



UNIVERSITÀ - OSPEDALE di PADOVA

MEDICINA NUCLEARE



MEDICINA NUCLEARE

Fondamenti di base 2

Franco Bui, Diego Cecchin

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

UNITÀ DI MISURA

Attività **Becquerel** **Bq** 1 disintegrazione/sec

Nel passato si utilizzava il Curie (Ci) che equivale a 37 GBq e corrisponde al numero di disintegrazioni/sec in un grammo di ^{226}Ra

Dose Assorbita **Gray** **Gy** **J/Kg**

Nel passato si utilizzava il rad (1 rad = 1 cGy = 10^{-2} Gy)

Si riferisce alla quantità di energia rilasciata da una radiazione ad un materiale. 1 Gray si definisce come "l'assorbimento di 1 Joule di energia per chilogrammo di materiale"

Dose Equivalente **Sievert** **Sv** **J/kg**

Nel passato si utilizzava il rem (1 rem = 1 cSv = 10^{-2} Sv)

Tiene conto dei diversi effetti che i diversi tipi di radiazioni (α, β, γ) possono causare su un organo o tessuto. Si ottiene moltiplicando la dose assorbita per un fattore di ponderazione (1 per fotoni, 20 per α , 5-20 per neutroni a seconda della loro energia)

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

DOSI SOGLIA LETALI per PANIRRADIAZIONE

dose acuta (mSv)	EFFETTO	SINTOMI
< 1000	Non letale in soggetti sani	Alterazioni ematologiche
1000-2000	Sopravvivenza probabile se curata	Sindrome emopoietica
2000-5000	Sopravvivenza possibile se curata	Sindrome emopoietica
5000-6000	Scarsa probabilità di sopravvivenza	Sindrome emopoietica
> 6000	Letale	Sindrome intestinale
> 10000	Letale	Sindrome neurologica

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

DOSI SOGLIA PER DANNI DETERMINISTICI

Organo bersaglio	acuta mSv	cronica mSv/anno	Cat.A anno	Cat.B anno
Testicoli - sterilità temporanea	150	400	20	6
Testicoli - sterilità permanente	350-600	2000	20	6
Ovaio - sterilità permanente	2500-6000	> 200	20	6
Cristallino – opacità/cataratta	500-2000	> 50	20	20
Cute	3000-8000	1000-2000	500	150
Midollo emopoietico - depressione	500	> 400	20	6
Midollo emopoietico - aplasia	1500	> 1000	20	6
Sindrome gastro-intestinale	5000-6000			
Sindrome nervosa	10000			

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

Categorie di RISCHIO-BENEFICIO

Livello di Rischio	Categoria	Dose Eff. (mSv)	Beneficio previsto
Irrilevante	I	< 0.1	minimo
Minimo	IIa	0.1 - 1	basso
Basso	IIb	1 - 10	discreto
Discreto	III	> 10	sostanziale

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

DOSIMETRIA in MEDICINA NUCLEARE

Procedura	Radiofarmaco	LDR MBq	Dose E. mSv	Categoria beneficio
Cistografia	^{99m} Tc-DTPA	40	0.002	I
Sc. Tiroidea	^{99m} Tc	150	1.8	IIb
Sc. Ep.Biliare	^{99m} Tc-IDA	185	2.8	IIb
Sc. Renale din.	^{99m} Tc-MAG3	160	1.1	IIb
Sc. Renale stat.	^{99m} Tc-DMSA	160	1.4	IIb
Sc. Polmonare	^{99m} Tc-MAA	160	1.7	IIb
Sc. Scheletrica	^{99m} Tc-MDP	740	4.3	IIb
SPET miocardica	^{99m} Tc-MIBI	740	5.2	IIb
SPET cerebrale	^{99m} Tc-HMPAO	740	6.8	IIb
Sc. con Gallio	⁶⁷ Ga citrato	110	12	III
Sc. recettoriale	¹¹¹ In-octreotide	185	21	III

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

DOSIMETRIA in RADIODIAGNOSTICA

Procedura	midollo mSv	seno mSv	gonadi mSv	Dose Eff.	Categoria benefico
Rx. Torace	0.04	0.09	<0.01	0.04	I
Rx. Cranio	0.2	<0.01	<0.01	0.1	IIa
CUM	<0.01	<0.01	<0.01	0.3-0.6	IIa
Rx. Addome	0.4	0.03	2.2 - 0.4	1.2	IIb
Rx. colonna torac.	0.7	1.3	<0.01	1.0	IIb
Rx. colonna lomb.	1.4	0.07	4.3 - 0.1	2.1	IIb
Rx. bacino	0.2	<0.01	1.2 - 4.6	1.1	IIb
Urografia i.v.	1.9	3.9	3.6 - 4.3	4.2	IIb
Clisma opaco	8.2	0.7	16 - 3.4	8.7	IIb

