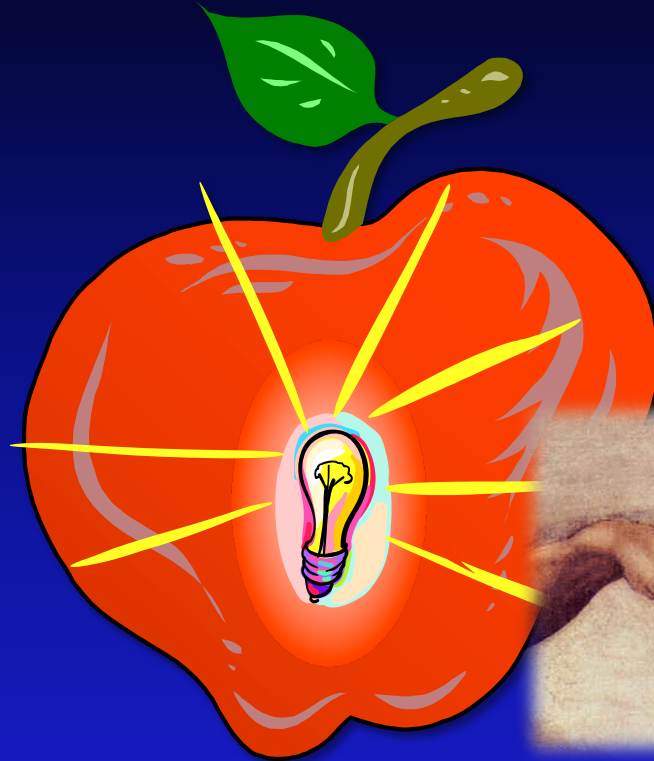
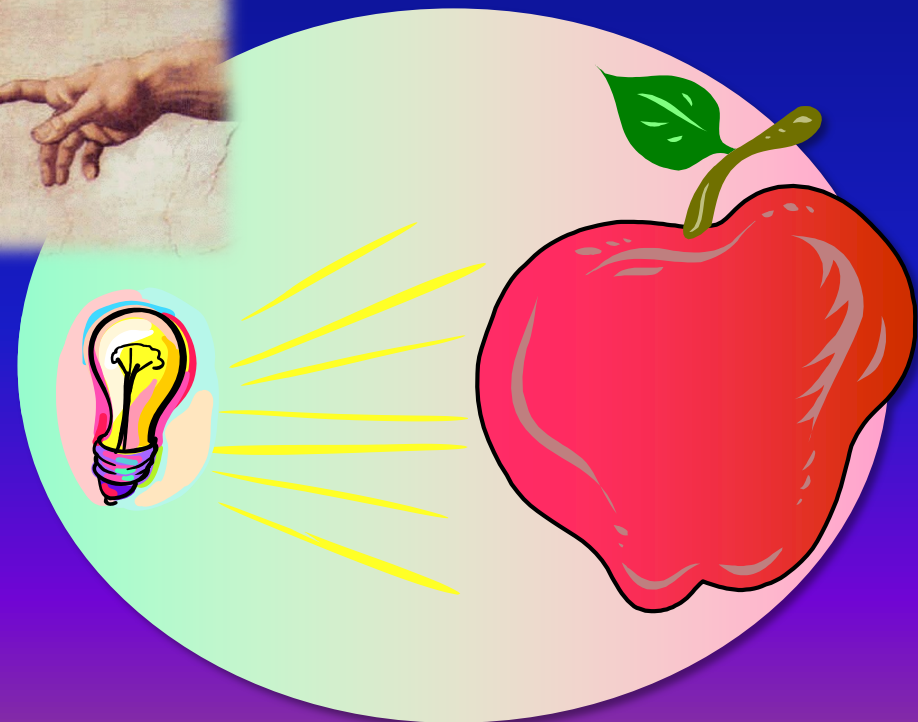


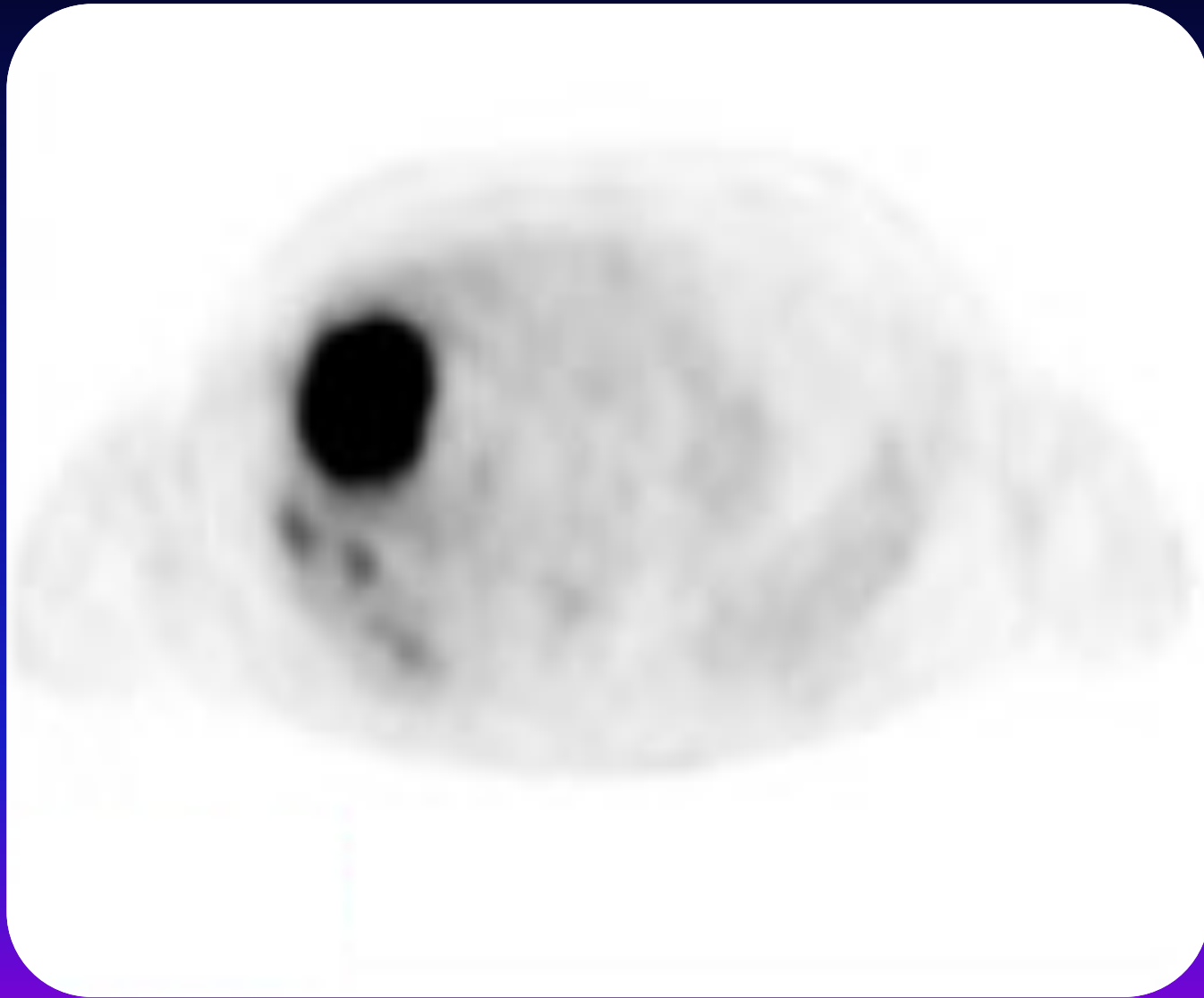
I tomografi "ibridi"

PET o SPECT



CT





La SPECT-CT: che cos'è?

