

Il ruolo del Fisico Medico in Medicina Nucleare

**8 marzo 2019
Istituto Europeo di Oncologia – Milano**

francesca.botta@ieo.it

La **Medicina Nucleare** è una Specialità Medica che
si occupa di

DIAGNOSI e **TERAPIA**

attraverso l'uso di radionuclidi artificiali
in forma non sigillata
(liquidi, solidi, aeriformi)

In una opportuna forma chimica o coniugati a molecole o cellule che fungono da vettori, i radionuclidi vengono introdotti nell'organismo sotto forma di soluzioni, sospensioni, aerosol o altro e possono comportarsi come traccianti funzionali, permettendo studi diagnostici "in vivo", o concentrarsi in tessuti patologici, permettendone il riconoscimento o l'irradiazione terapeutica.

La **Medicina Nucleare** è una Specialità Medica che
si occupa di

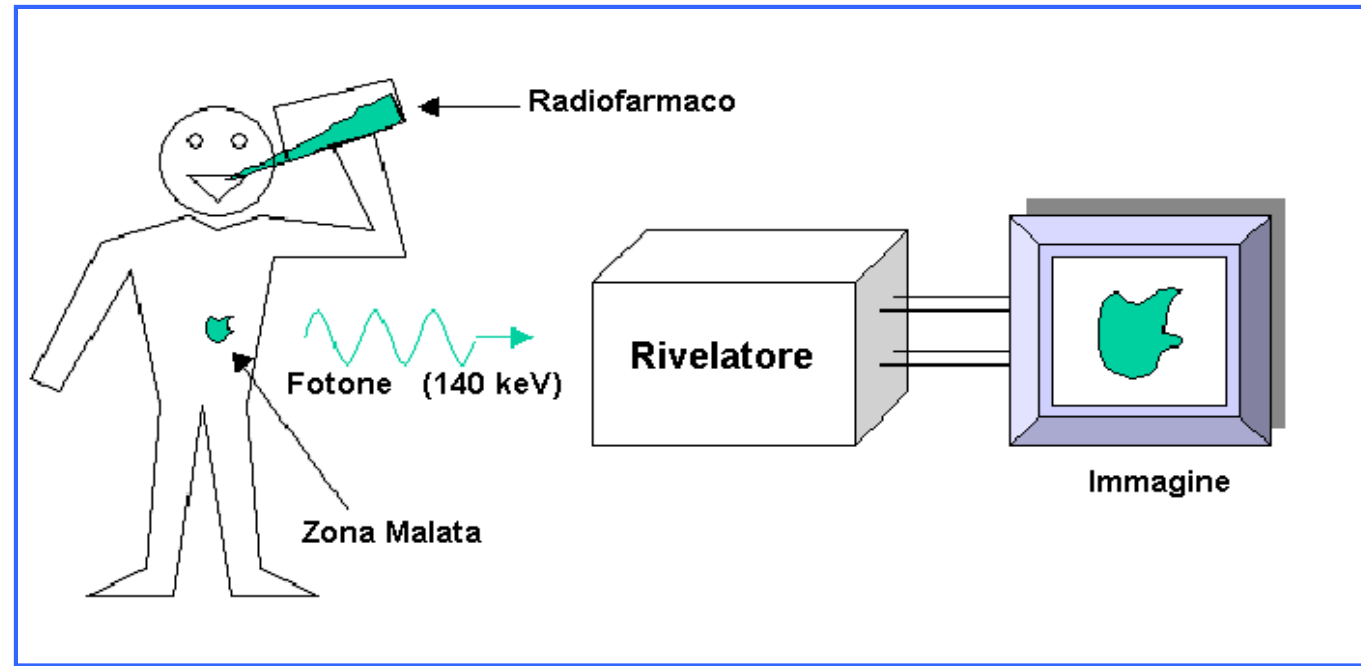
DIAGNOSI e **TERAPIA**

isotopi γ -emettitori

β^+ -emettitori

isotopi α/β^- -emettitori

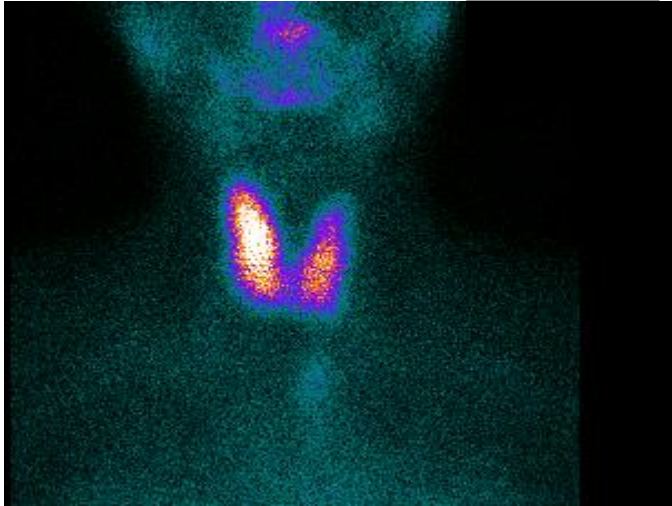
DIAGNOSTICA – emettitori gamma



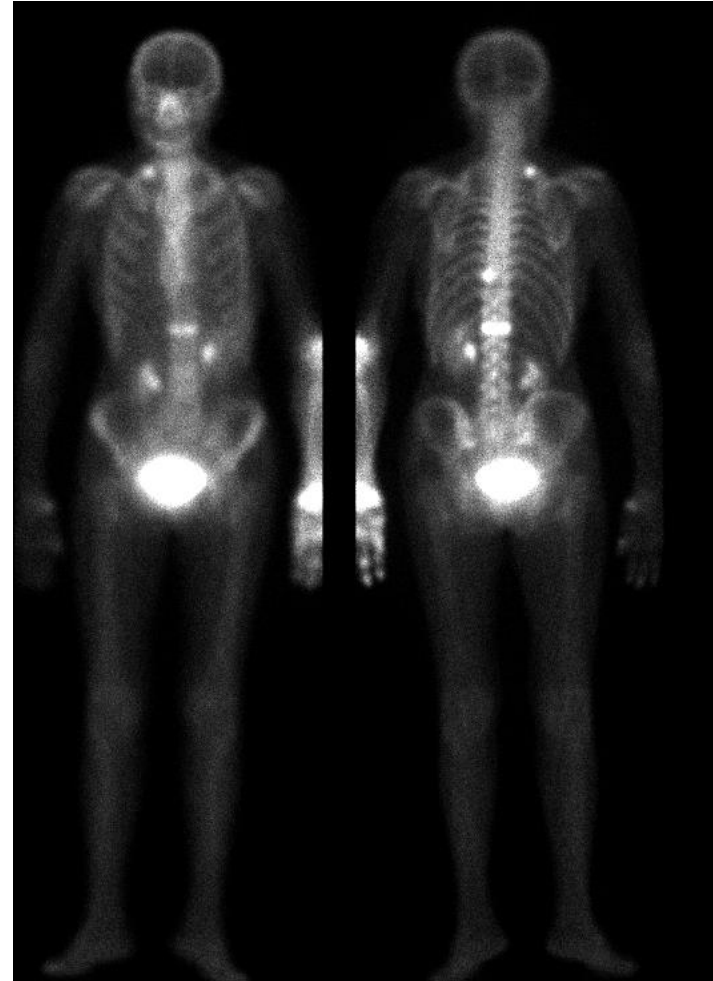
Al paziente è somministrato un radiofarmaco che tende a concentrarsi nella zona malata. L'emissione gamma proveniente dal tracciante radioattivo presente nel radiofarmaco viene raccolta su un rivelatore

