



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 β^+ 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 _{max} positr. (MeV)	E fotoni (KeV)
¹¹ C	20.4 min	β ⁺	0.96	511
¹³ N	10 min	β ⁺	1.19	511
¹⁵ O	2 min	β ⁺	1.72	511
¹⁸ F	109.8 min	β ⁺ , EC	0.63	511
⁶⁴ Cu	12.7 h	β ⁺ , β ⁻ , EC	0.65	511, 1346
⁶⁸ Ga	68.3 min	β ⁺ , EC	1.9	511
⁸² Rb	76 s	β ⁺ , EC	3.35	511, 776
¹²⁴ I	4.2 d	β ⁺ , 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 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**

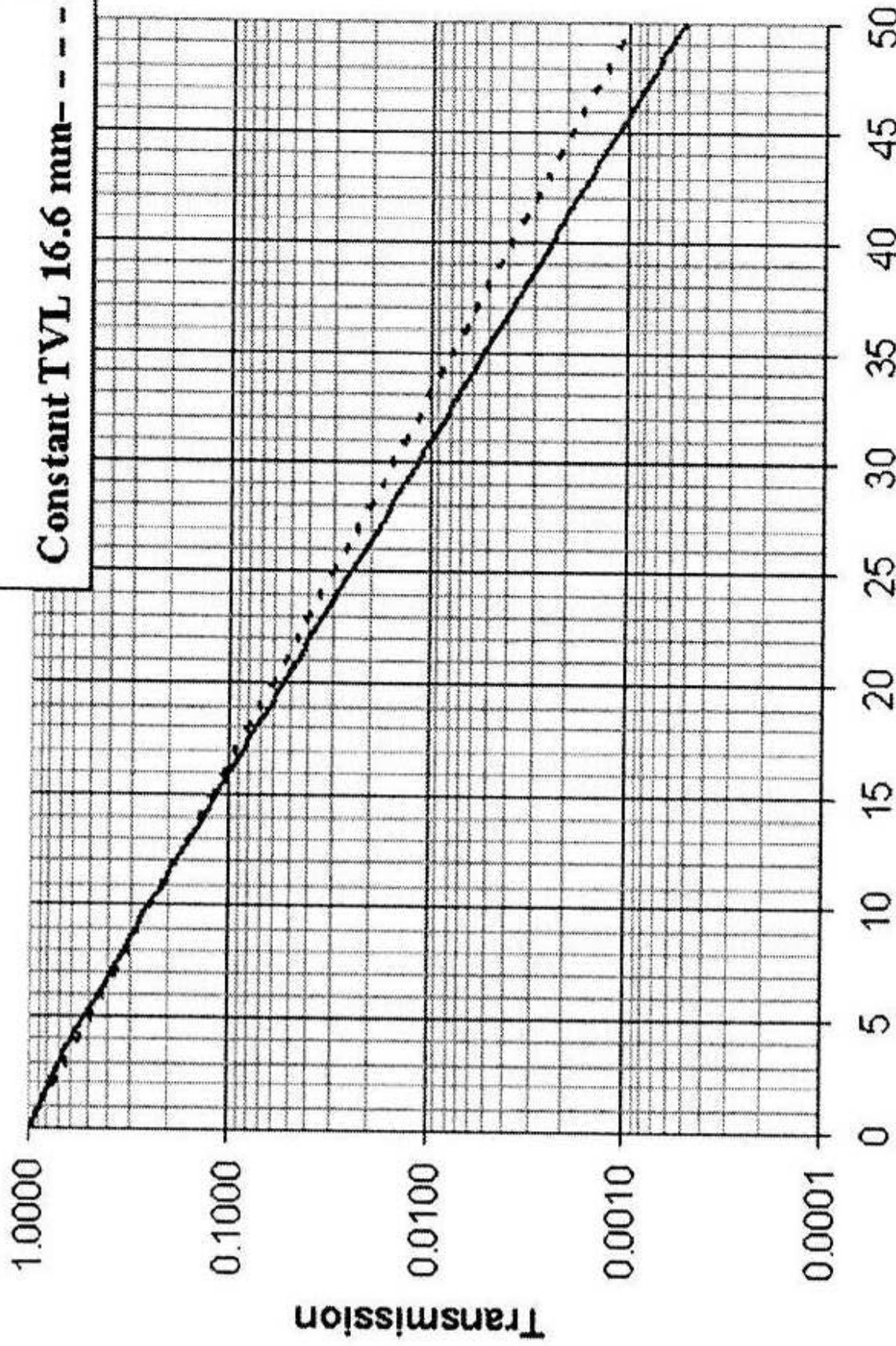
Monte-Carlo per la stima dei coefficienti di attenuazione