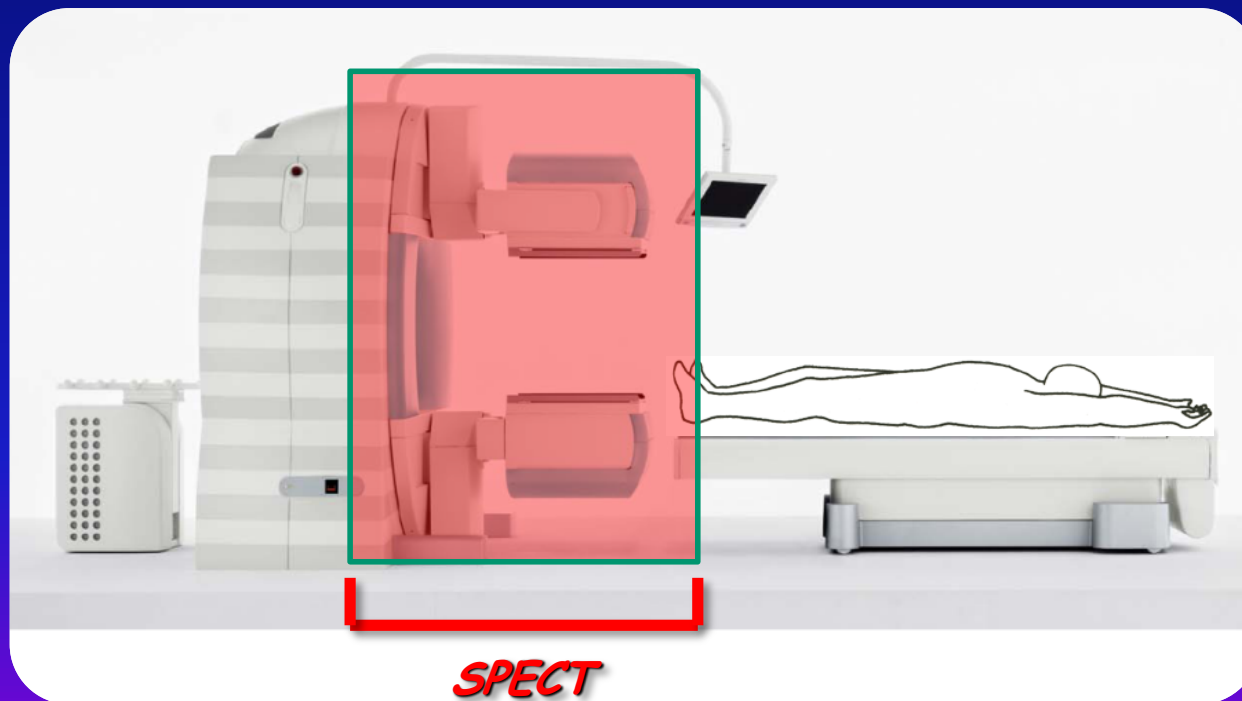
- *"Un tomografo SPECT-CT è un dispositivo integrato che incorpora sia uno scanner CT che una gamma camera SPECT con un singolo lettino porta-paziente ed è perciò in grado di eseguire studi CT, SPECT, o combinati.*
- *Se il soggetto in esame non si muove sul lettino tra le due scansioni, le immagini SPECT e CT ricostruite saranno co-registrate spazialmente."*

Procedure Guideline for SPECT/CT Imaging 1.0*

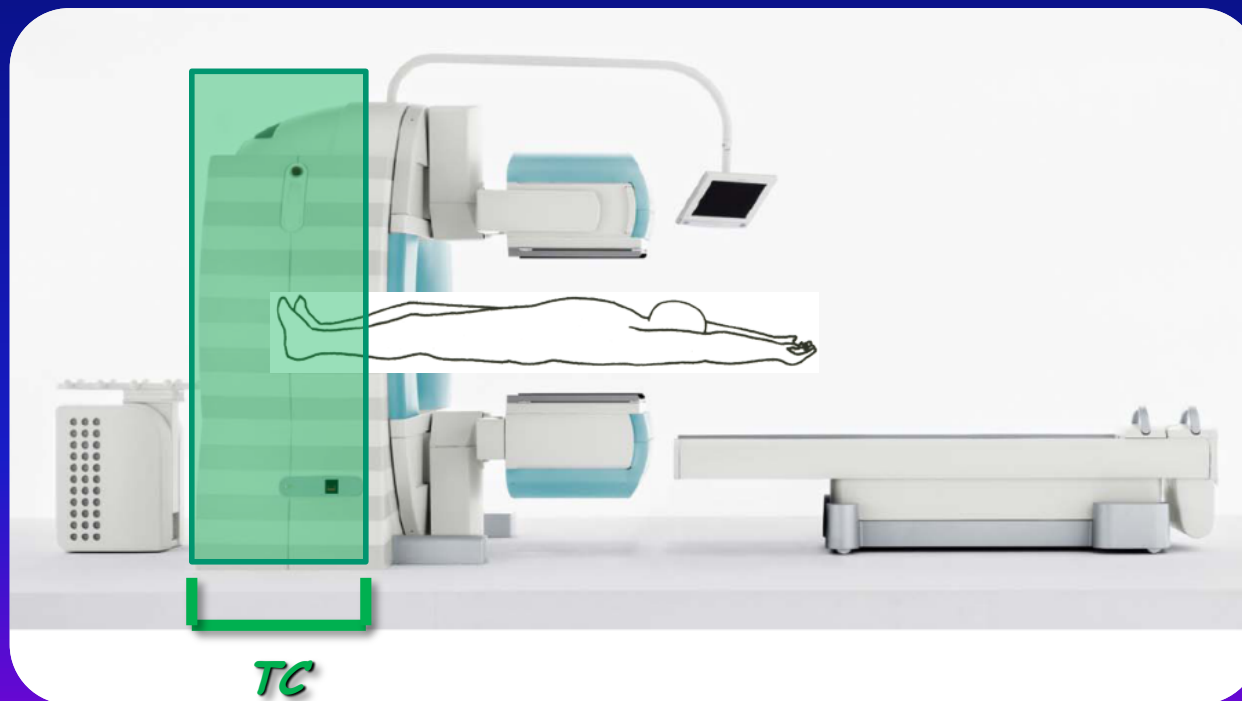
Dominique Delbeke¹, R. Edward Coleman², Milton J. Guiberteau³, Manuel L. Brown⁴, Henry D. Royal⁵, Barry A. Siegel⁵, David W. Townsend⁶, Lincoln L. Berland⁷, J. Anthony Parker⁸, George Zubal⁹, and Valerie Cronin¹⁰

¹Vanderbilt University Medical Center, Nashville, Tennessee; ²Duke University Medical Center, Durham, North Carolina; ³Christus St. Joseph Hospital, Houston, Texas; ⁴Henry Ford Hospital, Detroit, Michigan; ⁵Mallinckrodt Institute of Radiology, St. Louis, Missouri; ⁶University of Tennessee, Knoxville, Tennessee; ⁷University of Alabama Hospital, Birmingham, Alabama; ⁸Beth Israel Deaconess Hospital, Boston, Massachusetts; ⁹Yale University, New Haven, Connecticut; and ¹⁰Mercy Hospital, Buffalo, New York

Acquisizione delle indagini SPECT-CT: la SPECT

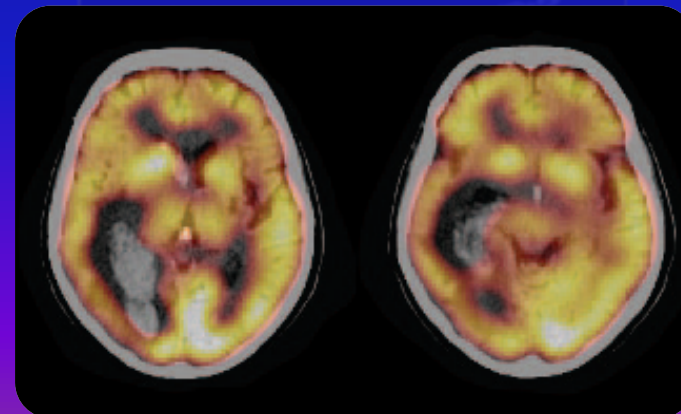
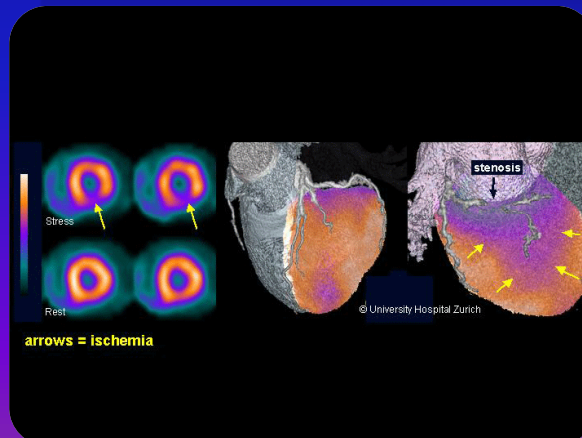
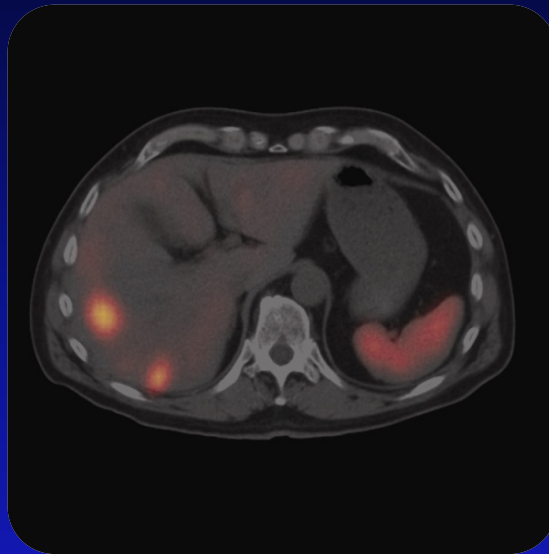


