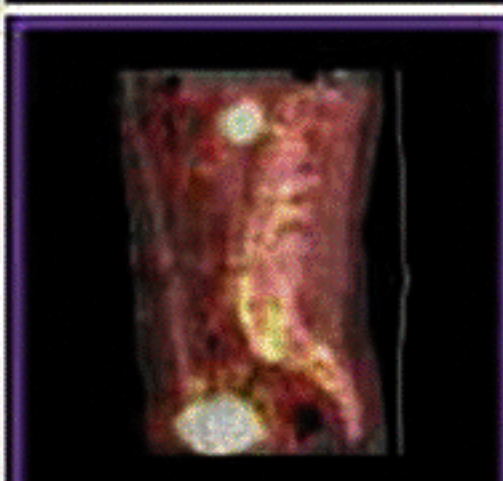
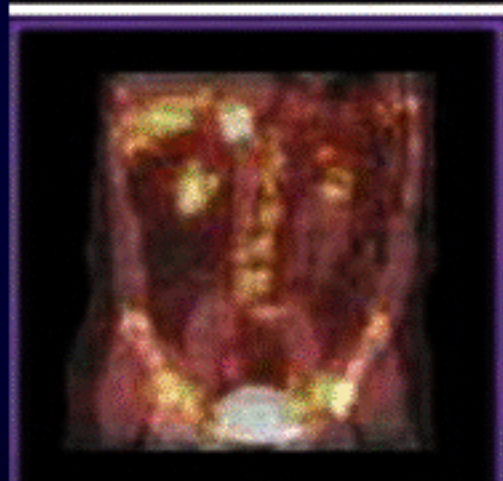
Diagnostica integrata (CT-PET)



PET



**CT
Attenuation**



**Inherent
Registration**