Informazioni funzionali del tessuto in esame

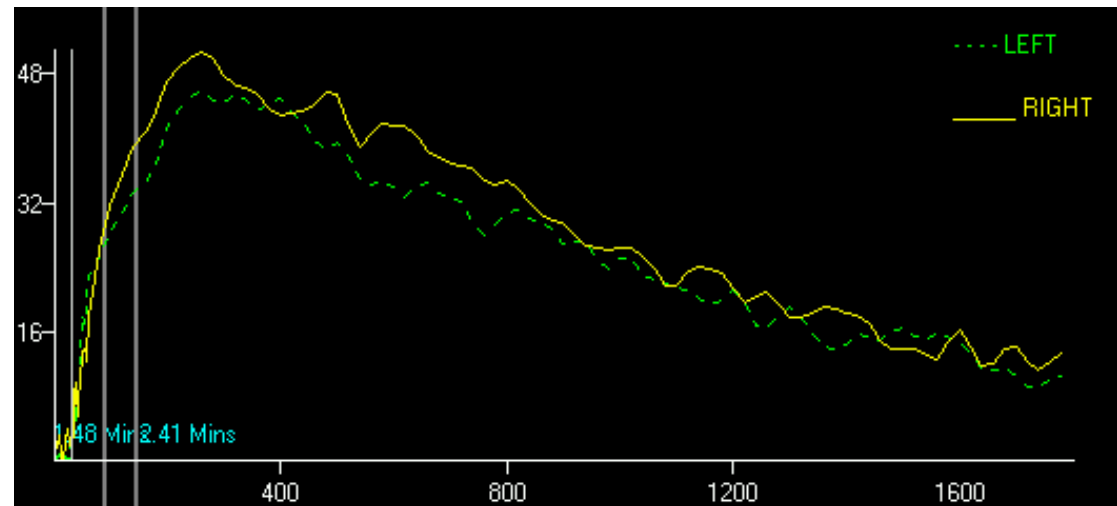
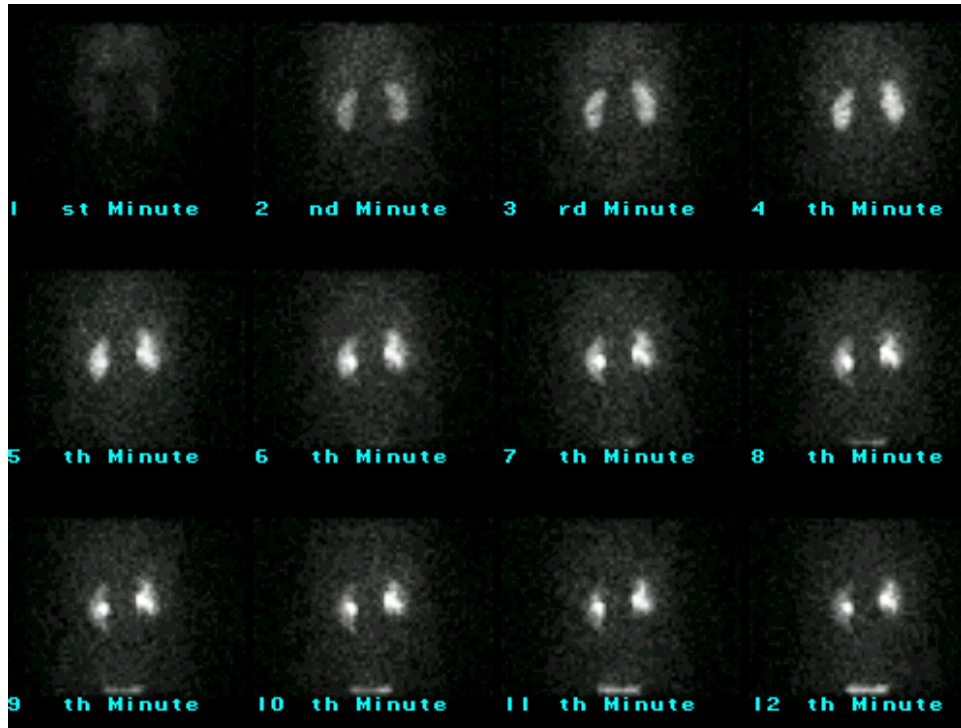
IMMAGINI STATICHE



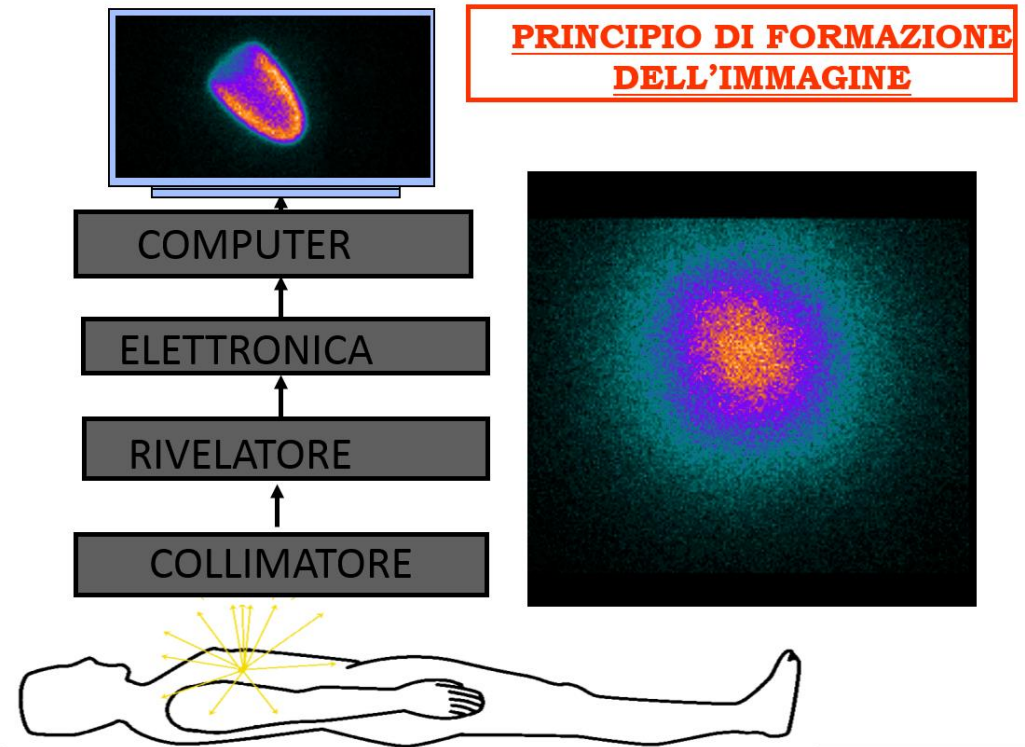
IMMAGINI A CORPO INTERO



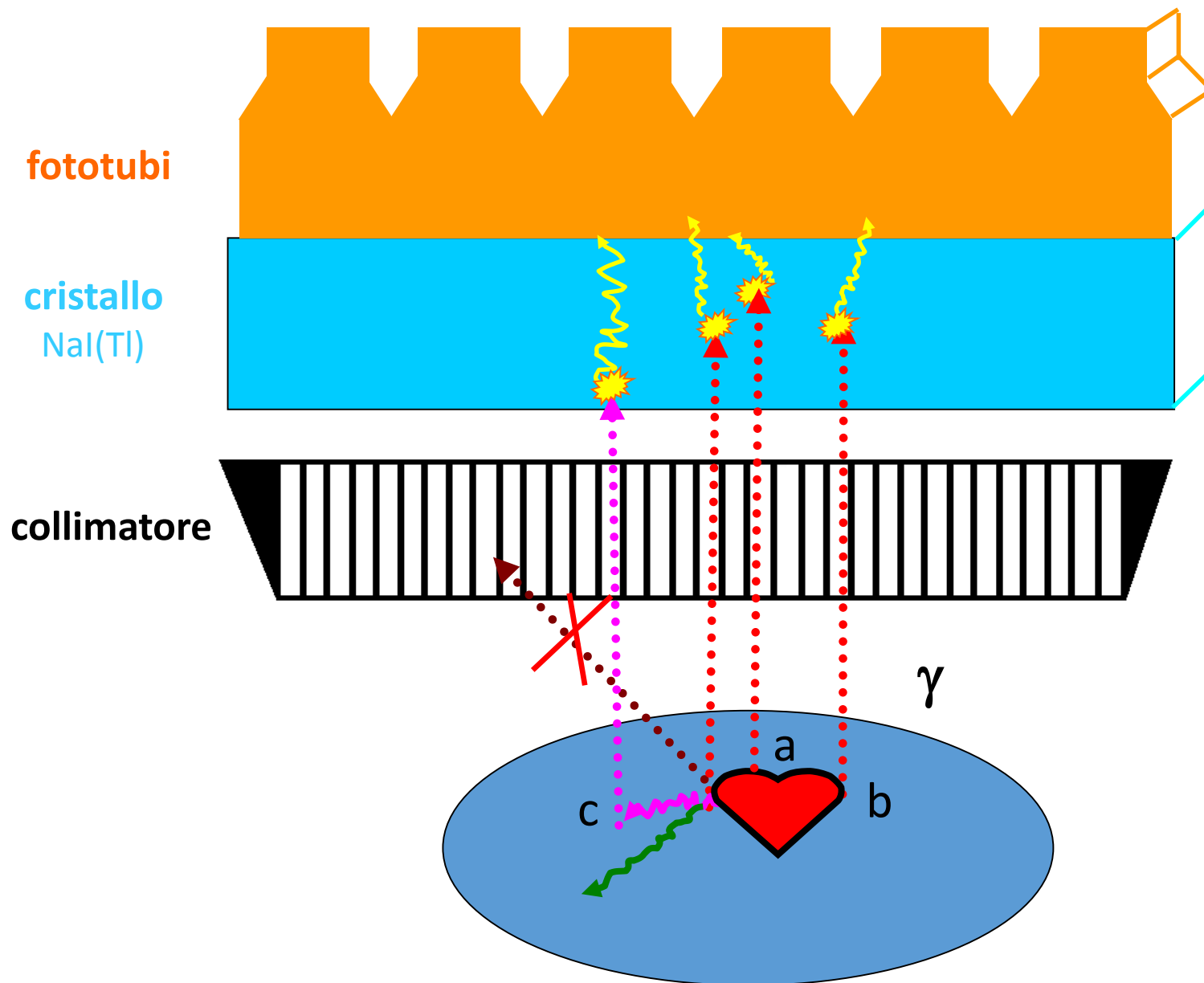
IMMAGINI DINAMICHE



si basa sulla proprietà di alcuni rivelatori di radiazioni di convertire l'energia dissipata dai fotoni X e γ nelle loro interazioni, in impulsi elettronici di ampiezza proporzionale