Acquisizione delle indagini SPECT-CT: la CT





Applicazioni cliniche

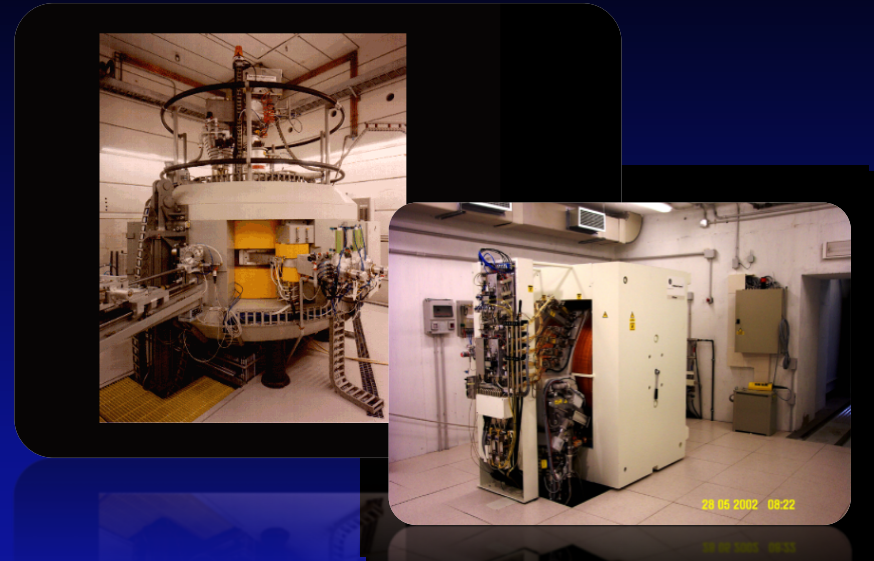


*La tomografia
ad emissione di positroni*

o

*Positron Emission
Tomography (PET)*

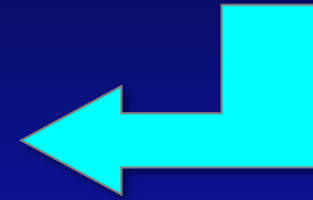
La PET



- E' una tecnica **emissiva** basata sull'uso di molecole biologiche (**aminoacidi, zuccheri, peptidi, ormoni, ecc.**) marcate con **isotopi β^+ emittenti** (^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F) prodotti da acceleratori di particelle detti **ciclotroni**.

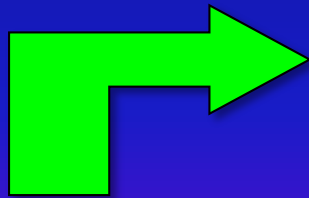


**PET NEGLI
USA**

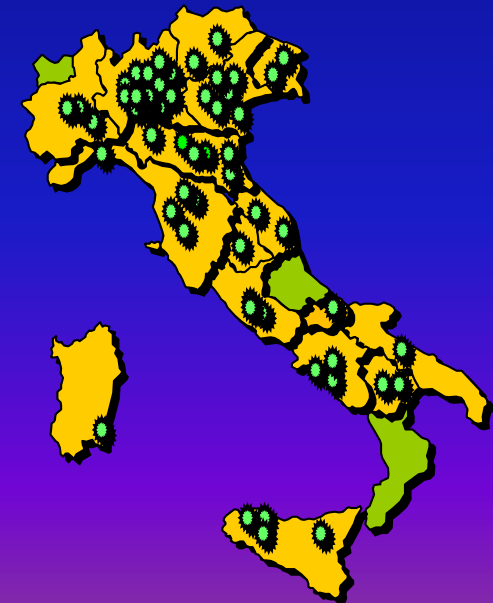
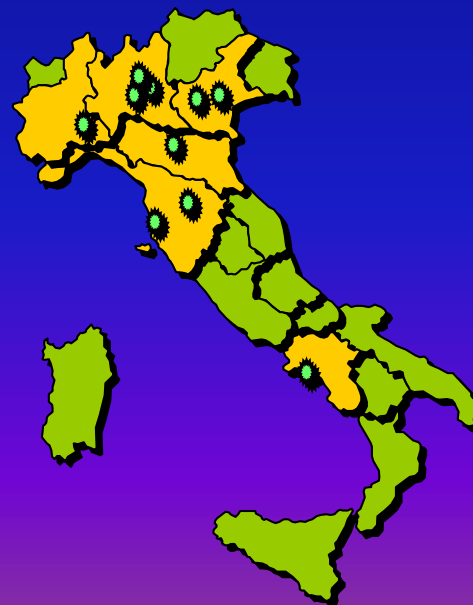


2002

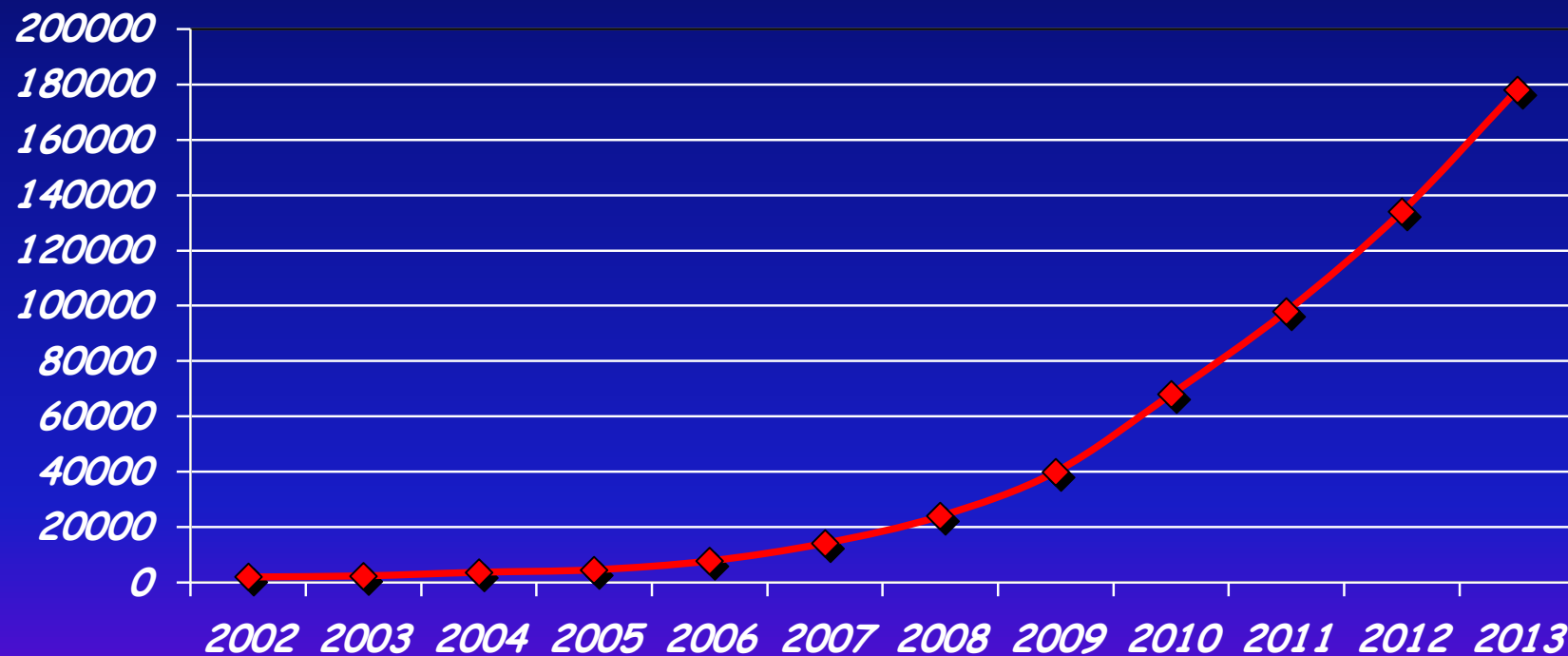
2015



PET IN ITALIA

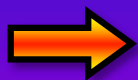
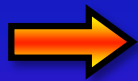