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

DOSIMETRIA in TC

Procedura	midollo mSv	seno mSv	cute mSv	gonadi mSv	Dose Eff.	Categoria benefico
TC testa	0.2	<0.01	20-50	<0.01	2	IIb
TC torace	6	21	20-50	0.08	7-10	IIb
TC addome	5.6	0.7	20-50	8 - 0.7	8-12	IIb - III
TC bacino	5.6	0.03	20-50	23 - 1.7	8-12	IIb - III

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

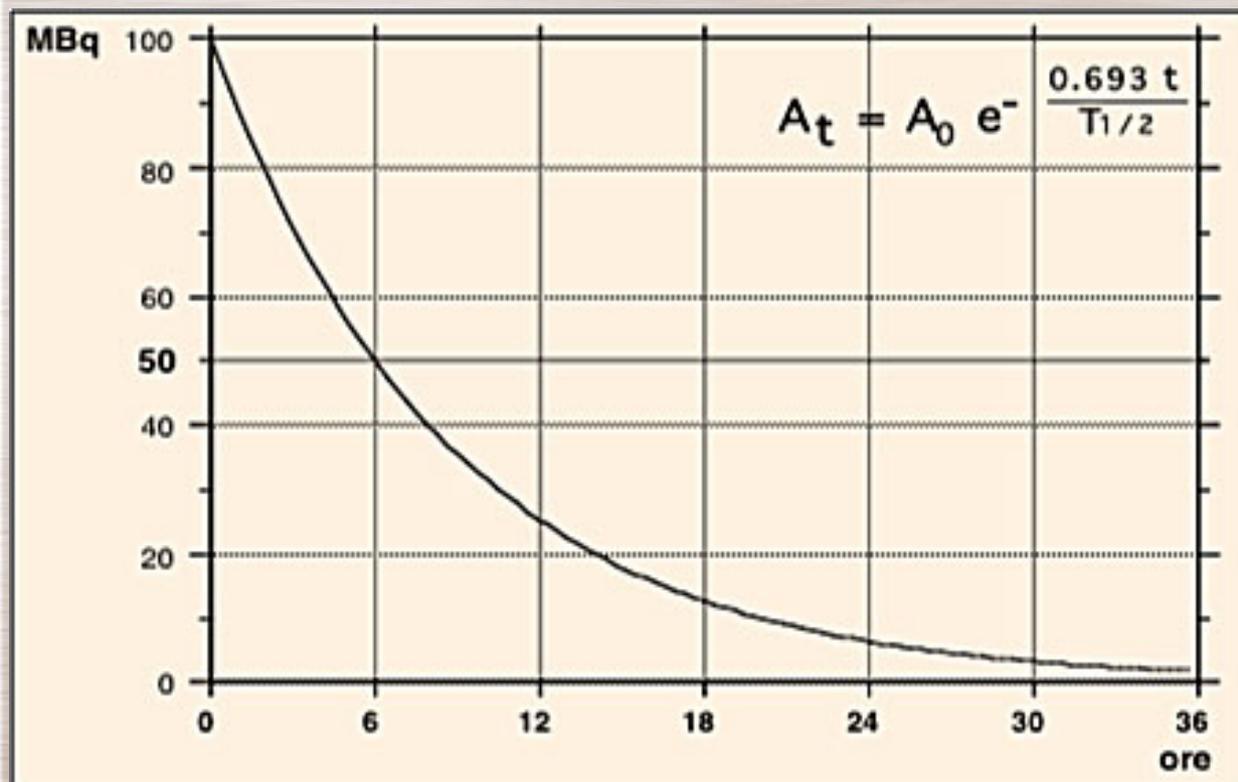
DOSIMETRIA in ANGIOGRAFIA

Procedura	Cute mSv	Dose Eff.	Categoria benefico	
Angio toracica	100 - 1000	3 - 25	IIb	III
Angio addominale	100 - 1000	5 - 50	IIb	III
Interventistica	200 - 5000	10 - 100	III	

DOSIMETRIA PET e PET-CT

Procedura	Radiofarmaco	LDR MBq	Dose E. mSv	Categoria benefico
PET	¹⁸F-FDG	370	7	IIb
PET-CT (corr.atten.)	¹⁸F-FDG	370	8	IIb
PET-CT (localizzaz.)	¹⁸F-FDG	370	~ 20	III
PET-CT diagnostica	¹⁸F-FDG	370	~ 30	III

EMIVITA FISICA



Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

RADIOFARMACI

DEFINIZIONE

Prodotti radioattivi, privi di effetti farmacologici, somministrabili nell'uomo per uso diagnostico o terapeutico

CARATTERISTICHE OTTIMALI PER USO DIAGNOSTICO

- Facilmente e prontamente disponibili
- Emivita sufficientemente breve da ridurre la dosimetria
- Emivita sufficientemente lunga da permettere l'esecuzione delle indagini
- Emittente gamma puro con $100 \text{ keV} < \text{energia} < 200 \text{ keV}$
- Concentrazione limitata all'organo/tessuto da indagare
- Scarsa irradiazione per gli organi critici