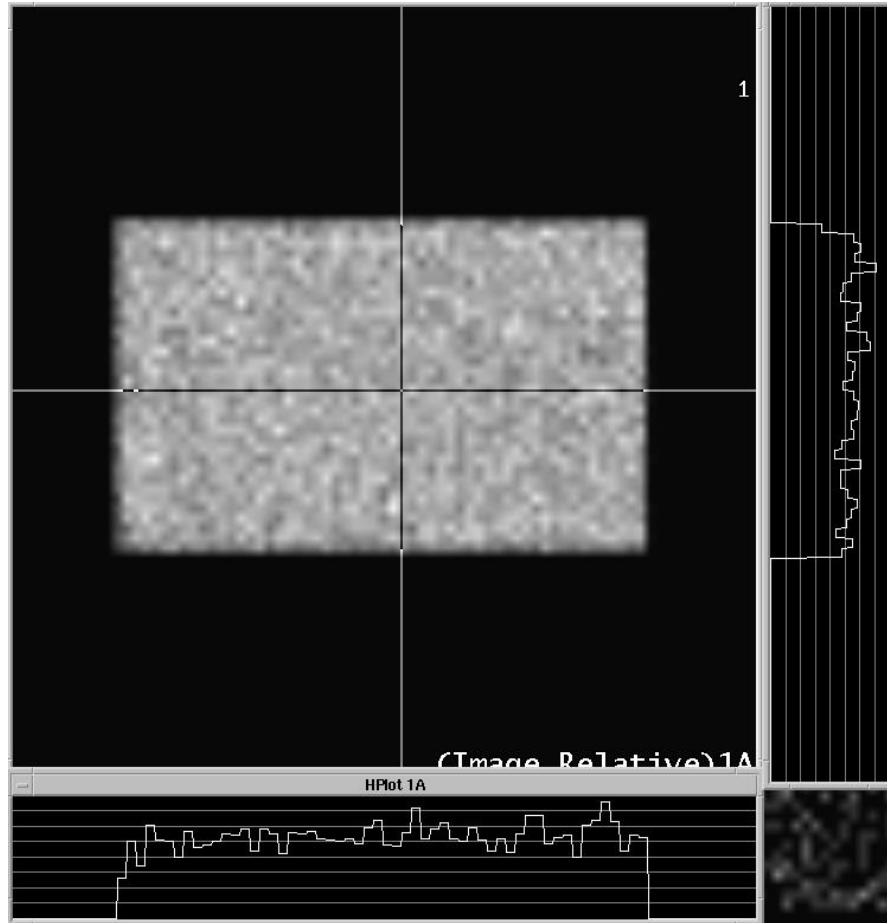


COLLIMATORE E RIVELATORE

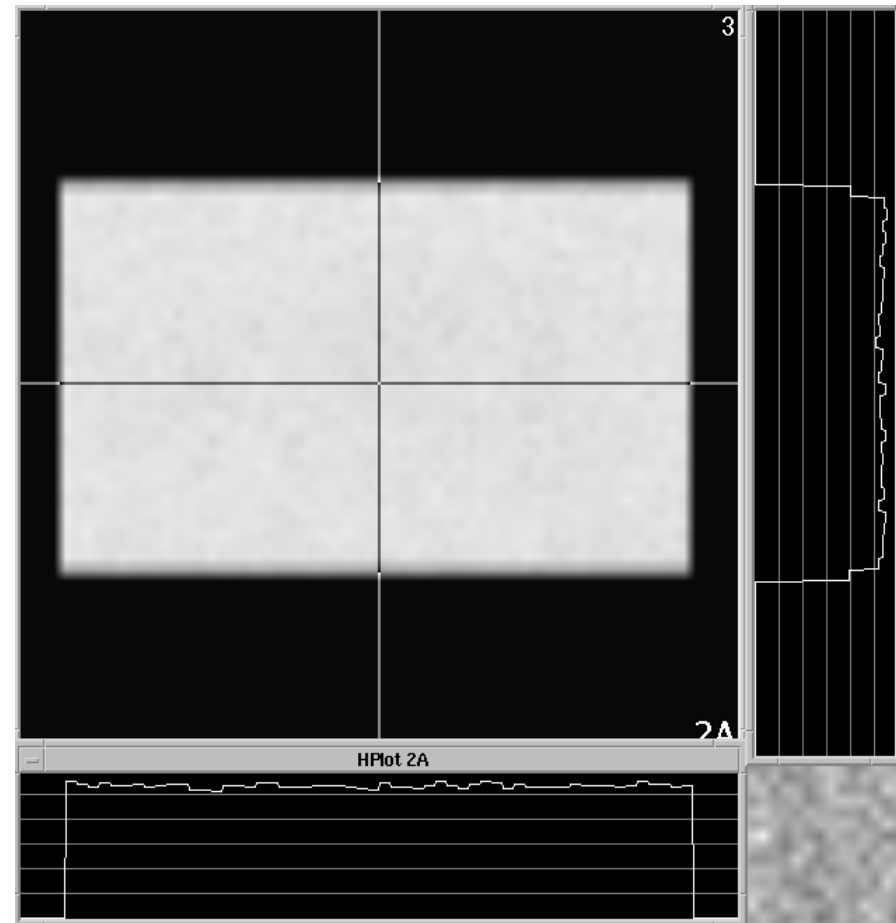


Mappe uniformità: necessaria alta statistica

100.000 conteggi

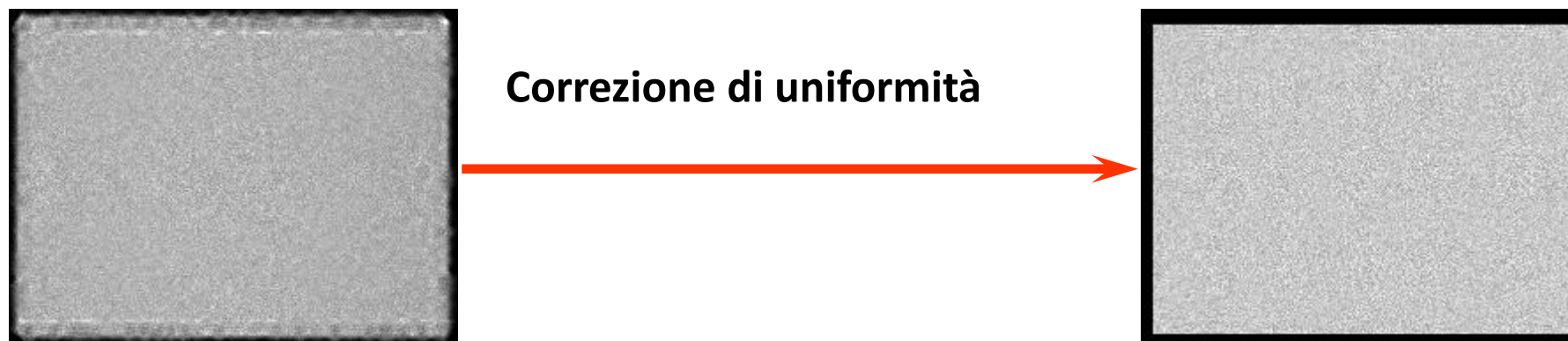


10.000.000 conteggi



Correzione di uniformità

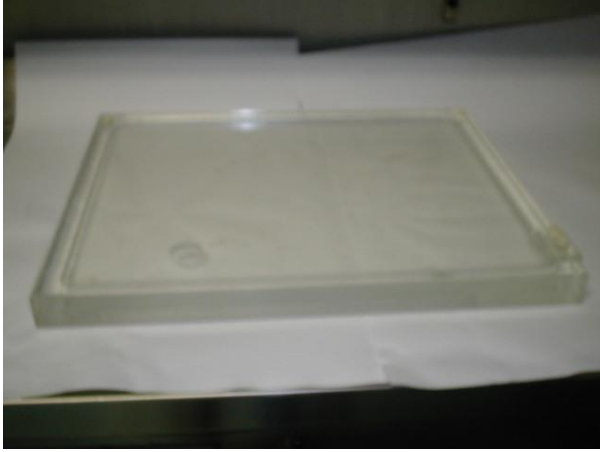
- La mappa di correzione di uniformità armonizza le ultime irregolarità residue del rivelatore.



La mappa di correzione uniformità NON deve essere acquisita per correggere difetti macroscopici

La mappa di correzione tampona i difetti, ma non li risolve. Va usata solo per raffinare l'uniformità di macchine a posto.

