



E. O. OSPEDALI GALLIERA

OSPEDALE DI RILIEVO NAZIONALE E DI ALTA SPECIALIZZAZIONE

# Sorveglianza fisica per la radioprotezione degli operatori in centro PET/CT

*Genova 14 Dicembre 2007*

*Dott.ssa Monica Gambaro  
S.C. Fisica Sanitaria*

# Scopo della radioprotezione

- Prevenzione totale degli effetti dannosi non stocastici
- Limitazione a livelli considerati accettabili della probabilità di accadimento degli effetti stocastici

# Radioprotezione in PET/ct

- Nel progettare un centro dobbiamo saper prevedere quale sviluppo avrà in termini di:
- Radioisotopi impiegati
- Carico di lavoro
- Un progetto sbagliato limiterà lo sviluppo del centro stesso o sarà non adeguato dal punto di vista della sicurezza

# F-18

- Il F-18 è certamente il piu' noto dei radiotraccianti utilizzati in PET
- Schermature progettate per l'utilizzo di F-18 **non son sufficienti** nel caso in cui si utilizzino radioisopi che oltre a  $\beta^+$  emettono anche fotoni di alta energia

# Progetto schermature

- I radionuclidi beta emittenti che hanno vita media lunga ed emettono oltre a positroni anche fotoni ad alta energia possono non essere adeguatamente schermati se il progetto tiene conto solo del F-18

# I Radioisotopi che non necessitano di un ciclotrone

- F-18, emivita sufficientemente lunga da consentirne il trasporto
- Rb-82 emivita 72 s, è disponibile un generatore commerciale utilizzabile per 1 mese

# Proprietà fisiche dei piu' comuni radioisotopi per PET

Nuclide	T di dimezz.	Tipo di decad.	E <sub>max</sub> positr. (MeV)	E fotoni (KeV)
<sup>11</sup> C	20.4 min	β <sup>+</sup>	0.96	511
<sup>13</sup> N	10 min	β <sup>+</sup>	1.19	511
<sup>15</sup> O	2 min	β <sup>+</sup>	1.72	511
<sup>18</sup> F	109.8 min	β <sup>+</sup> , EC	0.63	511
<sup>64</sup> Cu	12.7 h	β <sup>+</sup> , β <sup>-</sup> , EC	0.65	511, 1346
<sup>68</sup> Ga	68.3 min	β <sup>+</sup> , EC	1.9	511
<sup>82</sup> Rb	76 s	β <sup>+</sup> , EC	3.35	511, 776
<sup>124</sup> I	4.2 d	β <sup>+</sup> , EC	1.54, 2.17	511, 603, 1693

# Valori di dose-rate per il F-18

- Una attenta rivisitazione della letteratura mette in evidenza un gran numero di valori attribuiti al dose-rate del F-18 e utilizzati per il calcolo delle schermature. Questi valori variano da 0.135 a 0.188  $\mu\text{Sv m}^2/\text{MBq h}$ .
- 0.135  $\mu\text{Sv m}^2/\text{MBq h}$  è il kerma in aria
- 0.148  $\mu\text{Sv m}^2/\text{MBq h}$  è cost. di dose rate in 1  $\text{cm}^3$  di tessuto di densità unitaria
- 0.188  $\mu\text{Sv m}^2/\text{MBq h}$  è il massimo di dose ricevuta da uno strato di tessuto di 30 cm sottoposto ad un fascio largo di fotoni di annichilazione, include anche la dose dovuta al backscatter (dose max a 3 mm di profondità)
- 0.183  $\mu\text{Sv m}^2/\text{MBq h}$  dose a 1 cm di profondità in tessuto tenendo conto del backscatter



# Dose-rate

- Secondo il report AAPM 108 la costante di dose-rate appropriata per il calcolo delle schermature è  $0.143 \mu\text{Sv m}^2/\text{MBq}$
- Il dose-rate a 1 m di una sorgente puntiforme in aria di 1 mCi (37 MBq) di F-18 è  $5,3 \mu\text{Sv/h}$