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

^{99m}Tecnezio L' ECO-NUCLIDE

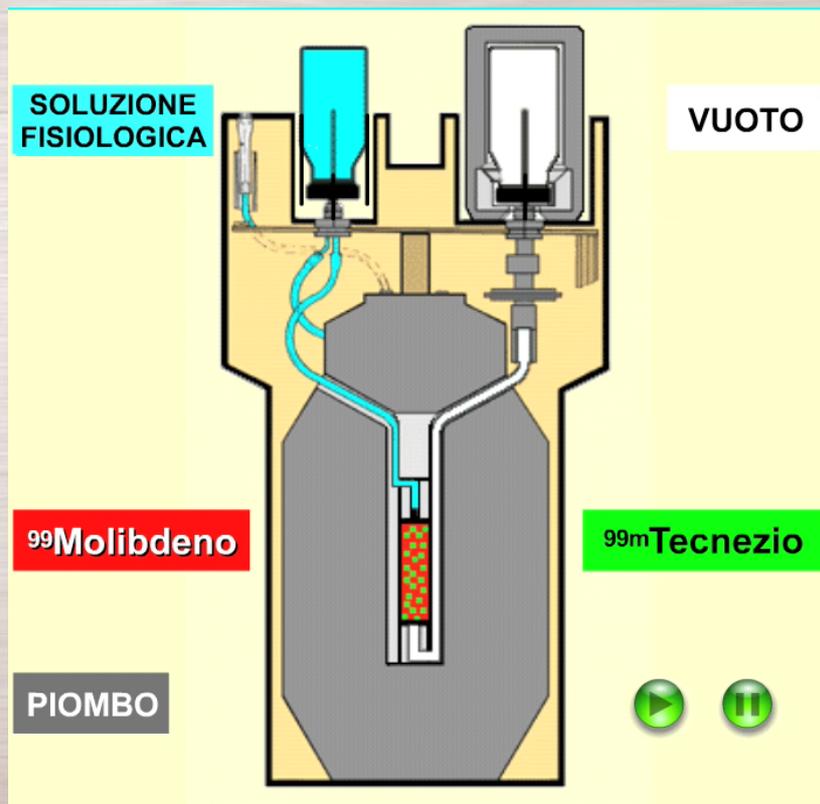
ECOLOGICO



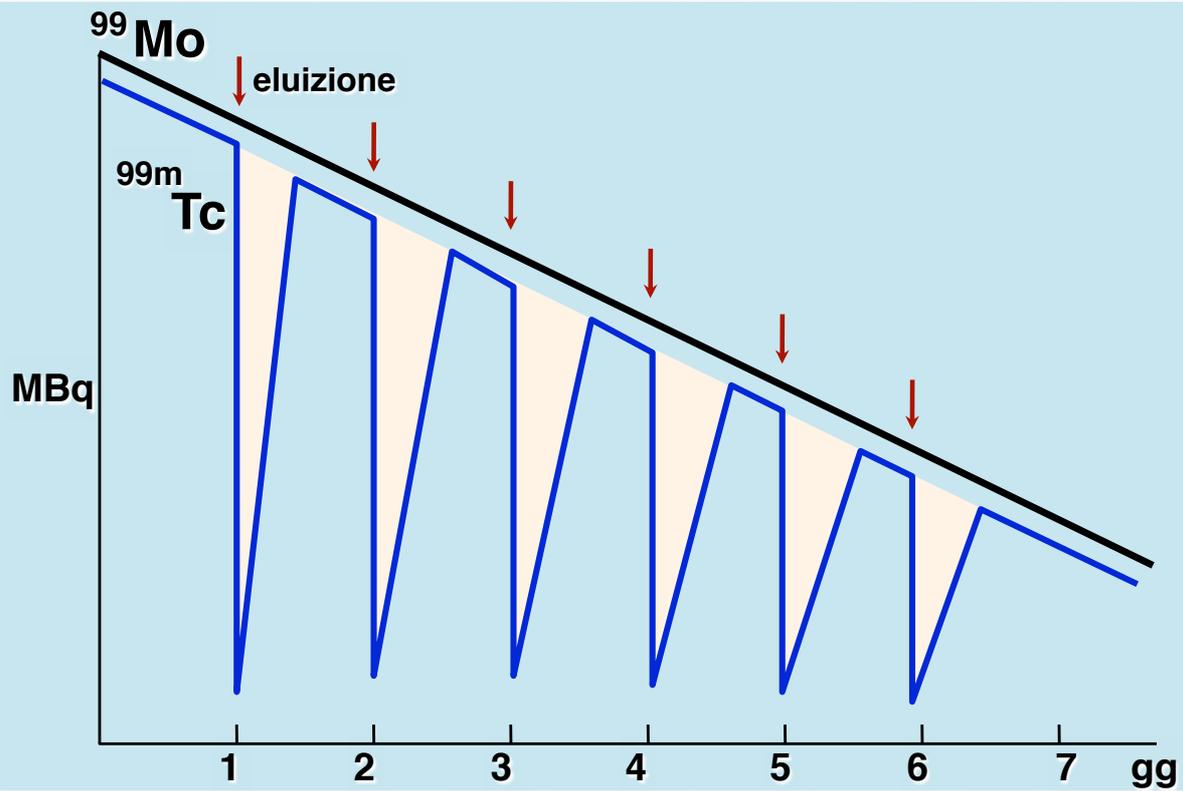
ECONOMICO



GENERATORE $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}\text{Tc}$