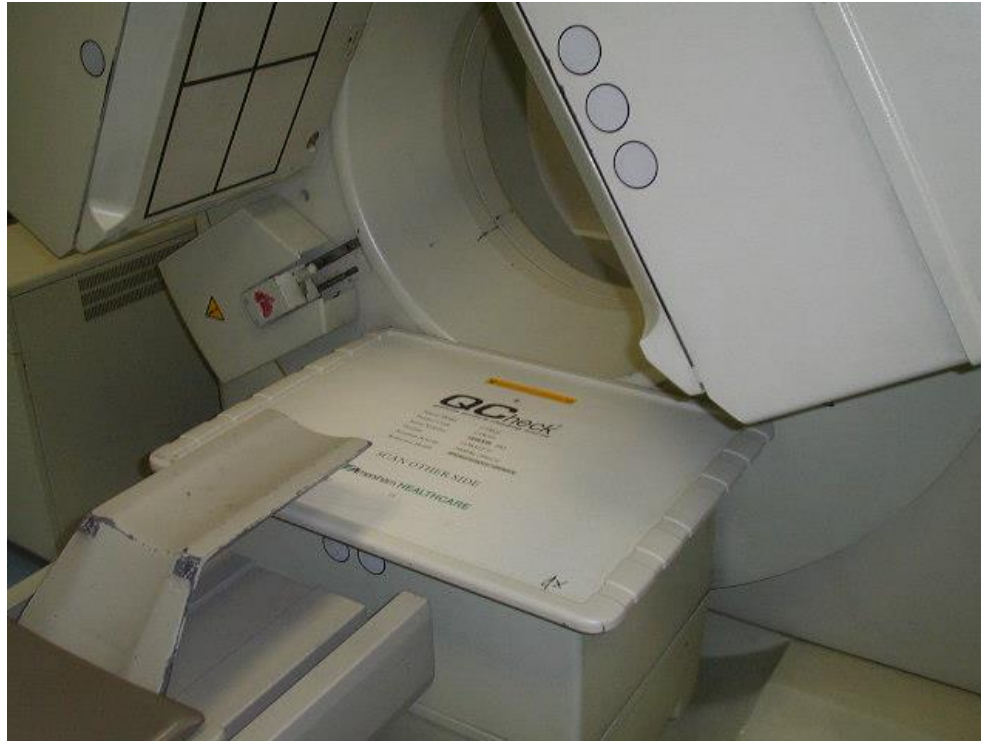
FANTOCCI PER UNIFORMITA' PLANARE



a riempimento

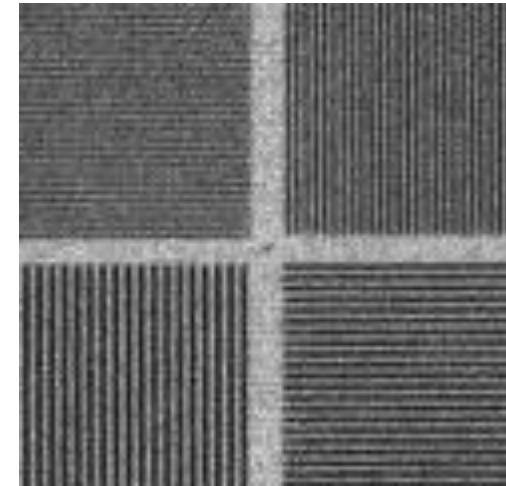
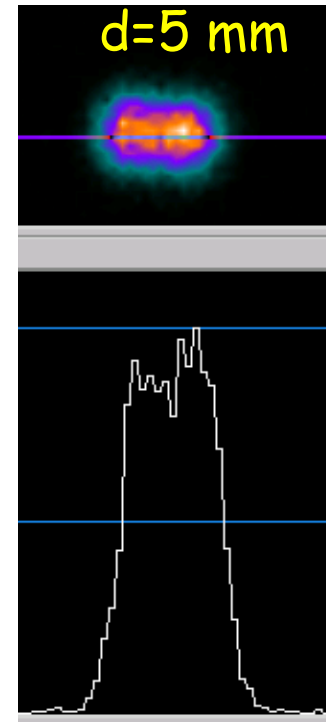
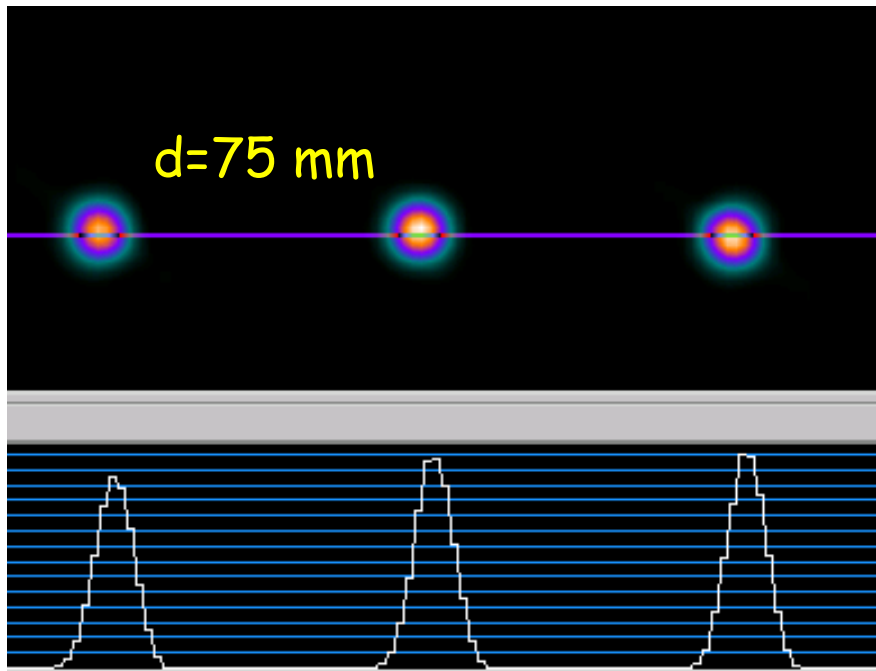


di Co57



RISOLUZIONE SPAZIALE

- E' la capacita' del sistema di rappresentare come distinte 2 sorgenti diverse

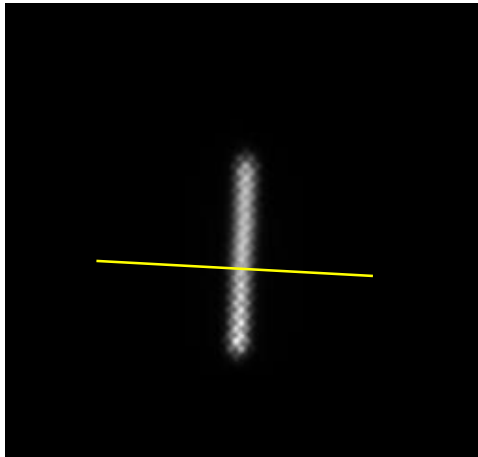


Risoluzione spaziale

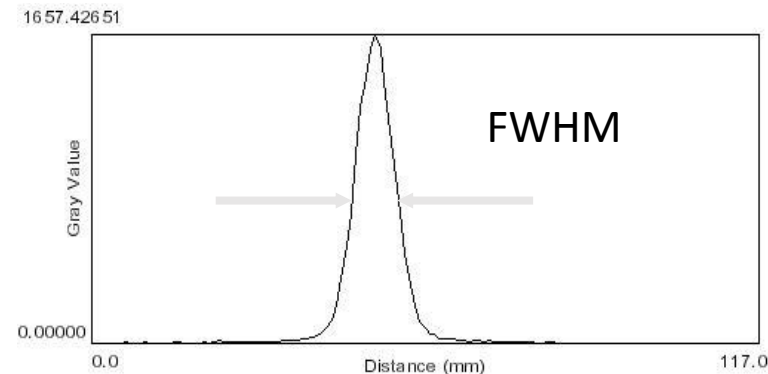
Dipende dal collimatore, dall'isotopo e dalla distanza dal collimatore

COME MISURARE LA RISOLUZIONE

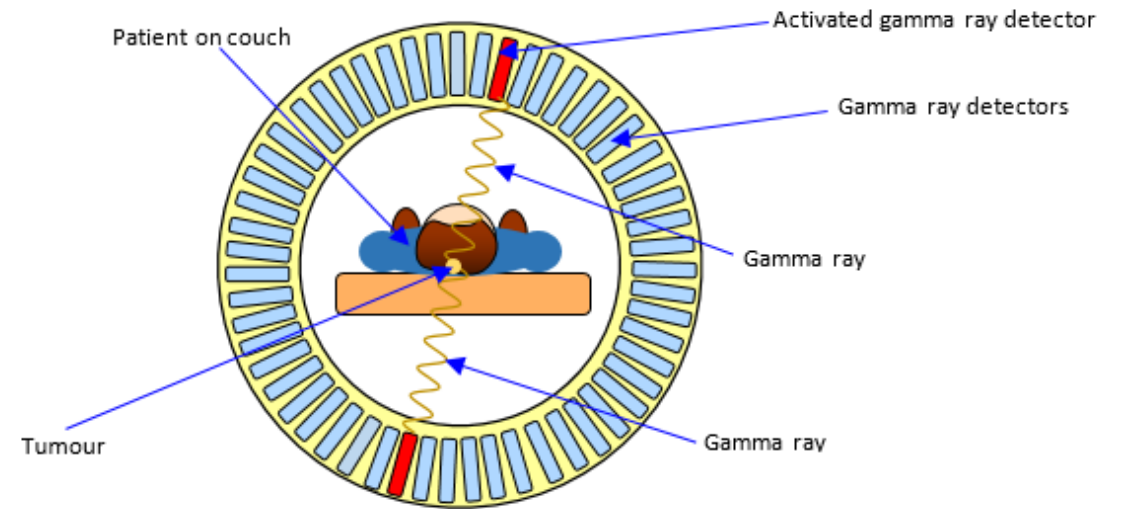
- Si riempie un tubicino capillare con l'isotopo desiderato
- Si acquisisce un'immagine ponendo il tubicino a 5, 10 15, cm dal collimatore
- Si crea un profilo di conteggi perpendicolare all'immagine del tubicino
- La risoluzione è la larghezza a metà altezza (FWHM) della gaussiana data dal profilo di conteggi
- Si misura in millimetri



profilo



DIAGNOSTICA – emettitori di positroni: PET



Positron emission tomography (PET) scanner

Cristalli Scintillatori PET

	NaI(Tl)	BGO	LSO	GSO
Densità (g/cm ³)	3.7	7.1	7.4	6.71
μ (cm ⁻¹)	0.34	0.92	0.81	0.62
Efficienza di scintillazione %	100	20	75	35
Costante di decadimento	230	300	40	60

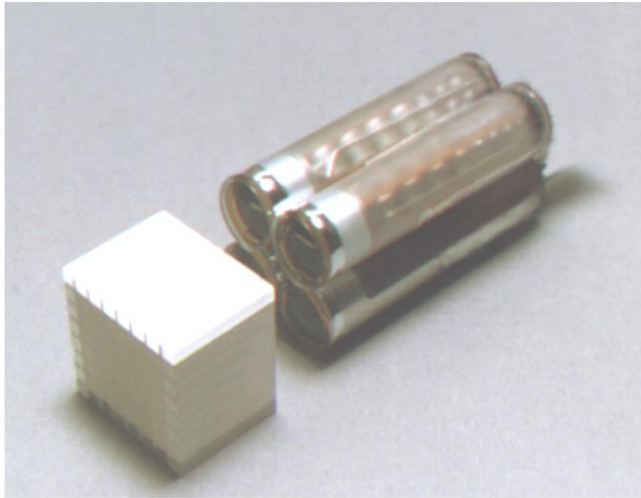
↑↑ densità ⇨ ↑↑ efficienza di rivelazione (frenamento)