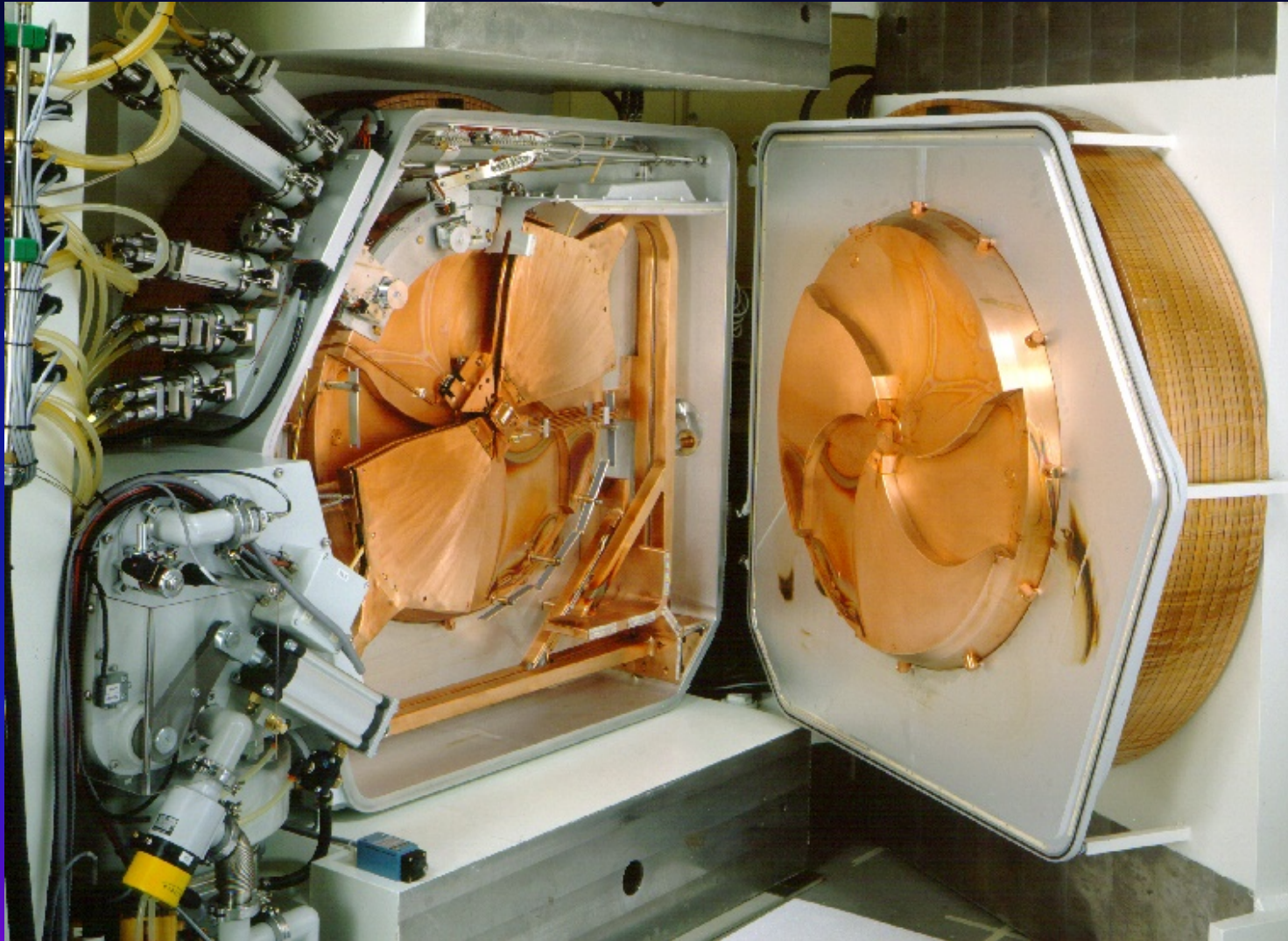
Sviluppo della PET in Italia



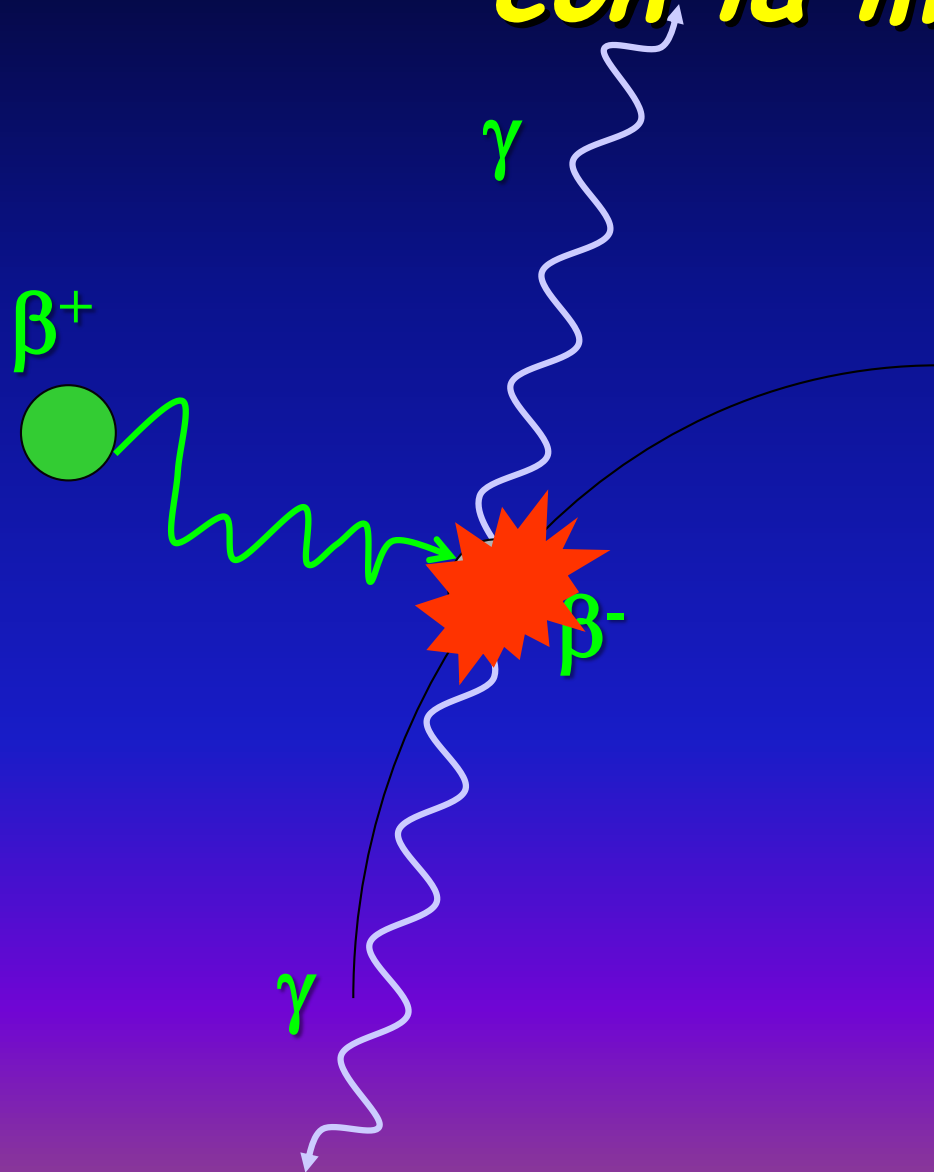
I radioisotopi β^+ emittenti di interesse per indagini PET

<i>Radionuclide</i>	<i>Tempo di dimezzamento (min)</i>	<i>Energia max e media dei positroni (keV)</i>
^{11}C	20.41	970 (390)
^{13}N	9.96	1190 (490)
^{15}O	2.07	1720 (740)
^{18}F	109.82	635 (250)
^{82}Rb	1.25	3356 (1532)
^{68}Ga	67.71	1899 (836)



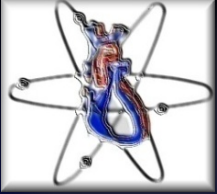


Interazione delle particelle β^+ con la materia



Annichilazione:

Un positrone (β^+) interagisce con un elettrone (β^-) del mezzo assorbitore. Le due particelle si annullano trasformando la loro massa a riposo nella equivalente di energia, sotto forma di due fotoni da 511keV ciascuno. I fotoni sono emessi in direzioni opposte.