# Fattore di schermatura

- In molte pubblicazioni si utilizzano coefficienti di attenuazione in piombo e cemento valutati per fascio stretto e buona geometria

Per 511 KeV:

- Emispessore piombo 4.1 mm
  - Emispessore cemento 3.4 cm
- Progetti di schermatura che utilizzano questi valori che trascurano il build-up non forniscono una adeguata protezione

# TVL (spessore decivalente)

- Anche i dati relativi al TVL forniti da NCRP calcolati per fascio largo non stimano correttamente le schermature, **sovrastimando la trasmissione**

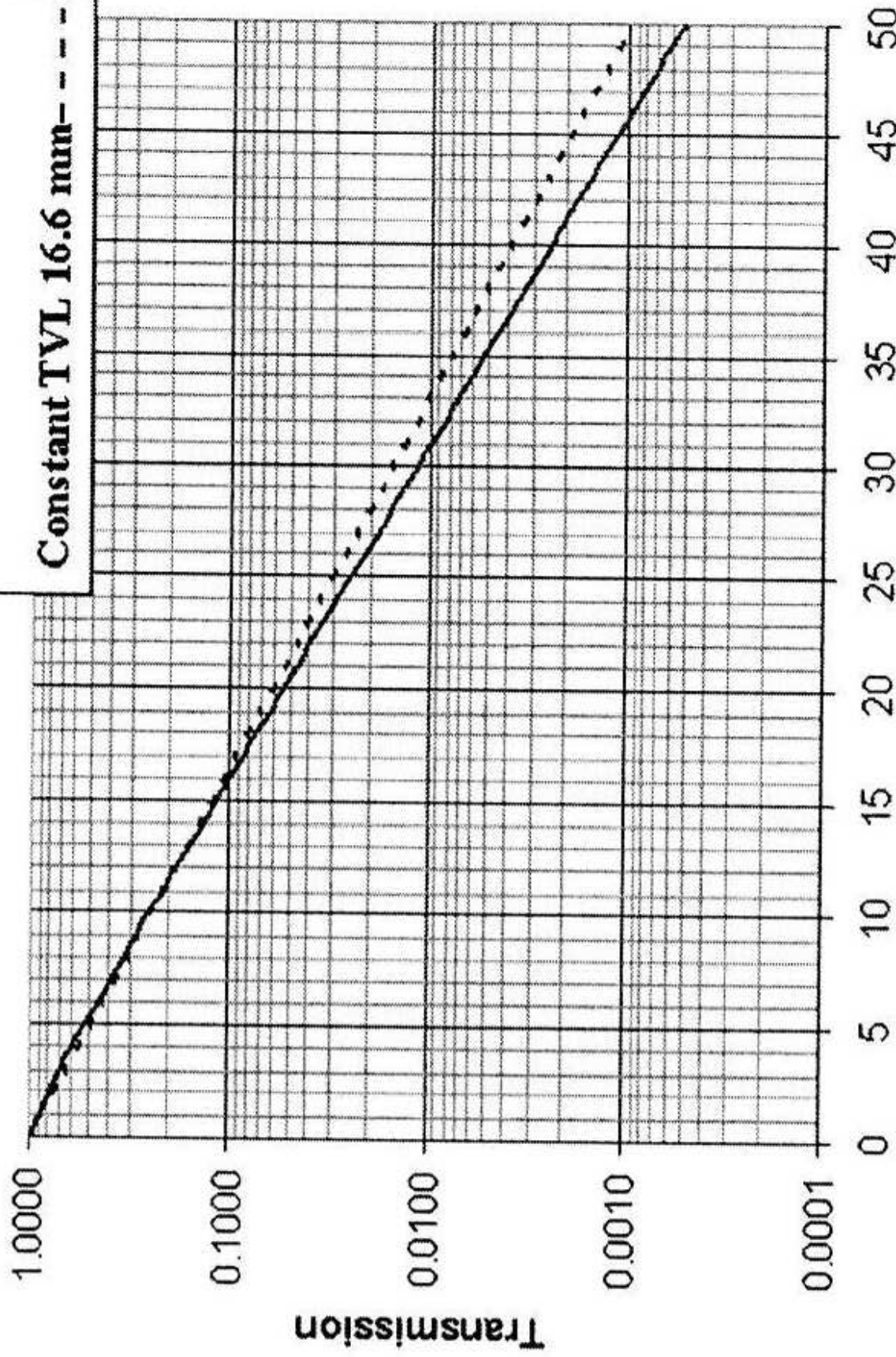
# Monte-Carlo per la stima dei coefficienti di attenuazione