↑↑ eff. di scintillazione ⇨ ↑↑ risoluzione energetica-temporale

↓↓ costante di decadimento ⇨ ↓↓ tempo morto

Accoppiamento rivelatori - PMT

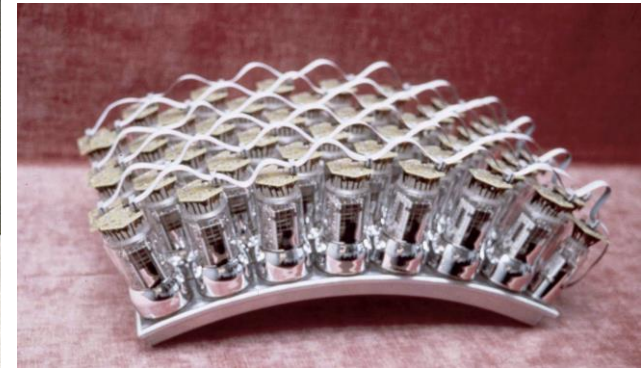
La risoluzione energetica del sistema dipende dalla risoluzione intrinseca dello scintillatore, dal output luminoso, dall'efficienza e dall'**UNIFORMITA'** del **sistema rivelatore**



Blocco da 36/64 elementi
BGO/LSO
4 PMT per blocco

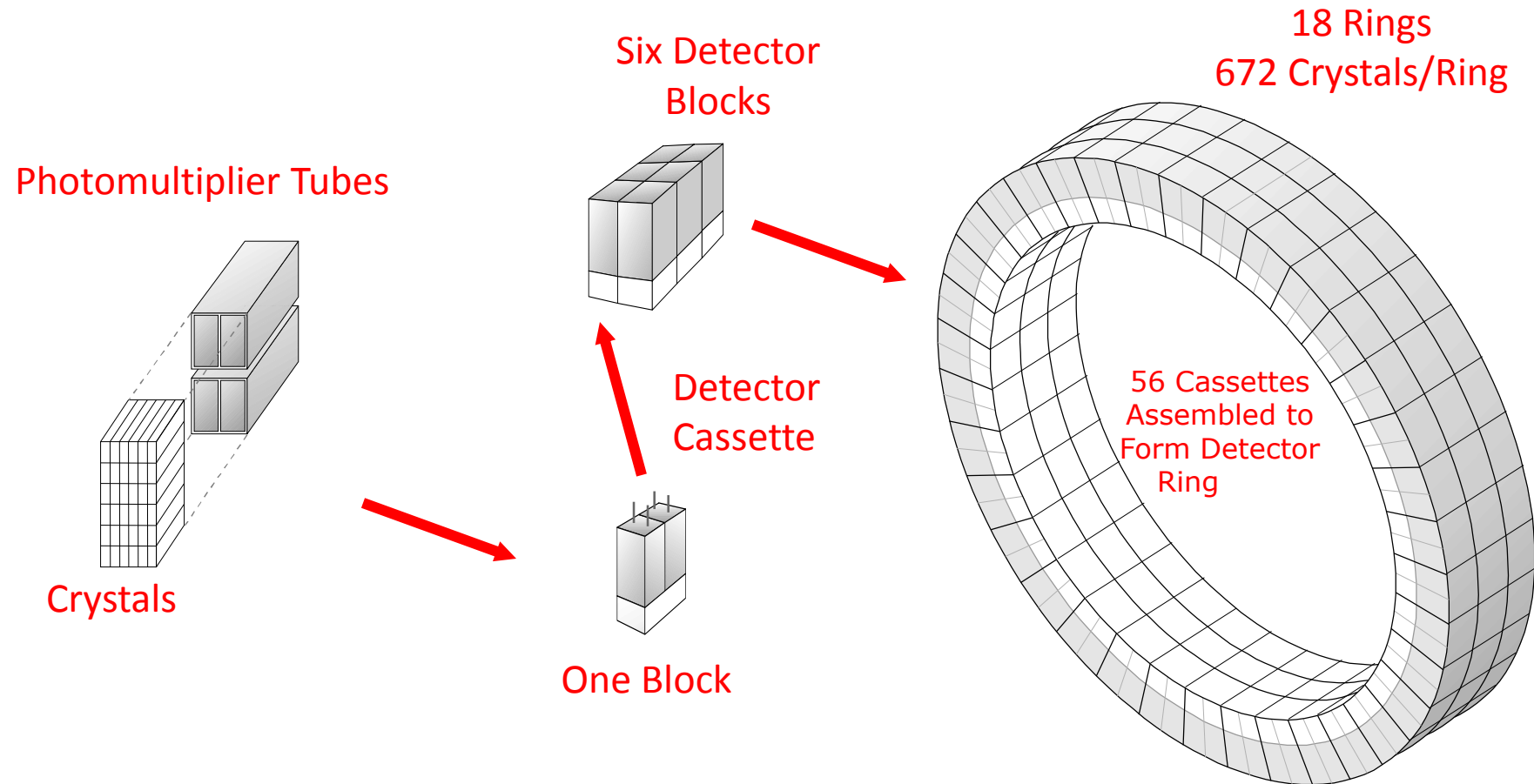


Array multiple di cristalli GSO
accoppiati con una griglia di
PMT *PIXELAR detector*

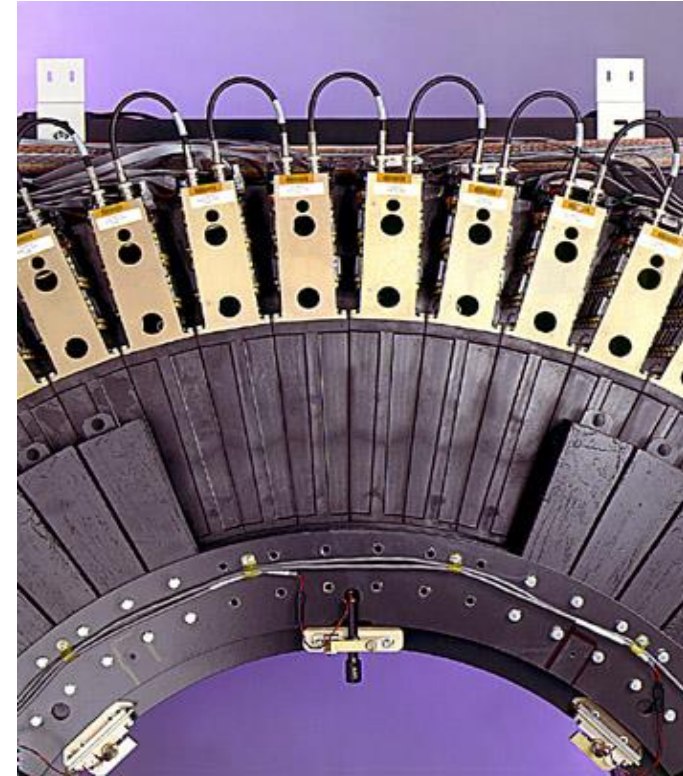
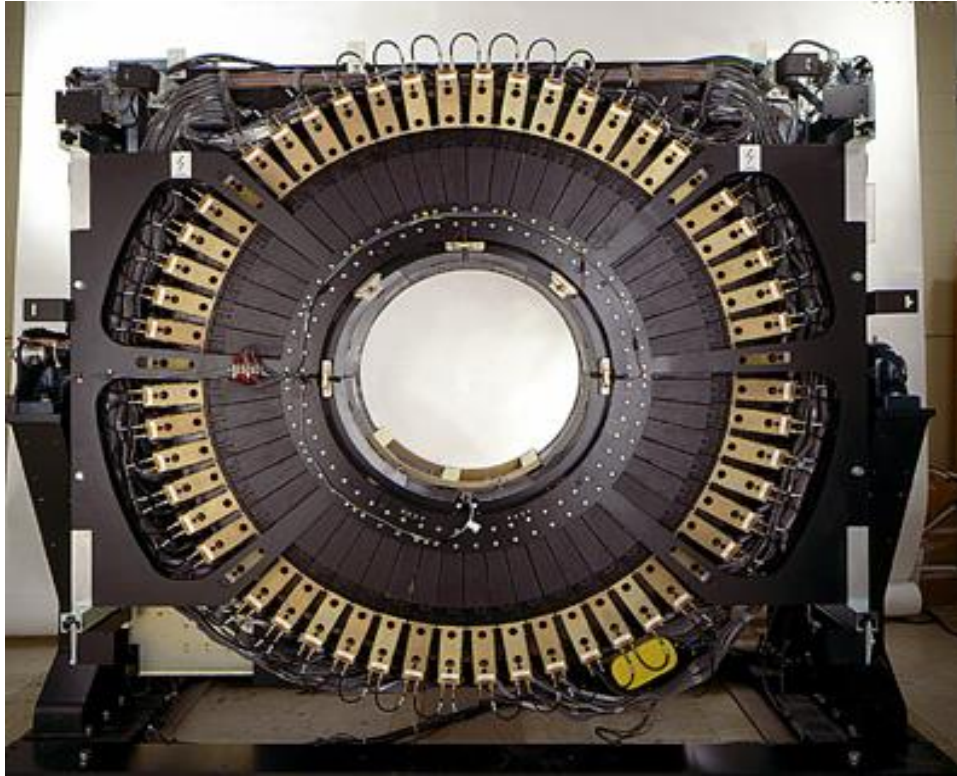