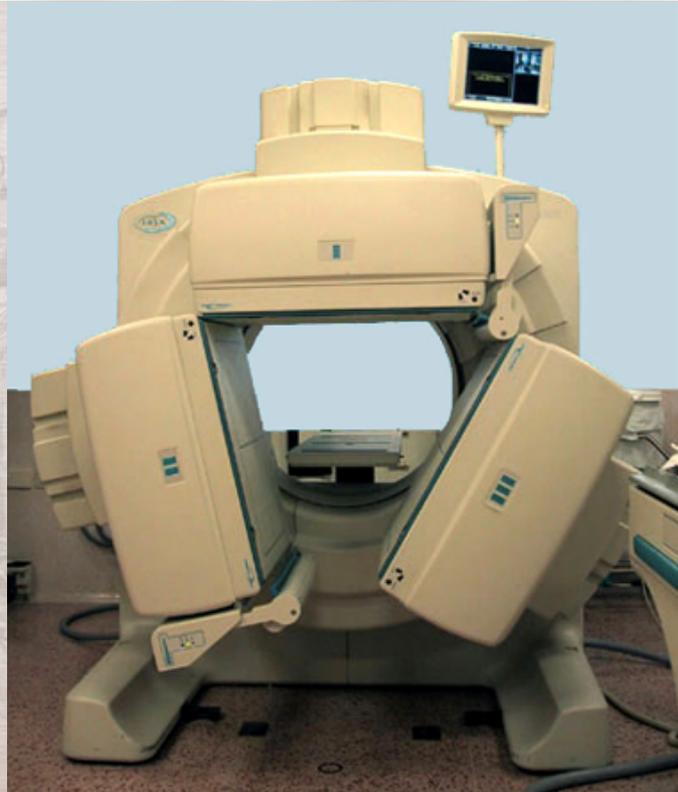
GENERATORE $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99\text{m}}\text{Tc}$



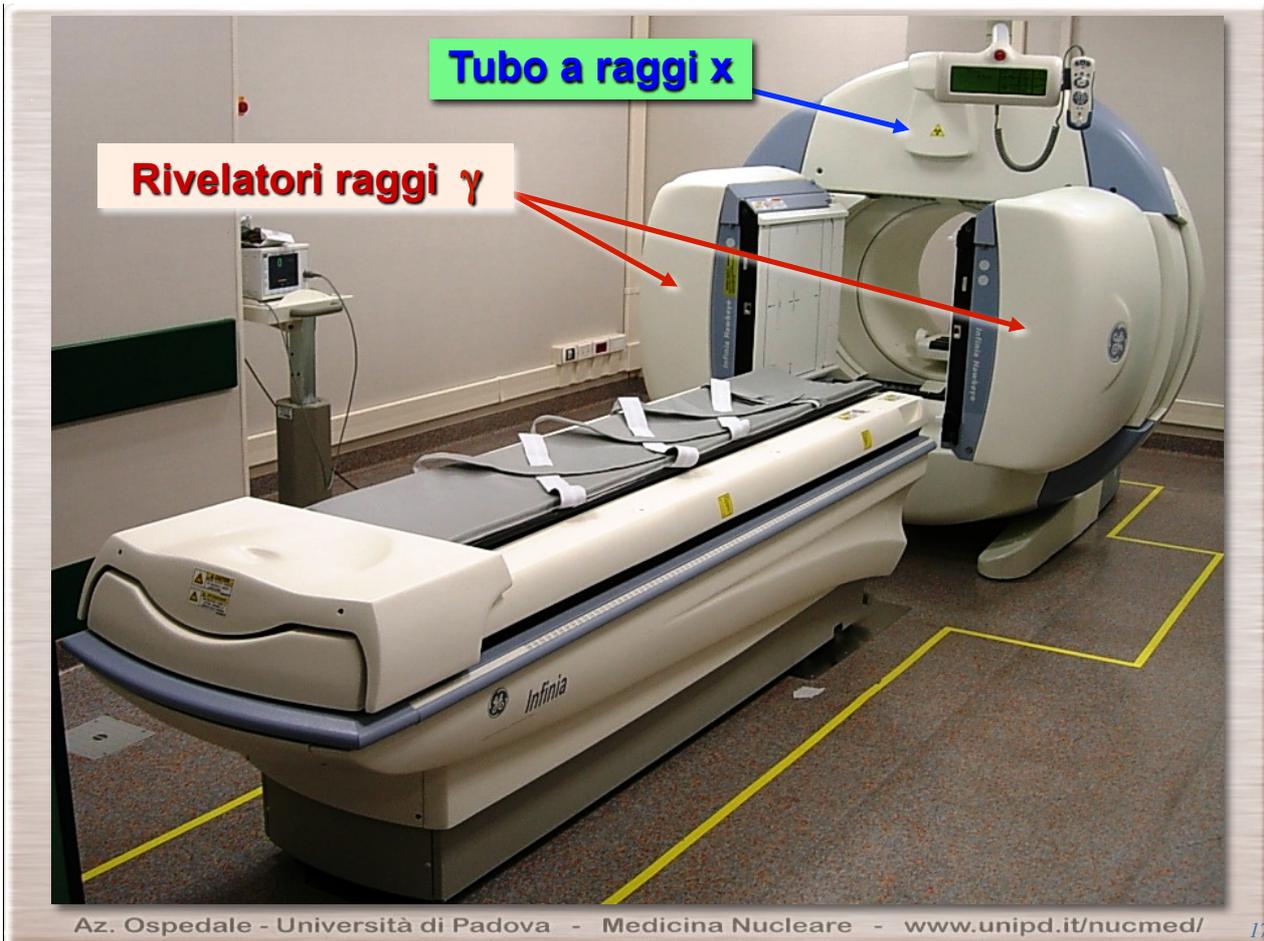
Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