- Con il metodo di Monte-Carlo sono stati valutati i fattori di trasmissione per piombo, cemento e acciaio per fascio di ampiezza infinita. I dati sono pubblicati nel report AAPM 108.
- Per spessori di piombo  $> 10$  mm i dati di TVL pubblicati da NCRP sovrastimano la trasmissione
- Per l'acciaio la trasmissione è sovrastimata al di sopra dei 5 cm.
- Per il cemento il TVL sottostima sotto i 30 cm e sovrastima sopra

# Lead

Monte Carlo Simulation  
(Broad Parallel Beam) —

Constant TVL 16.6 mm - - -

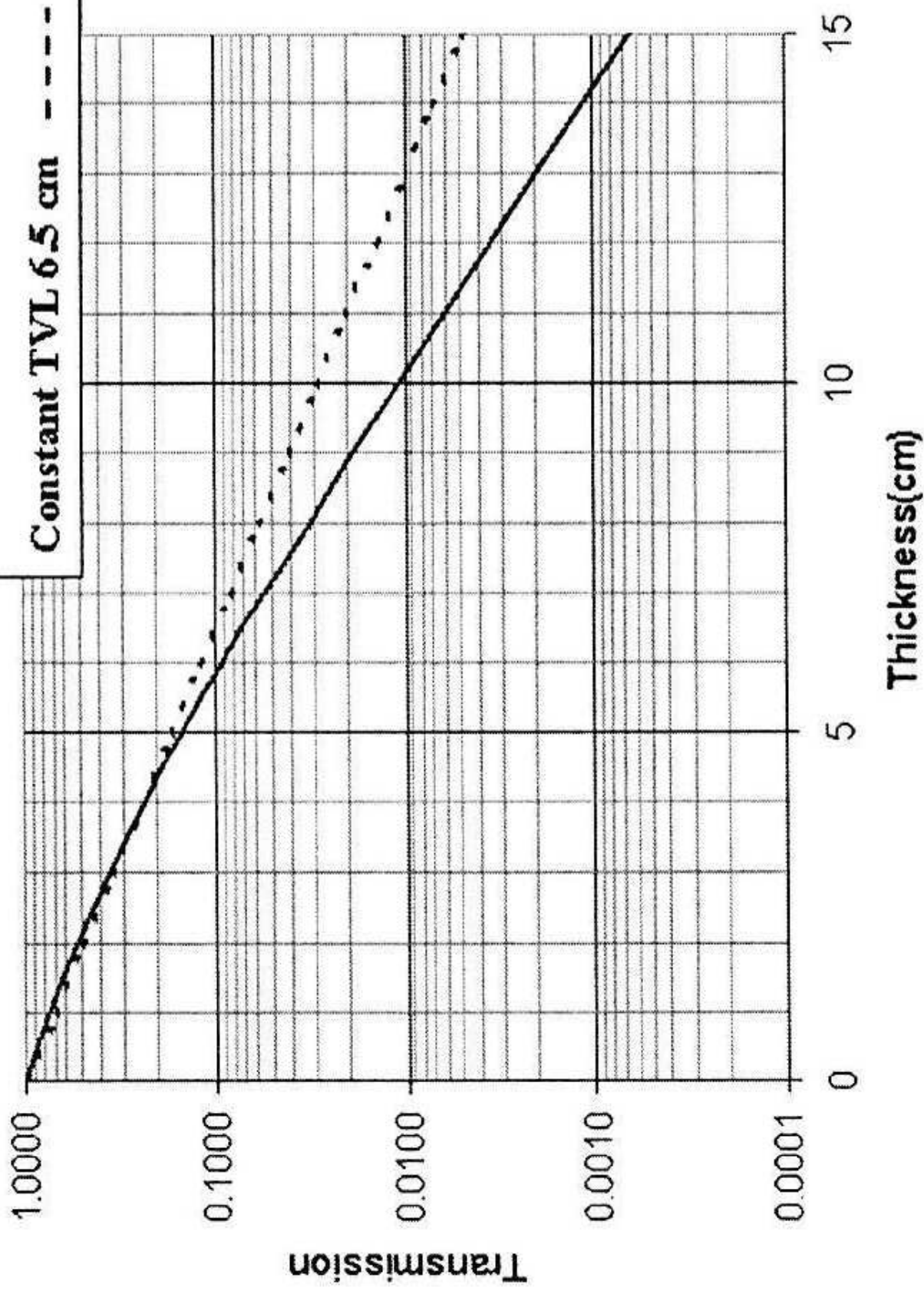


Thickness (mm)