Curved Cristal
technology NaI(Tl) C-Pet

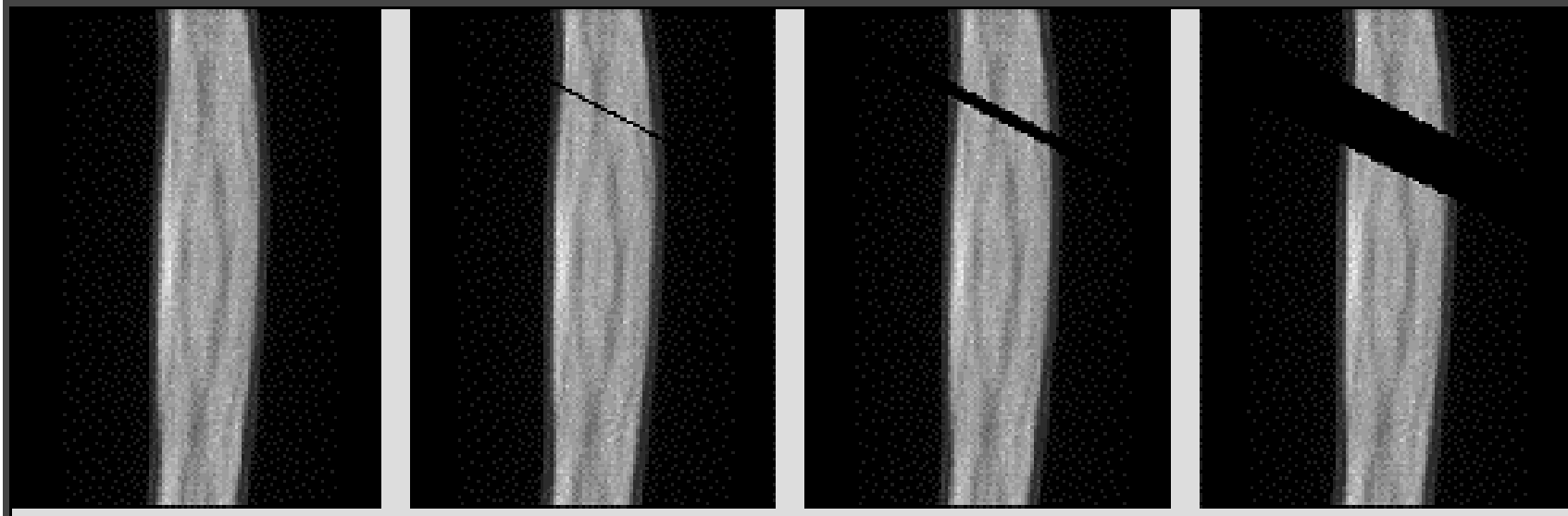
PET Detector Architecture



Gantry ring



Sinogramma con "difetti"



sinogramma
corretto

rivelatore
fuori uso

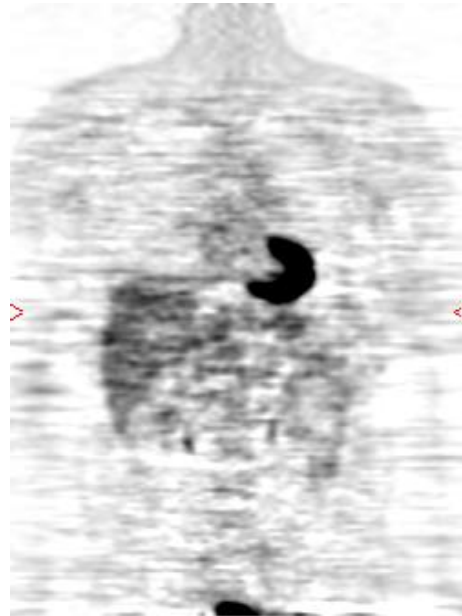
blocco
fuori uso

modulo
fuori uso

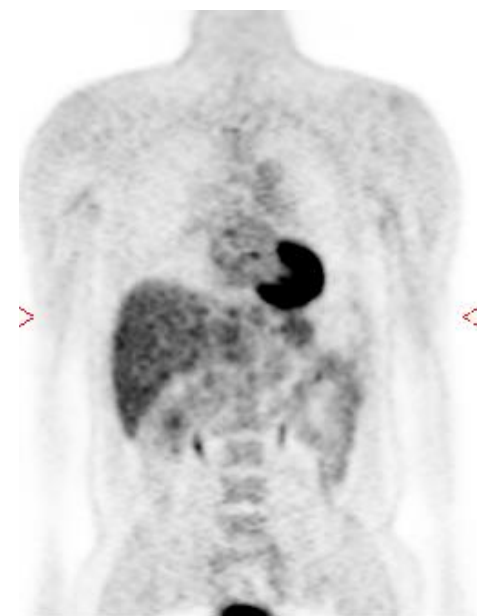
Reconstruction

- Veloce Iterative Reconstruction con OS-EM
- Qualità migliore
- Riduce le striature e lo spillover vicino alla vescica e al cuore

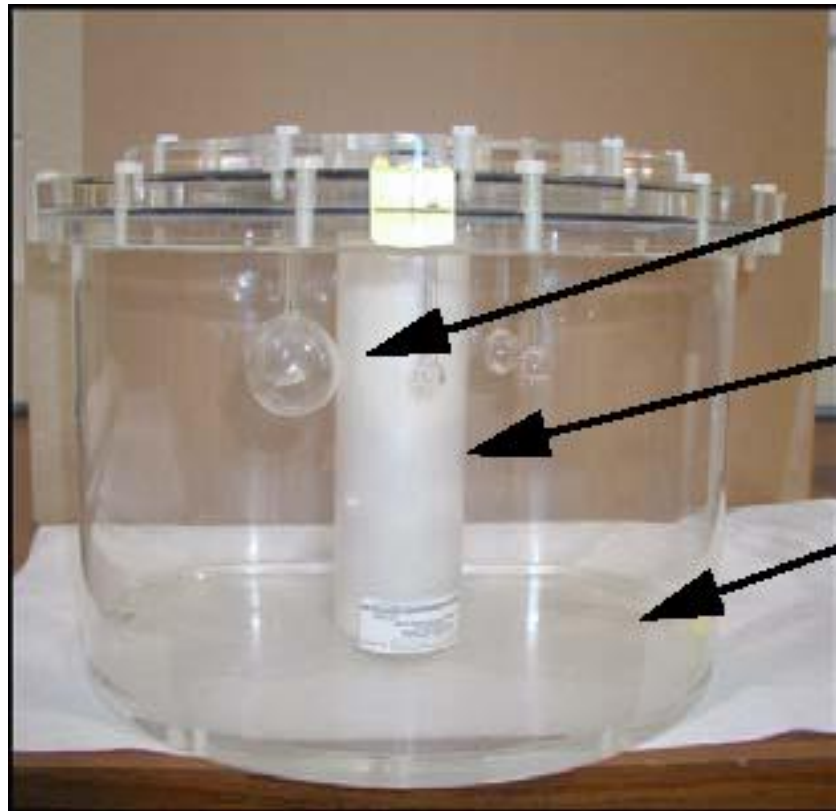
FBP



OSEM



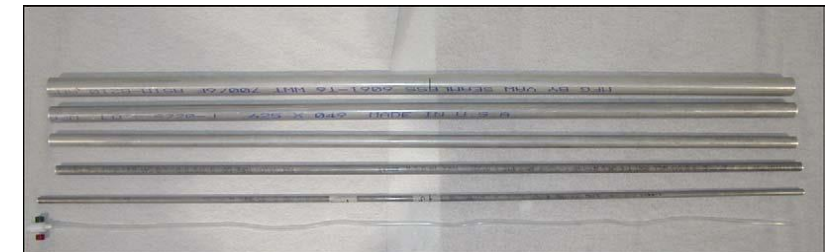
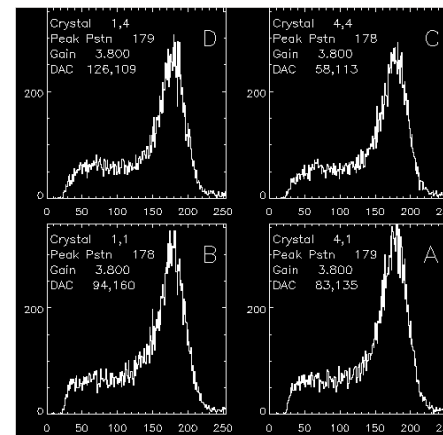
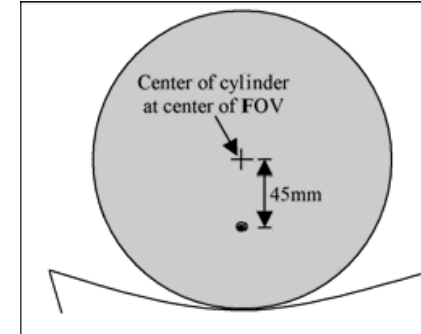
Controlli di Qualità in PET