La rivelazione

*Un **tomografo PET** è in grado di rivelare due fotoni in **coincidenza** (che significa rivelarli entro un intervallo di tempo così ristretto da considerare la rivelazione simultanea **10-15 ns**) in modo da poter identificare una **linea di risposta** (LOR) lungo la quale è avvenuto l'evento di annichilazione.*

Il rivelatore a scintillazione



Scintillatore: converte l'energia del fotone incidente in luce

Guida di luce

Fotomoltiplicatore: converte il segnale luminoso in un segnale elettrico e lo amplifica

Gli scintillatori utilizzati nella PET

Un tomografo PET deve essere in grado di:

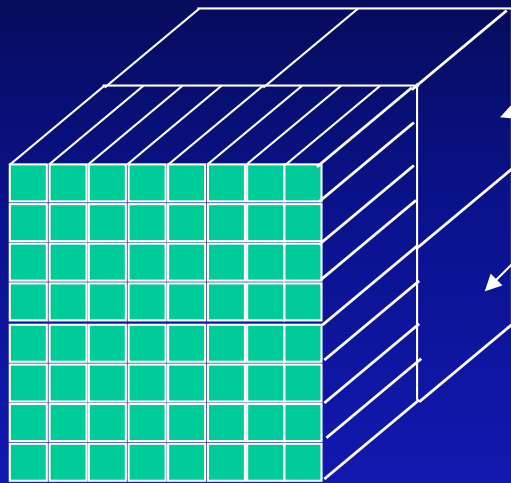
Rivelare fotoni da 511 KeV
Rivelare i fotoni in coincidenza
Fornire il segnale velocemente

<i>Cristallo</i>	<i>Intensità relativa di emissione luminosa</i>	<i>λ d'onda di picco della luce emessa</i>	<i>Costante di tempo di emissione luminosa</i>	<i>Numero atomico effettivo</i>	<i>Densità (g/cm³)</i>	<i>Risoluzione energetica a 511 keV</i>
NaI (Tl)	100	410 nm	230 ns	51	3.7	10
BGO	15	480 nm	300 ns	75	7.1	23
LSO	50-75	420 nm	40 ns	66	7.4	19

BGO = Germanato Ossido di Bismuto, LSO = Ortosilicato di Lutezio

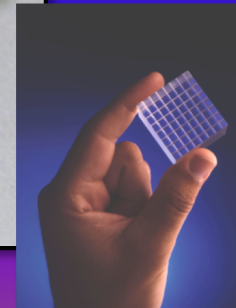
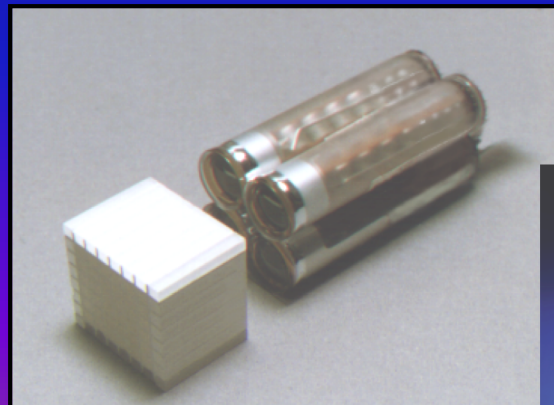
Tomografi ad anello di cristalli BGO/LSO

4 fotomoltiplicatori per blocco

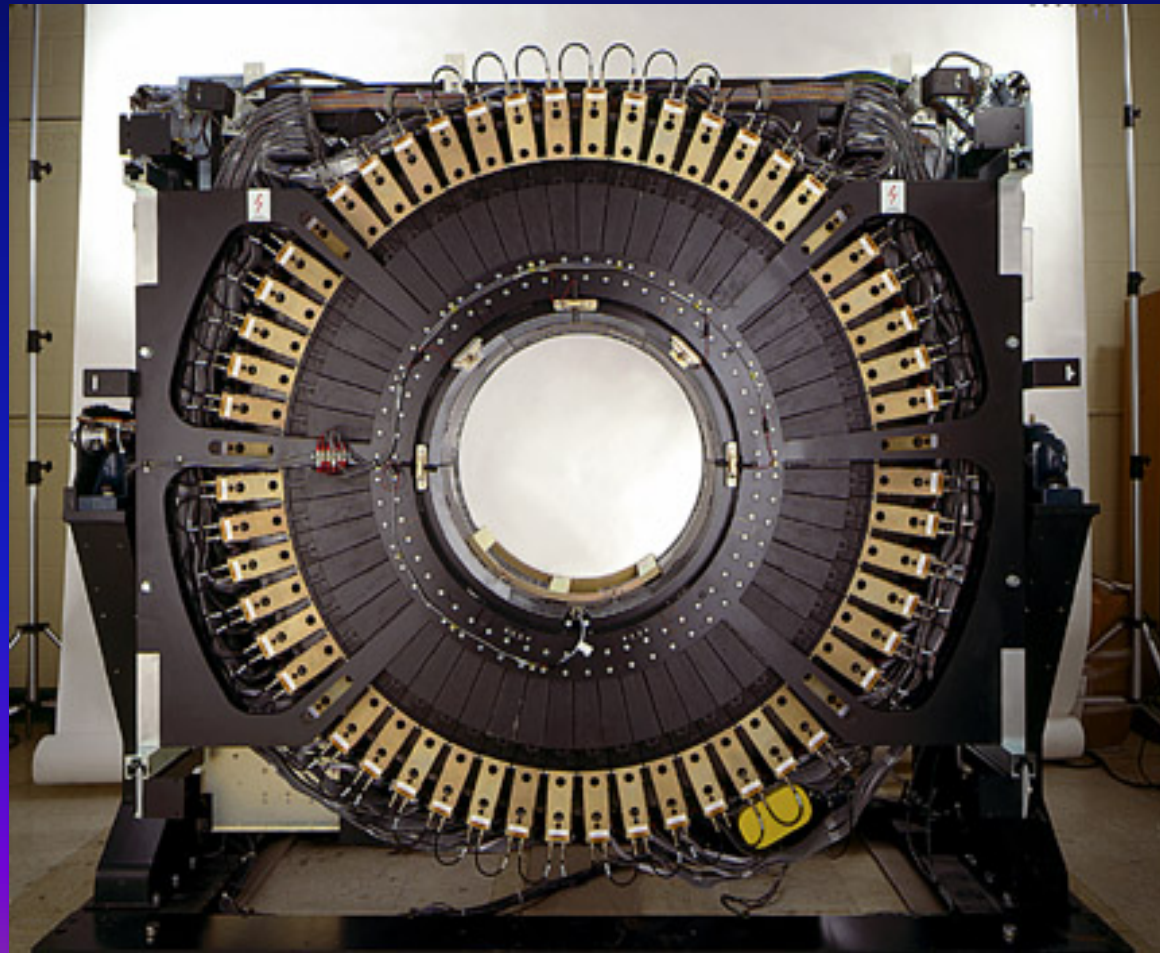


Blocchi di cristalli

- I blocchi (da 6x6 a 8x8 cristalli per blocco, di spessore 30 mm) sono organizzati in anelli completi di diametro 80-90 cm.
- Nei moderni tomografi si hanno 3-4 anelli di blocchi che significa 18-32 anelli di cristalli, e quindi è possibile acquisire simultaneamente da 35 a 63 piani. Si hanno in totale 16.000-20.000 piccoli cristalli.