# Iron

Monte Carlo Simulation  
(Broad Parallel Beam) —

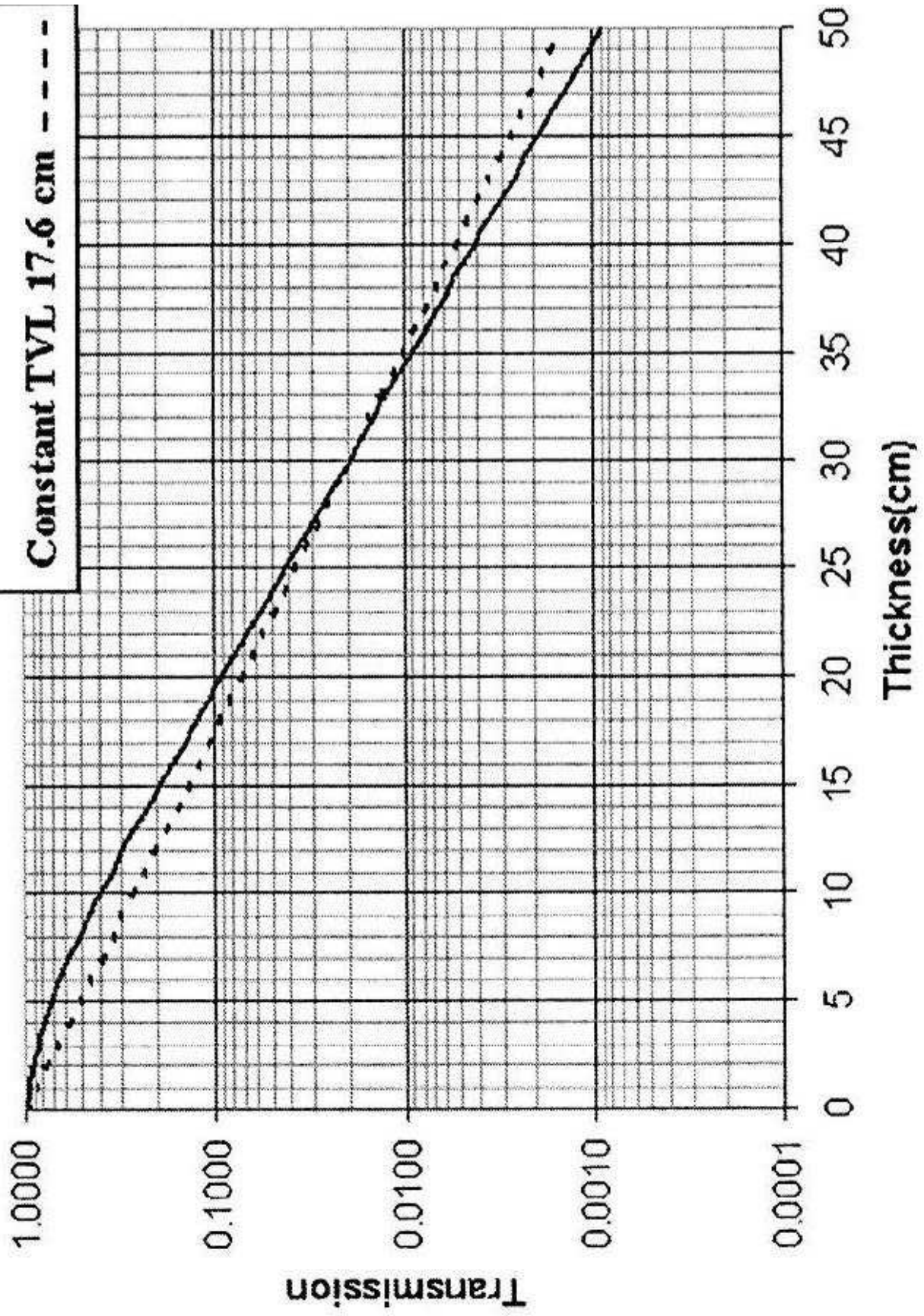
Constant TVL 6.5 cm - - -



# Concrete

Monte Carlo Simulation  
(Broad Parallel Beam) —

Constant TVL 17.6 cm - - -





# Fattori che contribuiscono a determinare lo spessore delle schermature

- Numero di pazienti al giorno
- Quantità di tracciante somministrato per ogni paziente
- Tempo di captazione del paziente
- Tipo di cristallo montato sulla PET
- Tipo di acquisizione 2D o 3D
- Radioisotopi utilizzati
- Organizzazione del lavoro nel reparto e logica dei percorsi



# Acquisizione e cristallo

- Se l'acquisizione è usualmente in modalità 3D occorre una quantità inferiore di radiotracciante
- Se il cristallo è BGO o NaI(Tl) il tempo morto è molto maggiore rispetto a LSO o GSO e quindi la max attività è circa la metà di quanto somministrabile con LSO o GSO

# Irradiazione dei tecnici di medicina nucleare

- Irradiazione al corpo intero
- Irradiazione alle estremità