SFERE

POLMONE

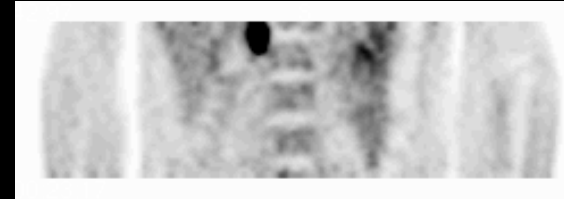
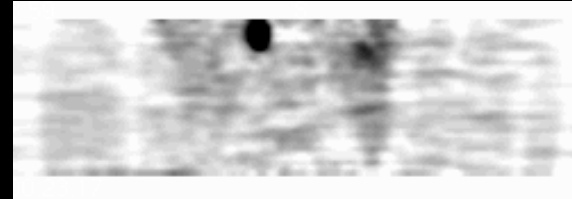
FONDO



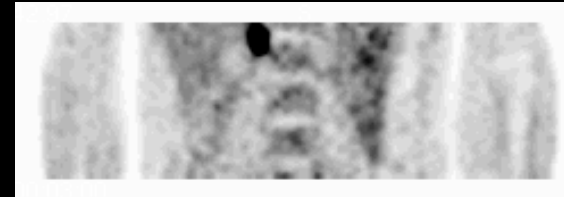
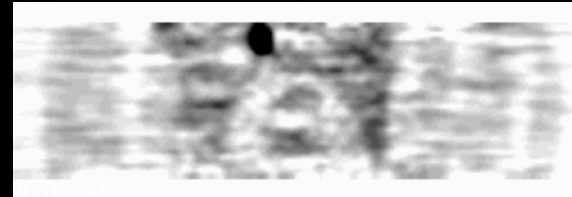
Ottimizzazione Radioprotezione del paziente

Scan Time

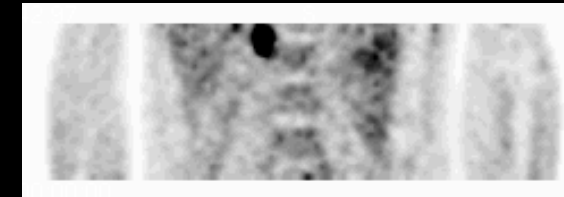
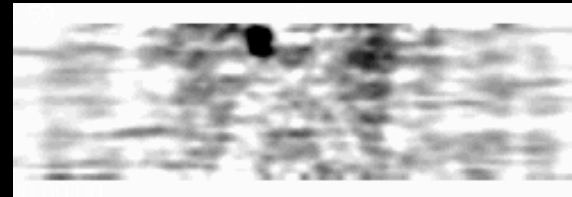
7 min



5 min



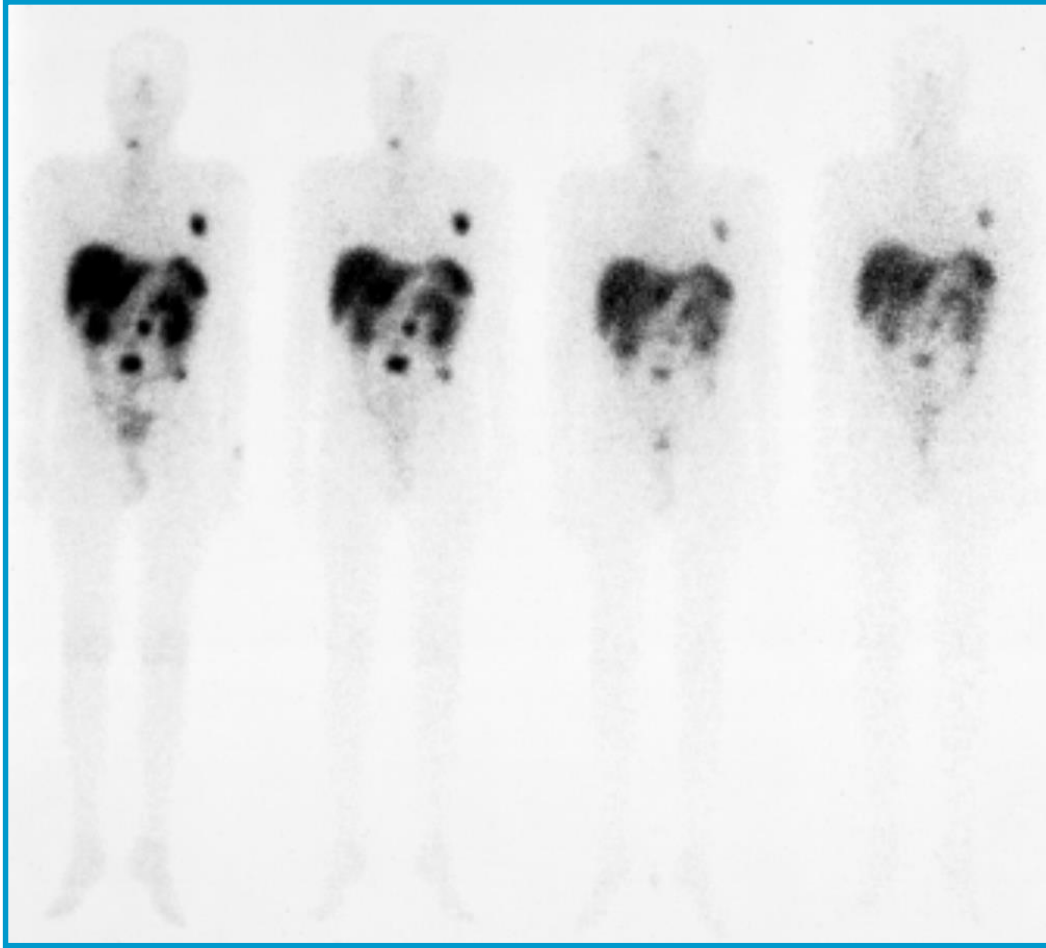
3 min



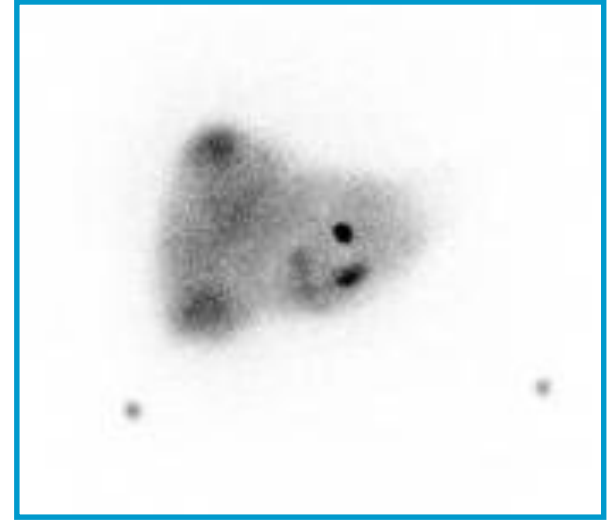
Filtered
Backprojection

Iterative
Reconstruction

TERAPIA



Sistemica



Loco-regionale

dosimetria nelle terapie con radiofarmaci



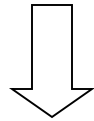
"pre-trattamento"

eseguita prima della terapia,
per controllare la
biodistribuzione e stabilire
l'attività da somministrare
(organi critici)



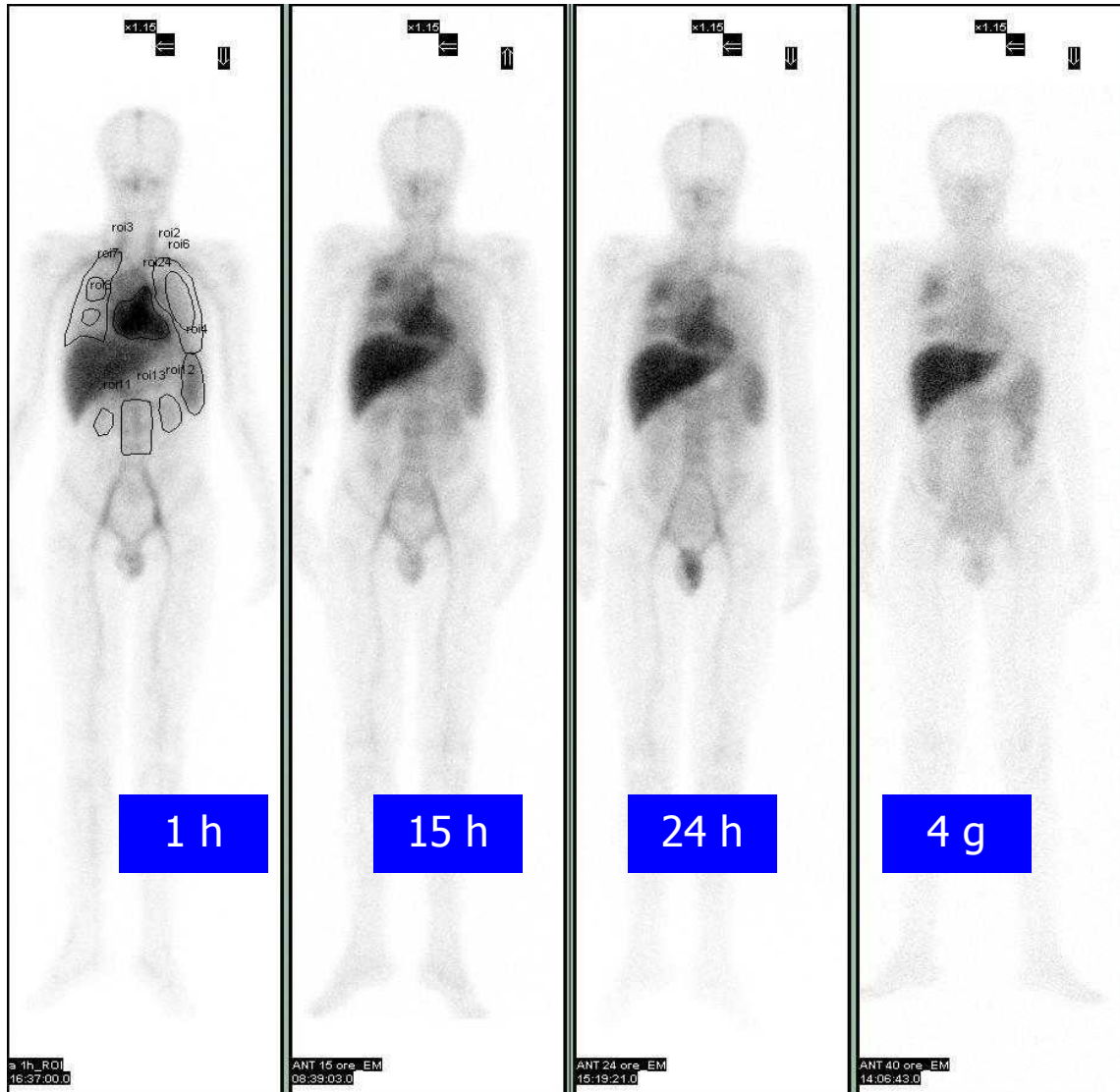
"di verifica"