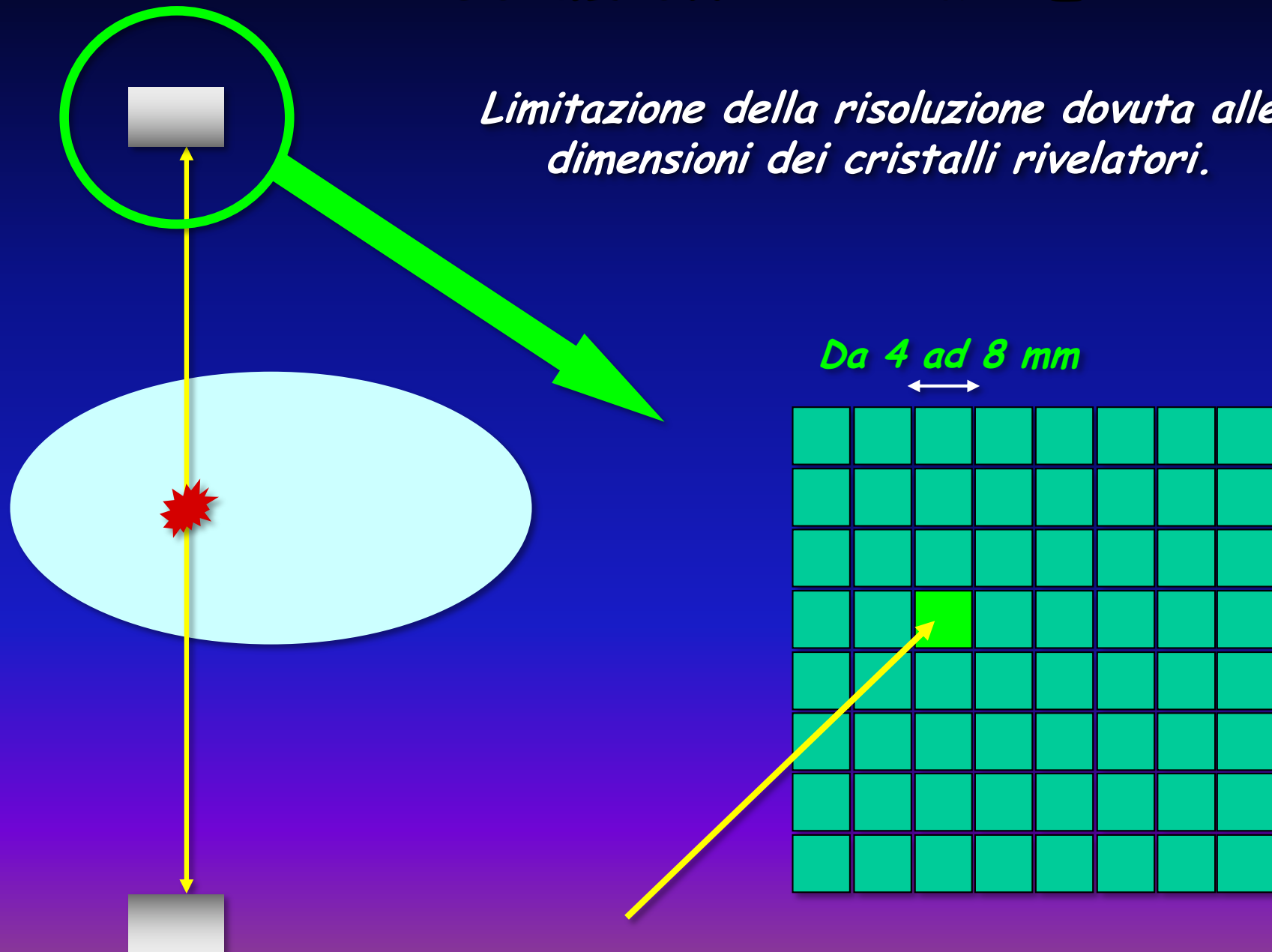


Sistema di rivelazione: assemblaggio dei blocchi

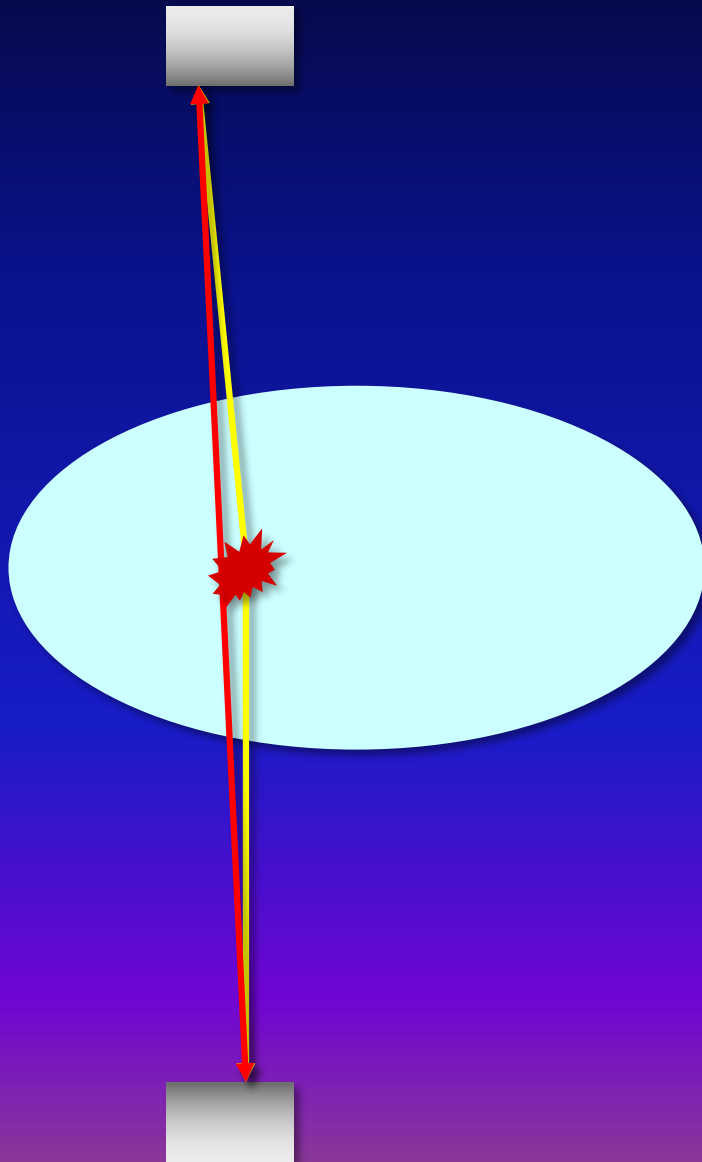


Risoluzione della PET: 1

Limitazione della risoluzione dovuta alle dimensioni dei cristalli rivelatori.

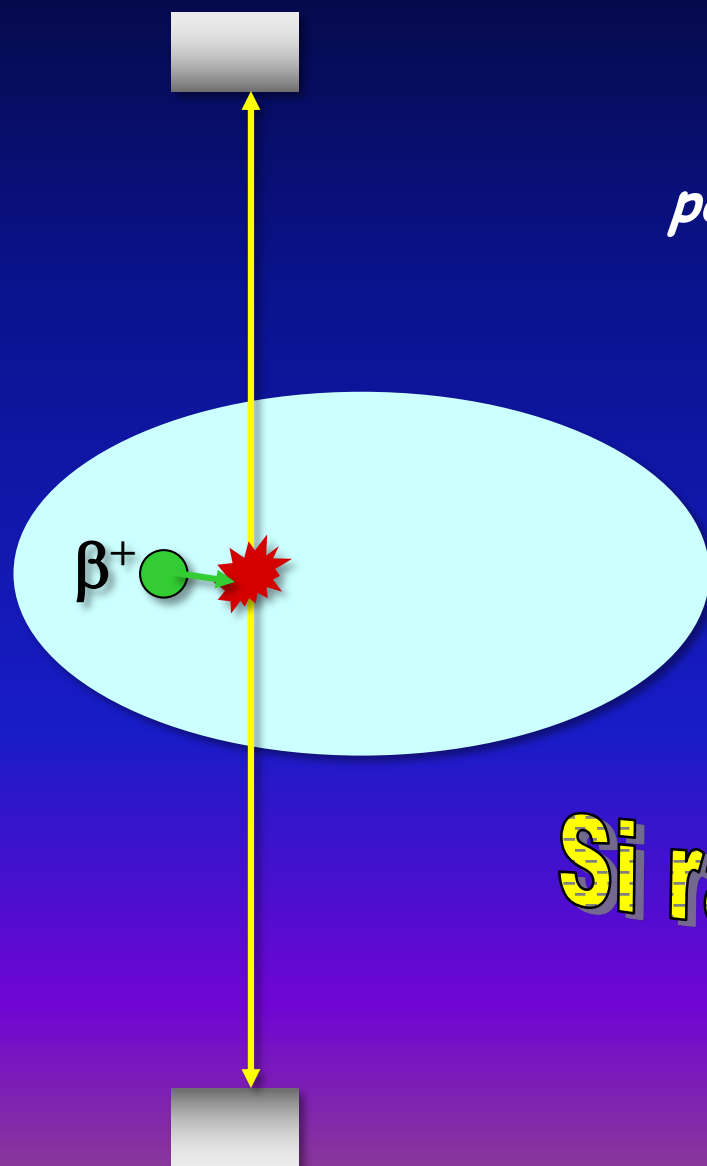


Risoluzione della PET: 2



*Limitazione della
risoluzione dovuta
alla non co-linearità
di quei fotoni di
annichilazione che
sono emessi ad un
angolo che si
discosta da 180° .*