SPET - SPECT

Single
Photon
Emission
Computed
Tomography



Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/



CLASSIFICAZIONE della RADIOATTIVITÀ

Radioattività naturale

- Tutti i nuclidi con numero atomico > 92
- Trizio
- Carbonio-14
- Potassio-40

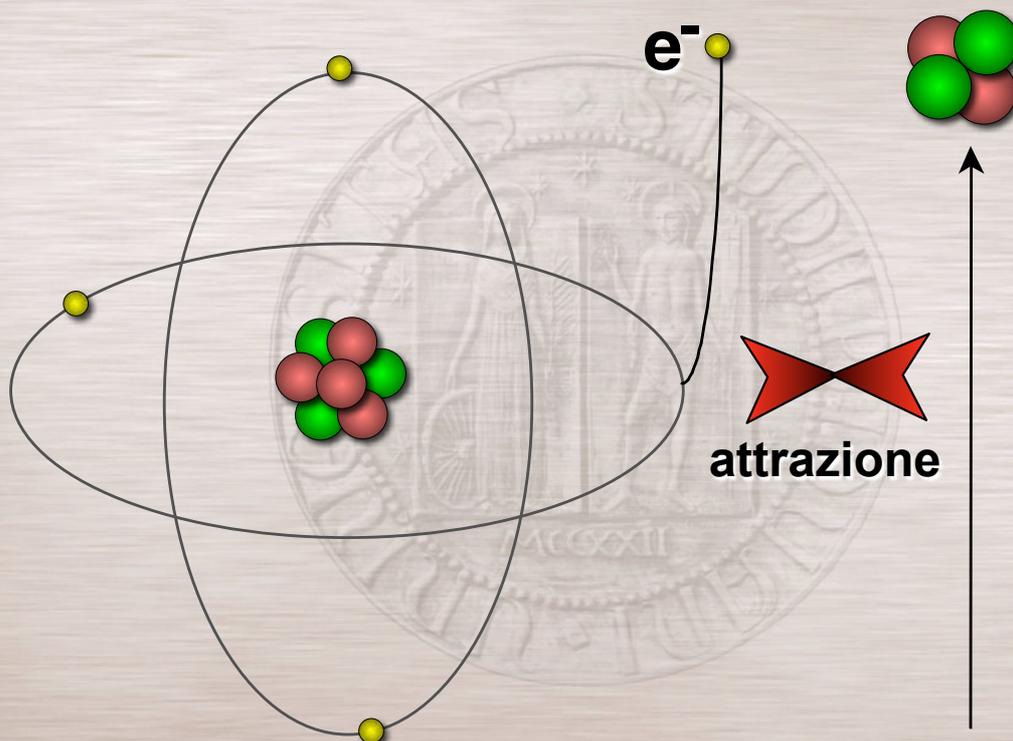
Radioattività artificiale

DECADIMENTO α^{++}

Definizione ed origine

- Particella lenta, corrispondente al nucleo dell'elio, composta cioè da **2 neutroni e 2 protoni**, con carica **+2** e massa elevata (circa 7400 volte la massa dell'elettrone).