eseguita durante la
terapia, per valutare
la dose al bersaglio e
organi sani



INDISPENSABILE nel caso di molecole sperimentali

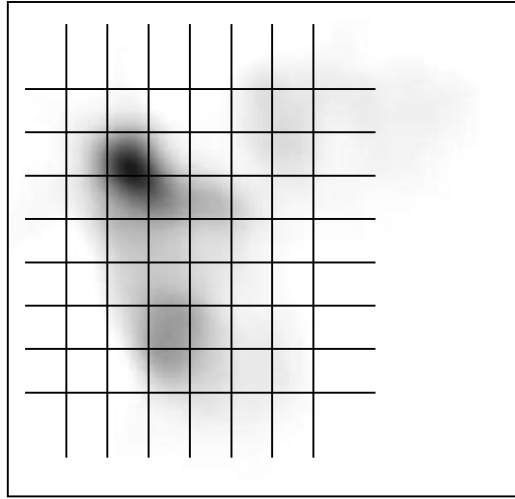
NECESSARIA in caso di grande variazione interpaziente



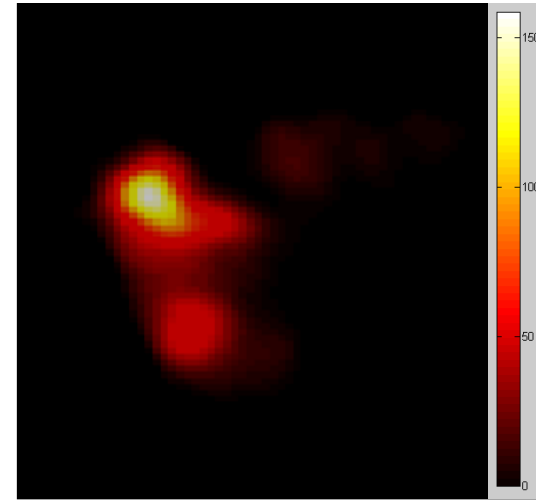
$$\dot{D} = \frac{dD}{dt} = \frac{k \cdot A \cdot \sum_i n_i \cdot E_i \cdot \phi_i}{m}$$

$$D = \int_0^{\infty} \dot{D}(t) \cdot dt$$

3D dosimetry

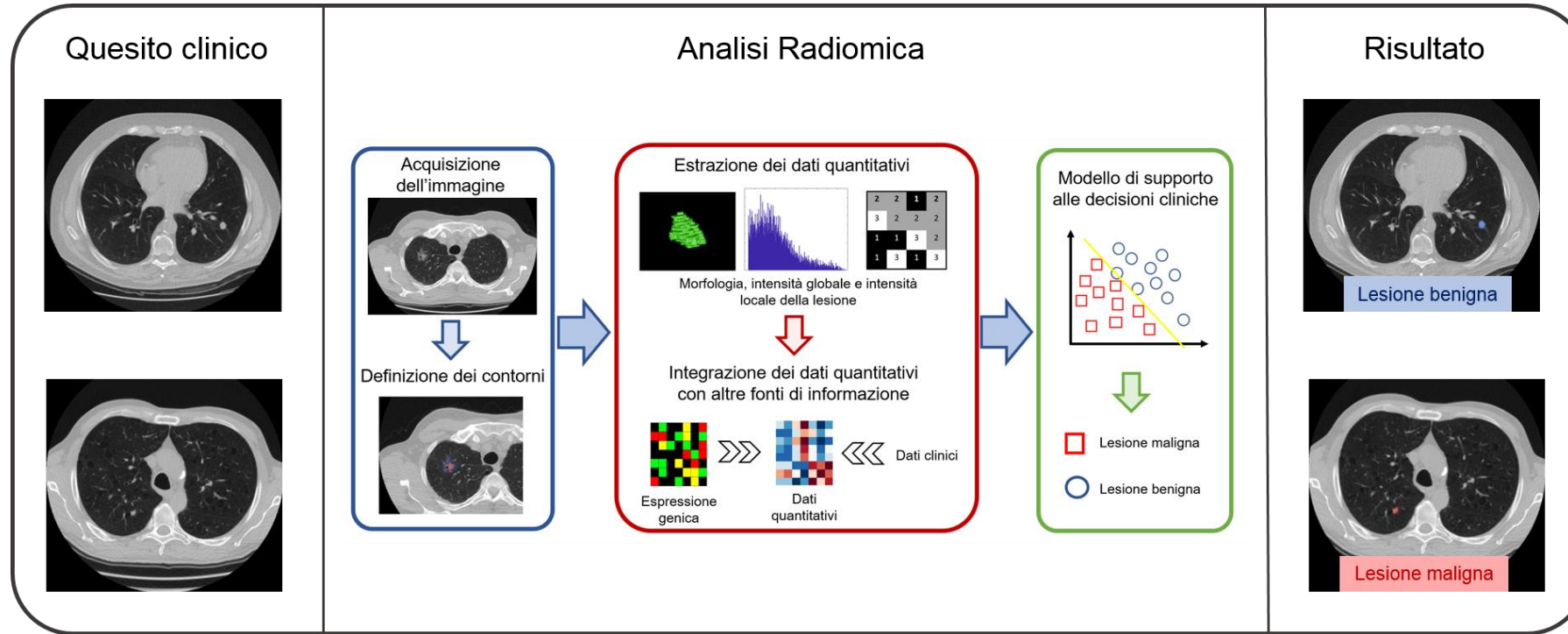


SPECT/PET imaging:
Distribuzione di attività
a livello di voxel



Distribuzione di dose a
livello di voxel

Analisi quantitativa delle immagini: la Radiomica



Standardization:



RADIOMIC FEATURES

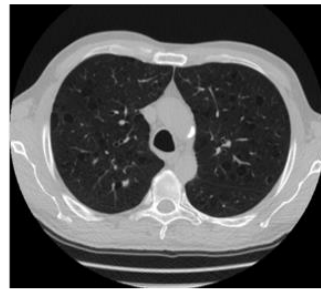
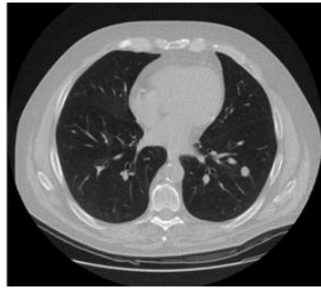
- robustness
- stability

=

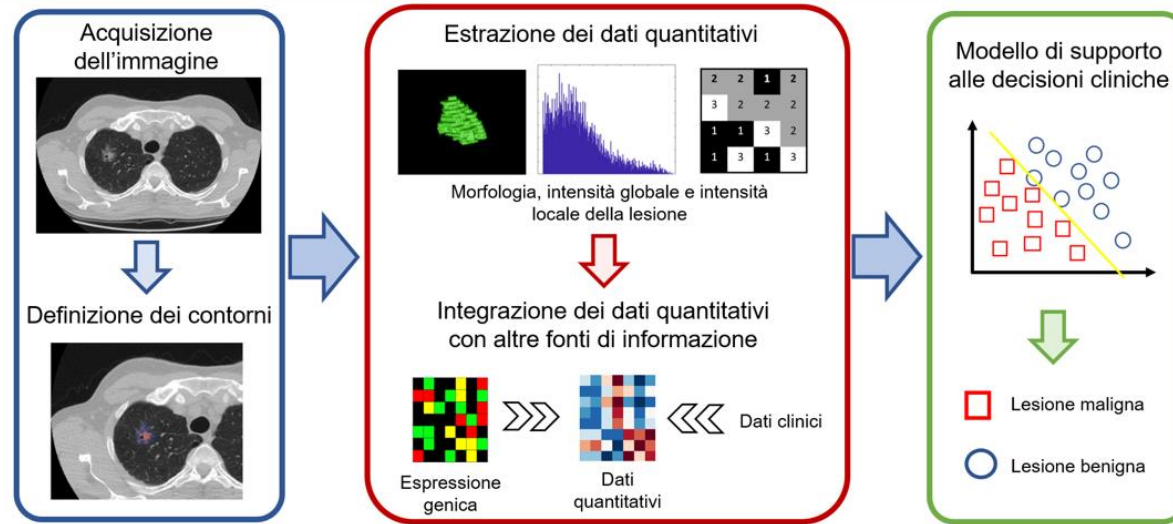


Biomarkers

Quesito clinico



Analisi Radiomica



Risultato



➡ Advanced methods: Artificial Intelligence, Machine Learning