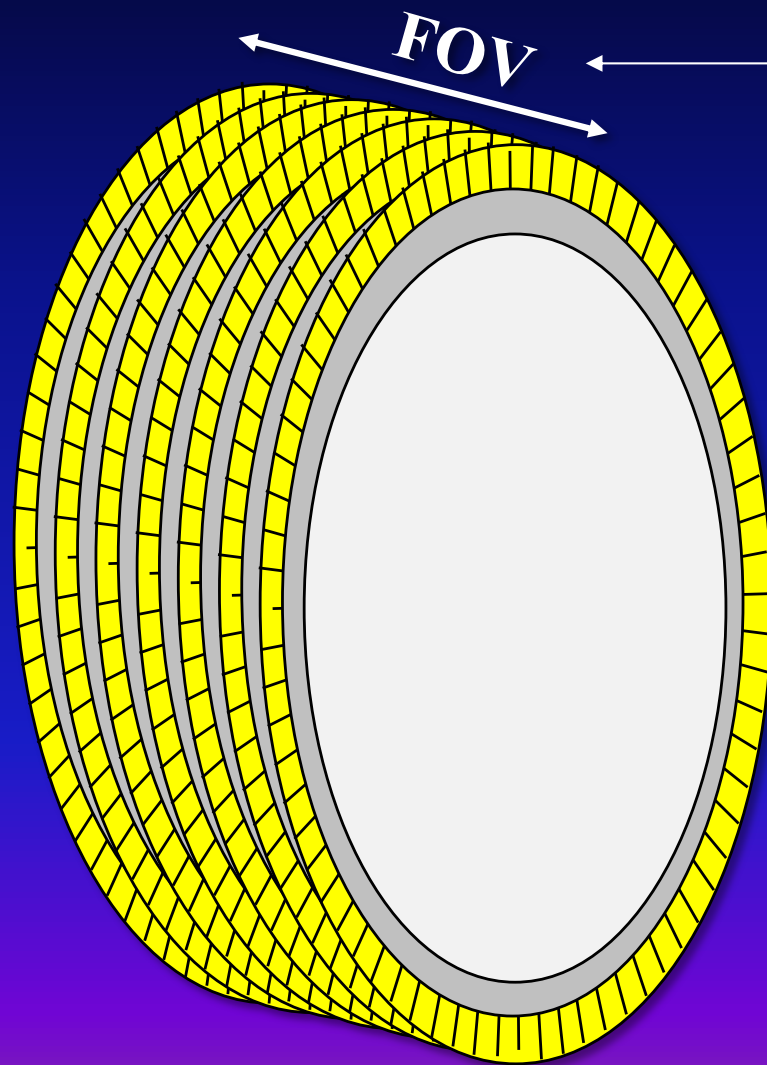
Risoluzione della PET: 3



Limitazione dovuta al range dei positroni nel mezzo (0.1-0.5 mm).

**Si raggiunge una risoluzione
di 3-4 mm**

Definizione del campo di vista



in genere di circa 15-16 cm

*Il numero di anelli
completi di blocchi di
rivelatori determina le
dimensioni assiali (lungo z)
del campo di vista, il
cosiddetto **FOV** (field of
view o campo di vista)*

Risoluzione spaziale

- *SPECT: 8-10 mm*
- *PET: 3-4 mm*
- *RM: 1-2 mm*
- *TC: <1 mm*



Tecnica "Time of Flight" (TOF)

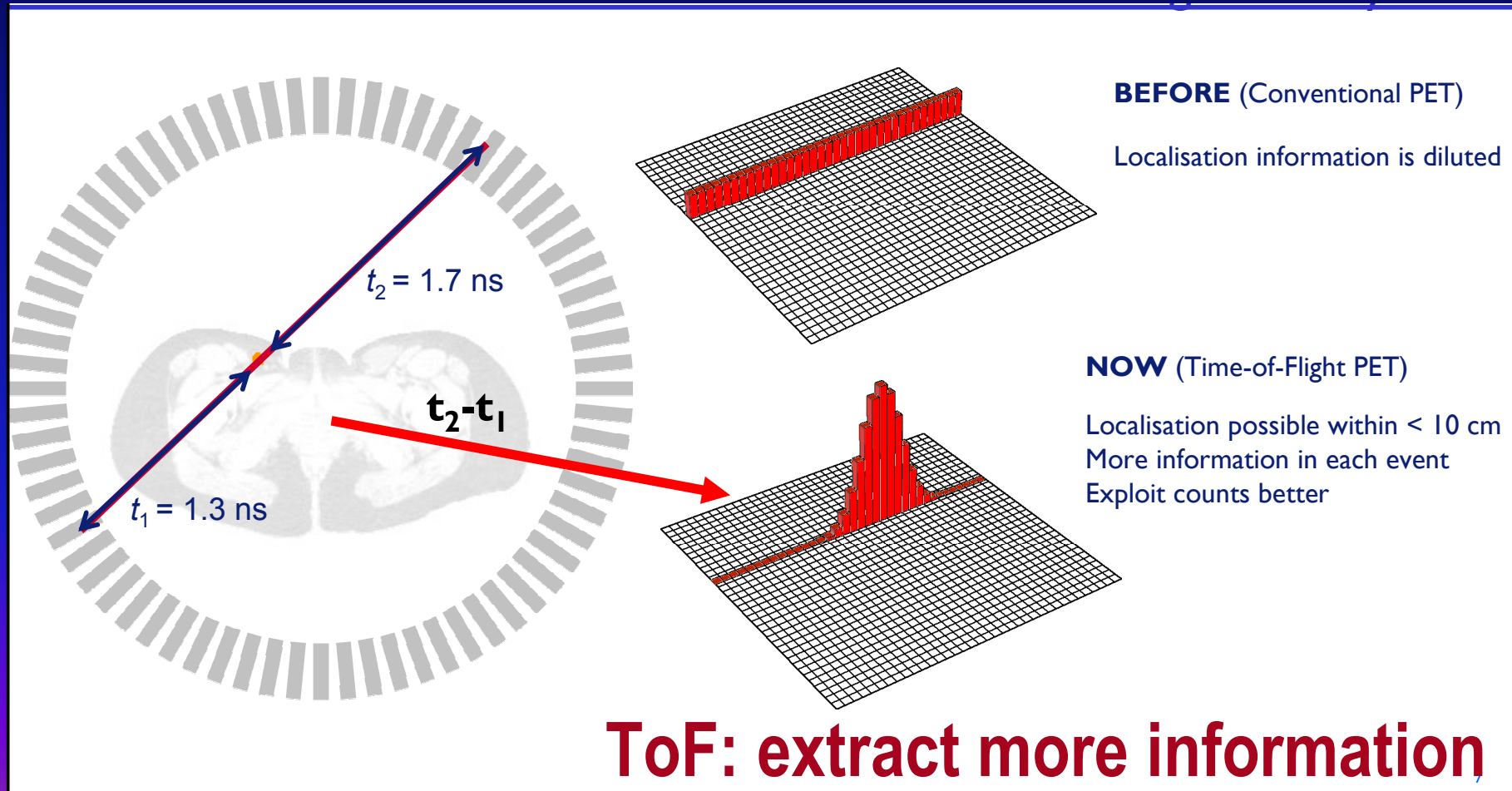
$$300.000 \text{ km/s} = 30.000.000.000 \text{ cm/s}$$

$$s = v \cdot t$$

$$30 \text{ cm} = 30.000.000.000 \text{ cm/s} \cdot t$$

$$t = 1 \text{ ns}$$

Tecnica "Time of Flight" (TOF)