IONIZZAZIONE α^{++} - Modalità



IONIZZAZIONE α^{++} - Caratteristiche

- Perdita di 34 eV / ionizzazione in aria
- Ionizza per attrazione
- Una particella alfa di 3.4 MeV ionizza 100.000 volte prima di fermarsi
- Tale ionizzazione avviene in soli 2 cm di aria
- Ionizzazione Specifica in aria
(ionizzazioni/cm per una radiaz. di 1 MeV) = **60.000**
- Range in aria : **< 5 cm**

DECADIMENTO β^-

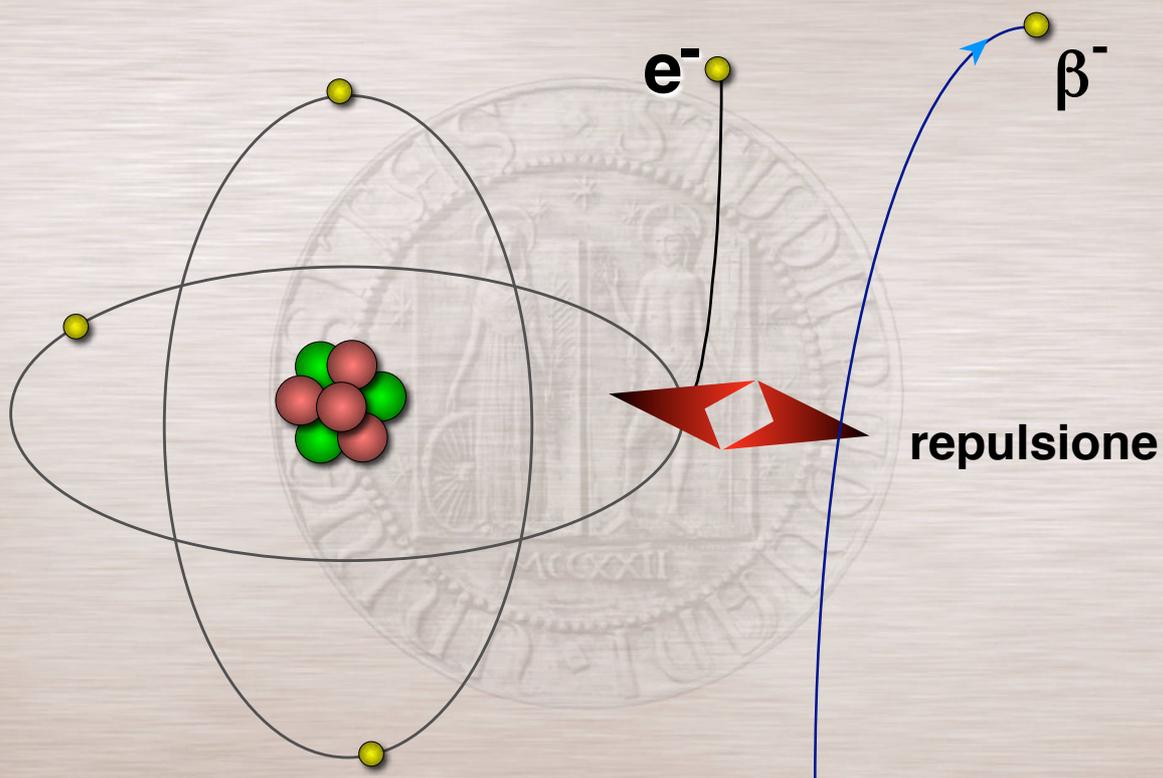
Definizione ed origine

- Particella ad alta velocità con carica **-1** e massa **1/1836** della massa del protone (0.000549 amu), emessa dal nucleo.

IONIZZAZIONE β^- - Caratteristiche

- Perdita di 34 eV / ionizzazione in aria
- Ionizza per repulsione
- Una particella β^- di 3.4 MeV ionizza 100.000 volte prima di fermarsi
- Tale ionizzazione avviene in soli 2 m di aria
- Ionizzazione Specifica in aria (ionizzazioni/cm per una radiazione di 1 MeV) = **42**
- Range in aria : **fino ad alcuni metri**