- 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 - - -

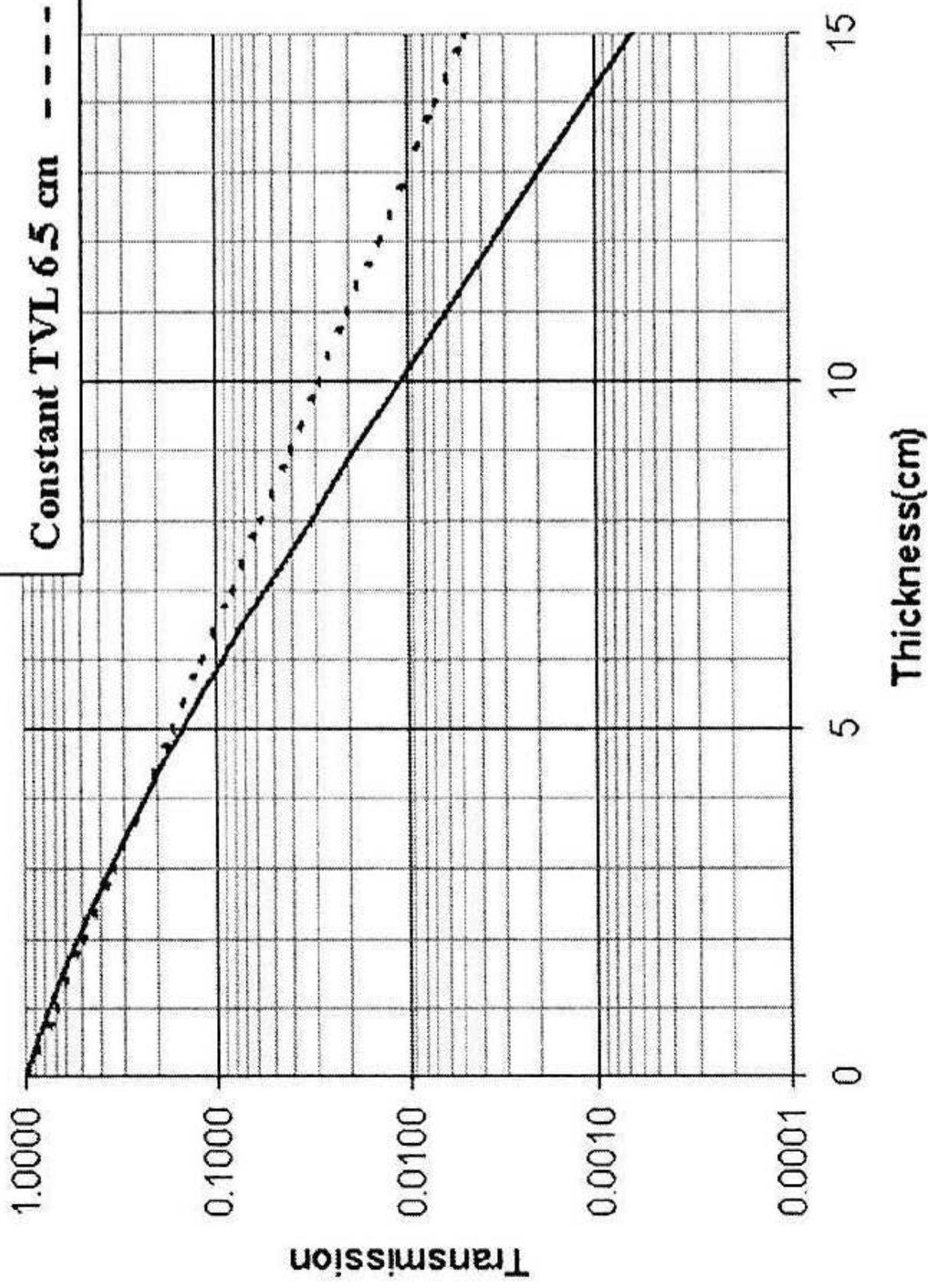


Thickness (mm)