# Attenuazione

- Il dose-rate che emerge dal paziente è in realtà molto inferiore
- In letteratura sono riportati molti valori, il report AAPM 108 raccomanda di utilizzare  $0,092 \mu\text{Sv m}^2/\text{MBq h}$ . Questo valore corrisponde ad un assorbimento effettivo pari al 36%, in buon accordo con i dati sperimentali.

# Dose rate emergente dal paziente

- Frontale  $0,116 \pm 0,013 \mu\text{Sv/h/MBq}$
- Laterale  $0,064 \pm 0,013 \mu\text{Sv/h/MBq}$
- Testa  $0,043 \pm 0,006 \mu\text{Sv/h/MBq}$
- Piedi  $0,016 \pm 0,003 \mu\text{Sv/h/MBq}$

# I dati di irradiazione in letteratura....

Sono i più vari e dipendono:

- Dai presidi adottati
- Dal numero di pazienti
- Dalla attività iniettata
- Dall'organizzazione del lavoro

# Contributi di dose da irradiazione in PET (1)

- I dati riportati sono stati ottenuti utilizzando un dosimetro Geiger Mueller tascabile (accuratezza 5%)
- Il dosimetro era tarato con sorgenti in acqua e in aria per le energie dei radioisotopi utilizzati
- Le misure sono state corrette per il fondo