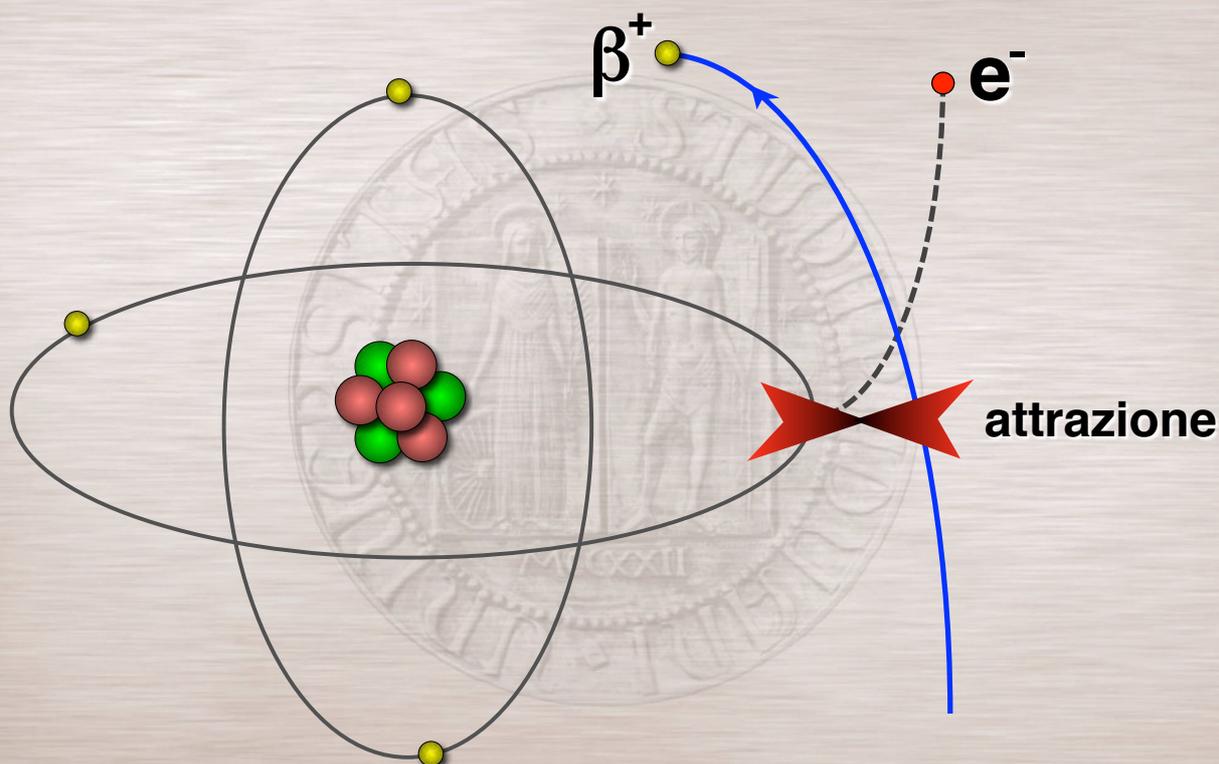
IONIZZAZIONE β^- - Modalità



IONIZZAZIONE β^+ - Caratteristiche

- Perdita di 34 eV / ionizzazione in aria
- Ionizza per attrazione
- Una particella β^+ di 3.4 MeV ionizza 100.000 volte prima di fermarsi
- Tale ionizzazione avviene in soli 2 m di aria
- Ionizzazione Specifica in aria (ionizzazioni/cm per una radiaz. di 1 MeV) = **42**
- Range in aria: fino ad alcuni metri
entro 10E-9 sec annichila

IONIZZAZIONE β^+ - Modalità



Equivalenza Massa-Energia

$$E = m c^2 \quad (\text{Relazione di Einstein})$$

E = Energia in joule

m = Massa in kg

c = Velocità della luce in m/sec

Energia rilasciata da **1 grammo** di materia:

E = Energia in joule

$$E = 10^{-3} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 9 \cdot 10^{13} \text{ joule} \quad (\mathbf{25 \text{ GWh}})$$

ANNICILAZIONE

elettrone + positrone \rightarrow **annichilazione**

$$\text{amu elettrone} = 0.000549$$

$$\text{amu positrone} = 0.000549$$

$$\text{Tot.} = 0.001098 \times 931.2 = \mathbf{1.02 \text{ MeV}}$$

Energia distribuita in **2 fotoni γ** di **0.51 MeV** emessi nella stessa direzione, e verso opposto