Iron

Monte Carlo Simulation
(Broad Parallel Beam) —

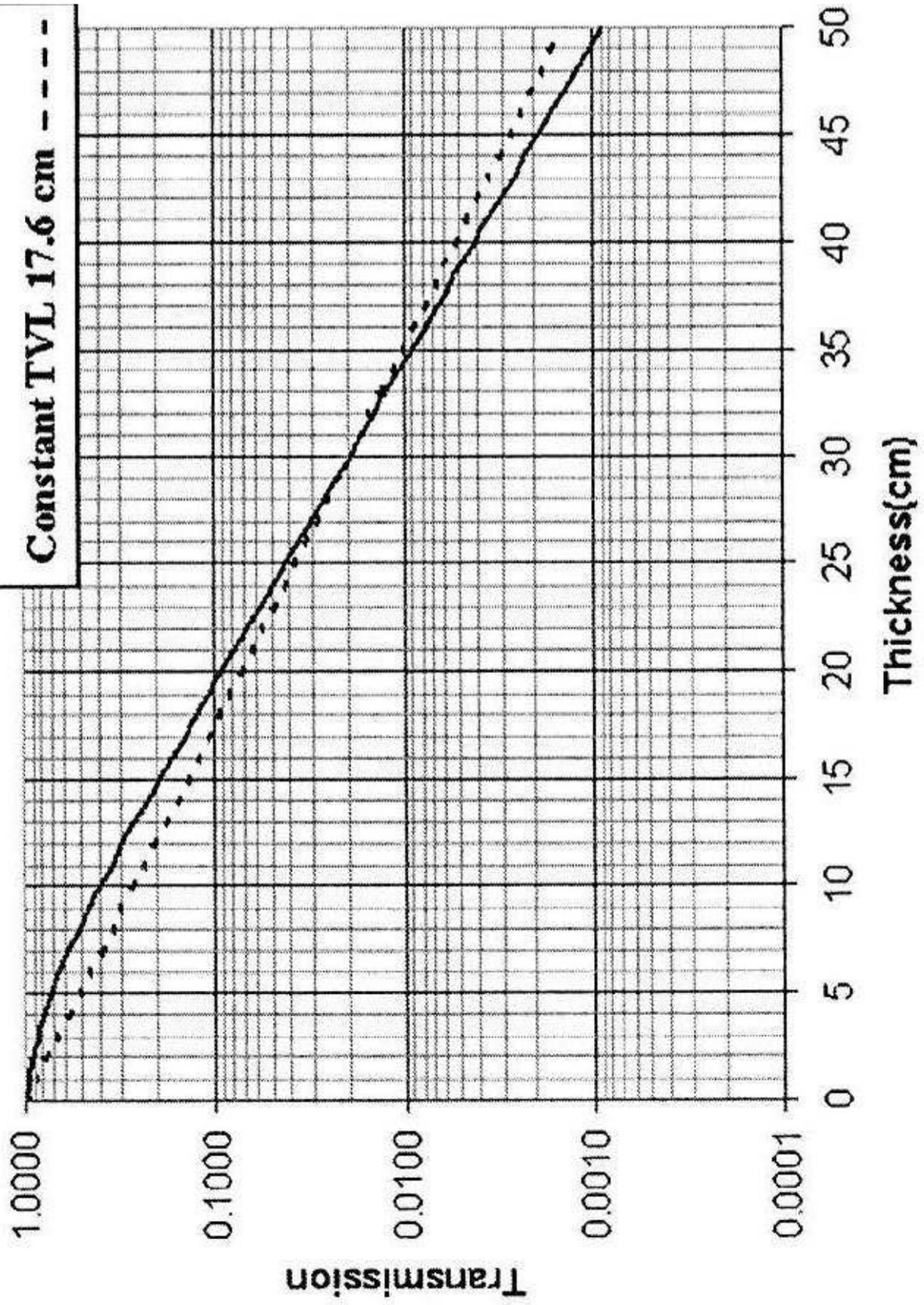
Constant TVL 6.5 cm - - -



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 μSv
- 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}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