# Contributi di dose da irradiazione in PET (2)

- Controlli di qualità giornalieri:  $0.11 \pm 0.04 \mu\text{Sv}$
- Due scan trasmissivi:  $2.9 \pm 3.0 \mu\text{Sv}$
- Preparazione siringa:  $0.3 \pm 0.1 \mu\text{Sv}$  con 500 MBq di F-18
- Somministrazione e accompagnamento del paziente alla sala di attesa:  $2.8 \pm 1.8 \mu\text{Sv}$  (siringa schermata con 4 mm di Pb)
- Scan emissivo:  $1.7 \pm 1.5 \mu\text{Sv}$  (Tecnico separato dalla sala di acquisizione da un vetro equivalente a 5 mm di Pb, Gantry a 4.5 m dal vetro)
- Allontanamento del paziente:  $0.8 \pm 0.2 \mu\text{Sv}$

# Dose rate siringa schermata

Schermatura 8 mm tungsteno

Distanza (cm)	Dose-rate ( $\mu\text{Sv/h/GBq}$ ) $\perp$ siringa	Dose-rate ( $\mu\text{Sv/h/GBq}$ )     siringa
contatto	6690	
10	2400	6900
25	630	1950
50	160	500



# Dose alle mani

Preparazione di una siringa contenente 345 MBq di F-18

- Mano destra  $204.9 \pm 24 \mu\text{Sv}$
- Mano sinistra  $198.4 \pm 23 \mu\text{Sv}$

# Pet pediatrica

- Tempo di somministrazione maggiore
- Tempo di posizionamento maggiore
- Sedazione o anestesia
- Cateterizzazione vescicale

# Confronto PET/esami convenzionali di Medicina Nucleare

- Esami tradizionali: 0.2 - 0.4  $\mu\text{Sv}$
- Angiocardioscintigrafia:  $1.0 \pm 0.5 \mu\text{Sv}$
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi:  $1.7 \pm 1 \mu\text{Sv}$
- Pet:  $5.9 \pm 1.2 \mu\text{Sv}$

# Dose annuale da irraggiamento

- Centro Pet che esegue 5 PET al giorno
- Il lavoro è condotto su 5 giorni alla settimana
- 43 settimane lavorative in un anno
- Attività iniettata 500 MBq

Dose annuale da irraggiamento 12.4 mSv

# Al Galliera di Genova ...

- Attività iniettata 370 MBq
- Numero di pazienti al giorno 8
- 43 settimane lavorative
- 5 giorni lavorativi alla settimana

Dose annuale stimabile da irraggiamento al  
corpo intero 14.7 mSv

# Dosi lette dai dosimetri al Galliera per 2 tecnici della PET

- Dosi annuali

Tecnico	Corpo intero (mSv)	Avambraccio (mSv)
A	5.4	55.8
B	7.2	30.6

# Dose per esame PET

Considerato il numero totale di esami PET eseguiti in un anno, stimiamo la dose da irraggiamento per ogni esame PET

- Dose al corpo intero:  $6.3 \mu\text{Sv}/\text{esame}$
- Dose avambraccio:  $43 \mu\text{Sv}/\text{esame}$

# Confronto al Galliera PET/Medicina Nucleare Tradizionale

Confronto tra dosi annuali al corpo intero tra 2 tecnici stabilmente alla PET e 2 tecnici normalmente alla gamma camera

TSRM	PET	Gamma Camera
1	5.4	0.84
2	7.2	0.60



# Bibliografia

- ✓ AAPM Task Group 108: Pet and Pet/CT shielding requirements; Med. Phys. 33(1), January 2006
- ✓ Radiation dose to technicians per nuclear medicine procedure: comparison between technetium-99m, gallium-67, and iodine-131 radiotracer and fluorine-18 fluoredeoxyglucose; European Journal of Nuclear Medicine 24(11), Nov. 1997
- ✓ Technical Issues in performing Pet studies in pediatric patients; Journ. Of Nuclear Med. Techn. 32(1),2004
- ✓ Technologist radiation exposure in routine clinical practice with  $^{18}\text{F}$ -FDG PET; Journ. of Nucl. Med. 33(3),2005
- ✓ Radiation Dose to PET Technologists and strategies of lower occupational exposure; Journ. of Nucl. Med. 33(1),2005
- ✓ Patient self-attenuation and technologist dose in positron emission tomography; Med. Phys. 32(4), April 2005