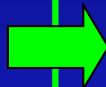


Radiofarmaci PET: ciclo di produzione

*produzione
radionuclide*

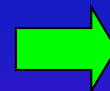


ciclotrone

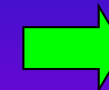


laboratorio di Radiochimica PET

*sintesi
radiofarmaco*



dispensazione



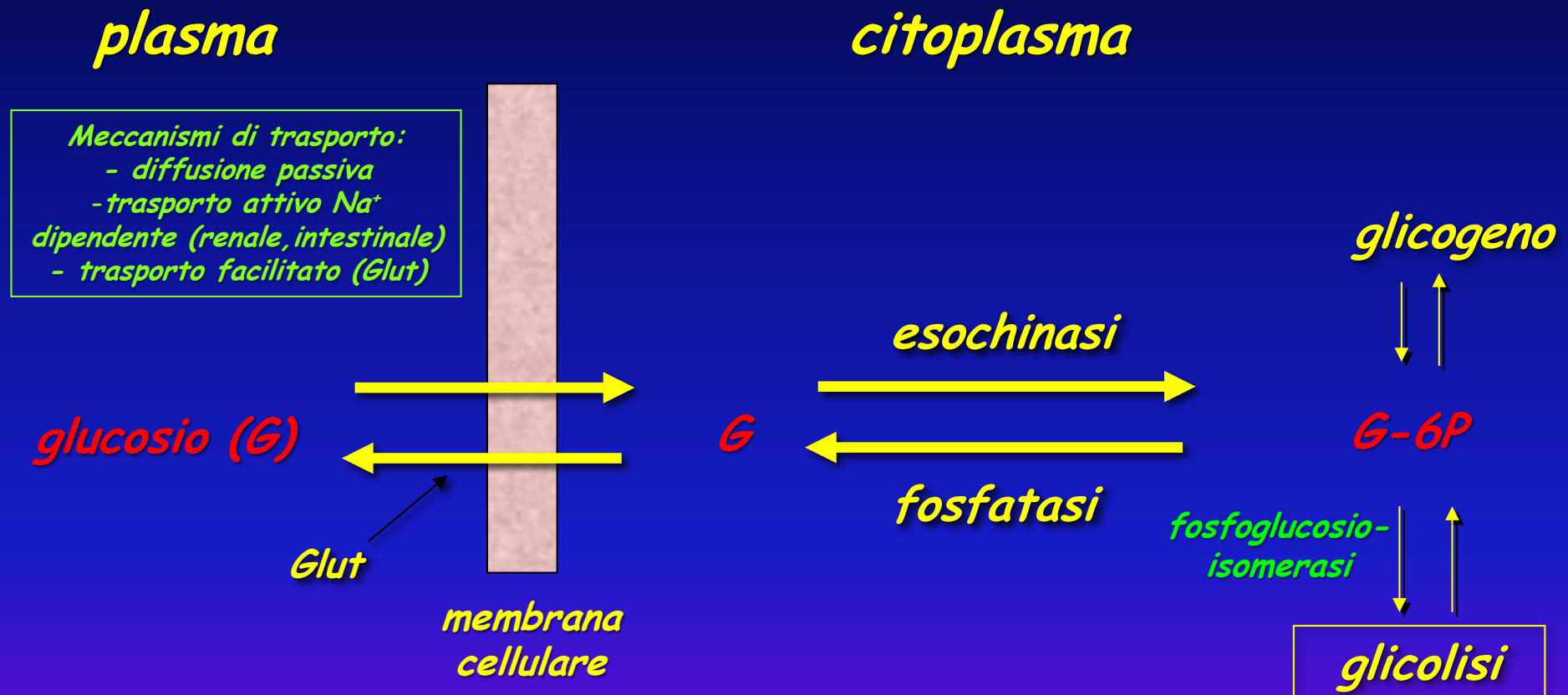
*controlli
di qualità*



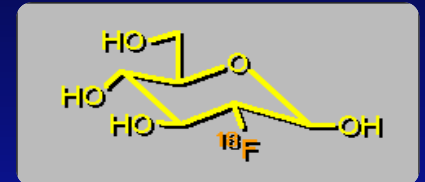
Principali categorie di radiofarmaci

- *Traccianti di metabolismo*
- *Traccianti di perfusione*
- *Traccianti recettoriali*
- *Traccianti per proteine di accumulo*

Metabolismo del glucosio

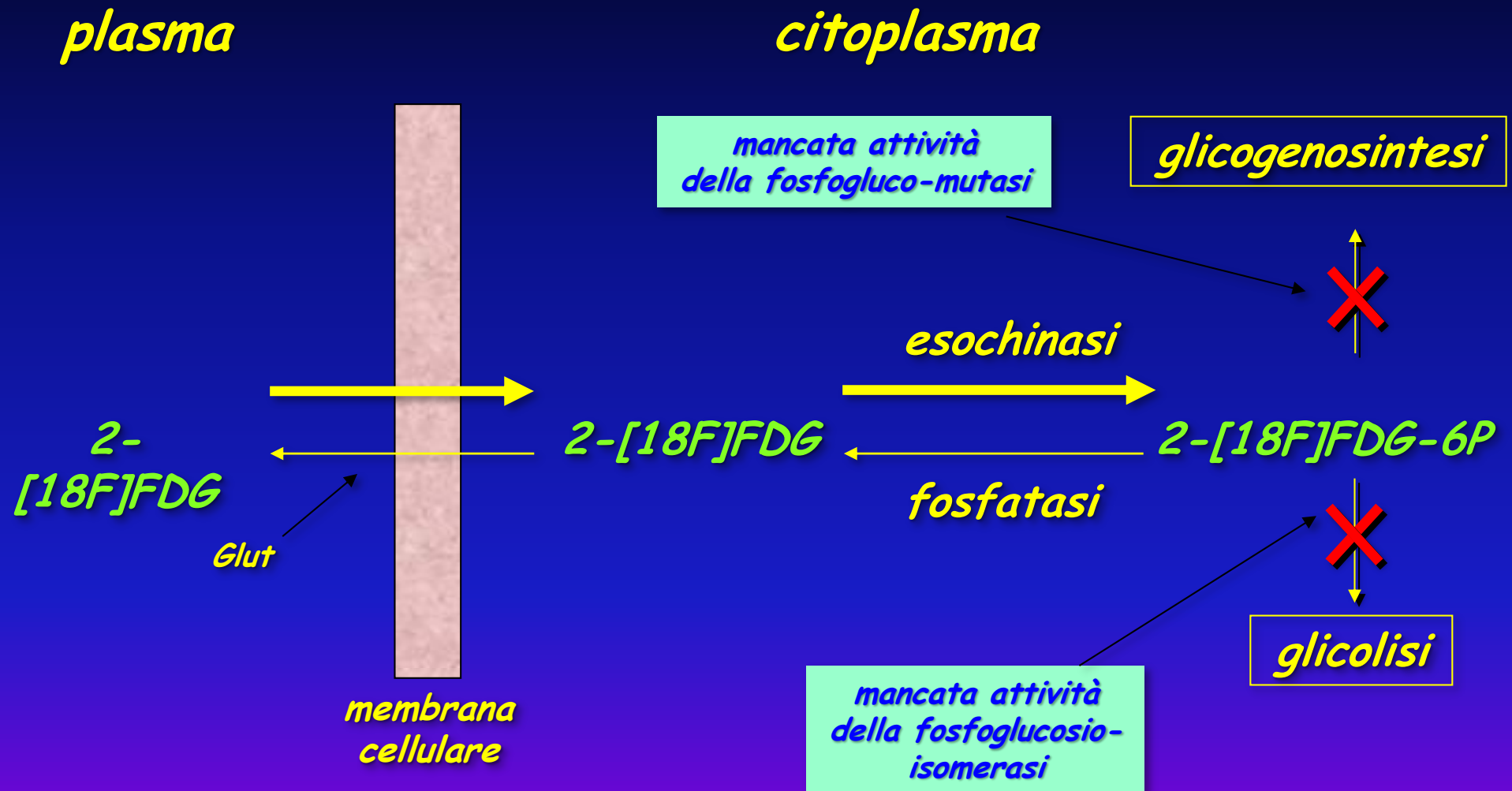


Il radiofarmaco di metabolismo per "eccellenza": il ^{18}F -FDG



- *E' un **analogo** "strutturale" del **glucosio**.*
- *Entra nella cellula e viene fosforilato dall'enzima "**esochinasi**" a FDG6-P, con consumo di **ATP**.*
- *Non può però proseguire nella via glicolitica e resta, pertanto, **intrappolato** all'interno del miocita, dove si accumula.*

Metabolismo del ^{18}F -FDG

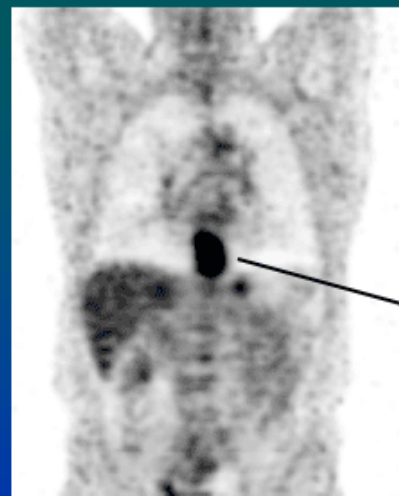


La PET con ^{18}F -FDG

- *A differenza degli altri organi corporei che sono in grado di utilizzare come substrati metabolici sia zuccheri, che acidi grassi, che aminoacidi, molti tessuti tumorali ed il cervello mantengono la loro attività esclusivamente grazie al glucosio.*
- *L'utilizzo della PET con traccianti specifici per la misura del metabolismo glucidico consente pertanto di valutare l'attività tumorale e neuronale nei vari distretti corporei di interesse, la quale è spesso in stretta relazione con il flusso sanguigno.*

Il "SUV"

- Acronimo di **Standardized Uptake Value** (valore di captazione standardizzato).
- E' un parametro quantitativo che correla con la "**avidità**" da parte di un certo tessuto a fissare il radiofarmaco.
- Si ricava conoscendo la concentrazione tissutale del tracciante (c_t) ricavabile dalle immagini PET, la dose iniettata ed il peso (weight) del soggetto in esame.



$$SUV_{TBW} = \frac{c_t [kBq / ml]}{Dose[MBq] / weight[kg]}$$