ANNICILIAZIONE

entro $\sim 10^{-9}$ sec



Positron **E**mission **T**omography

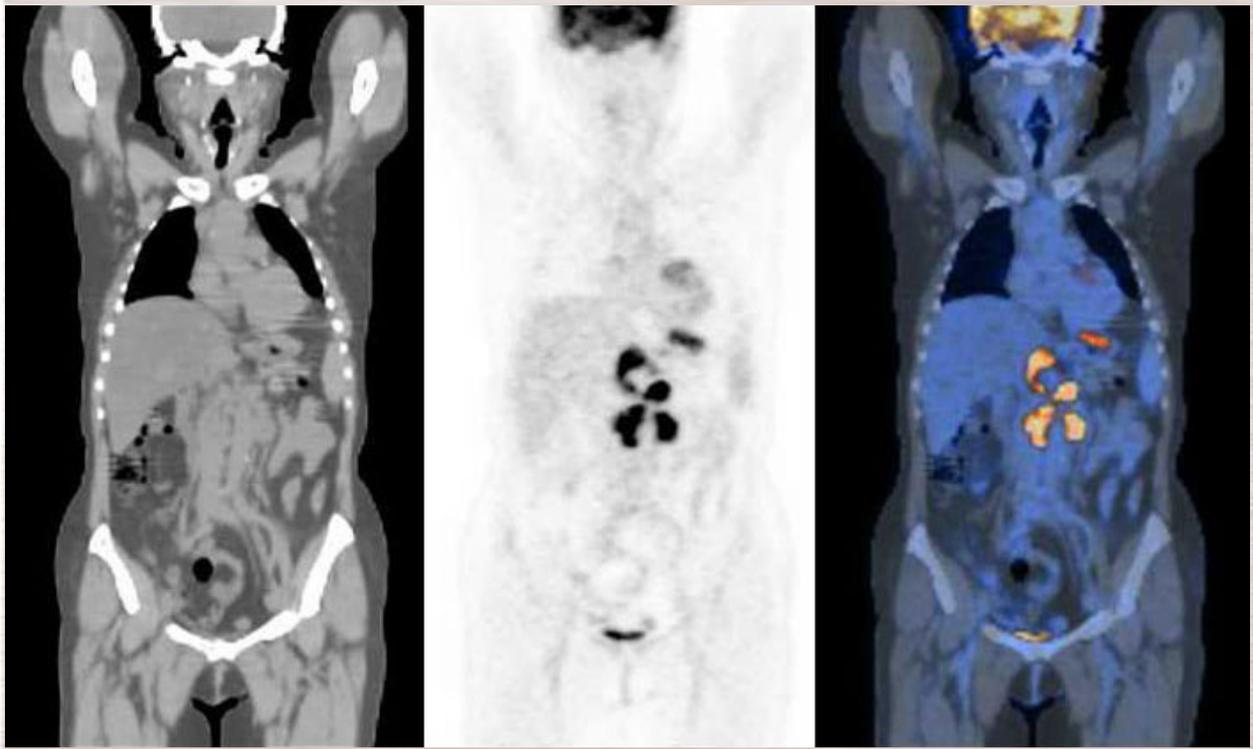


PET - CT

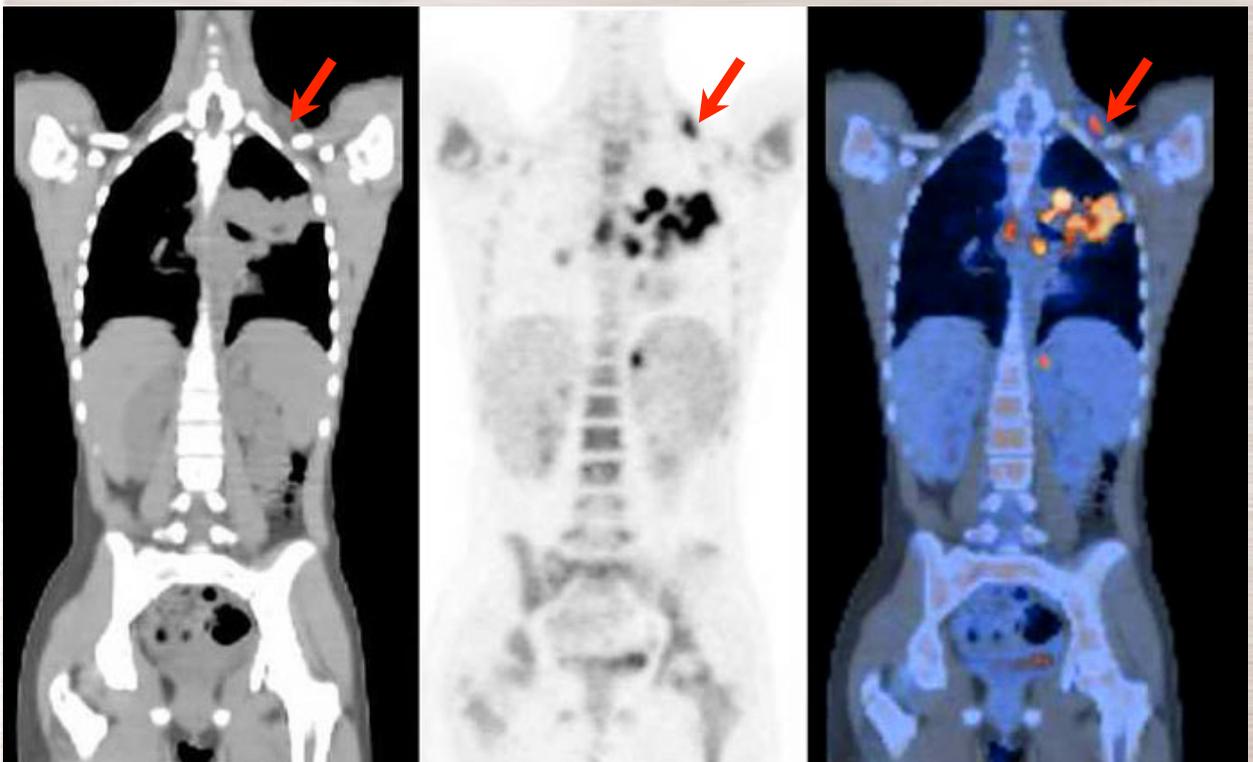
- Stato dell'arte in MN
- Fusione "intrinseca" immagini PET e CT
- Elevata informazione morfo-funzionale



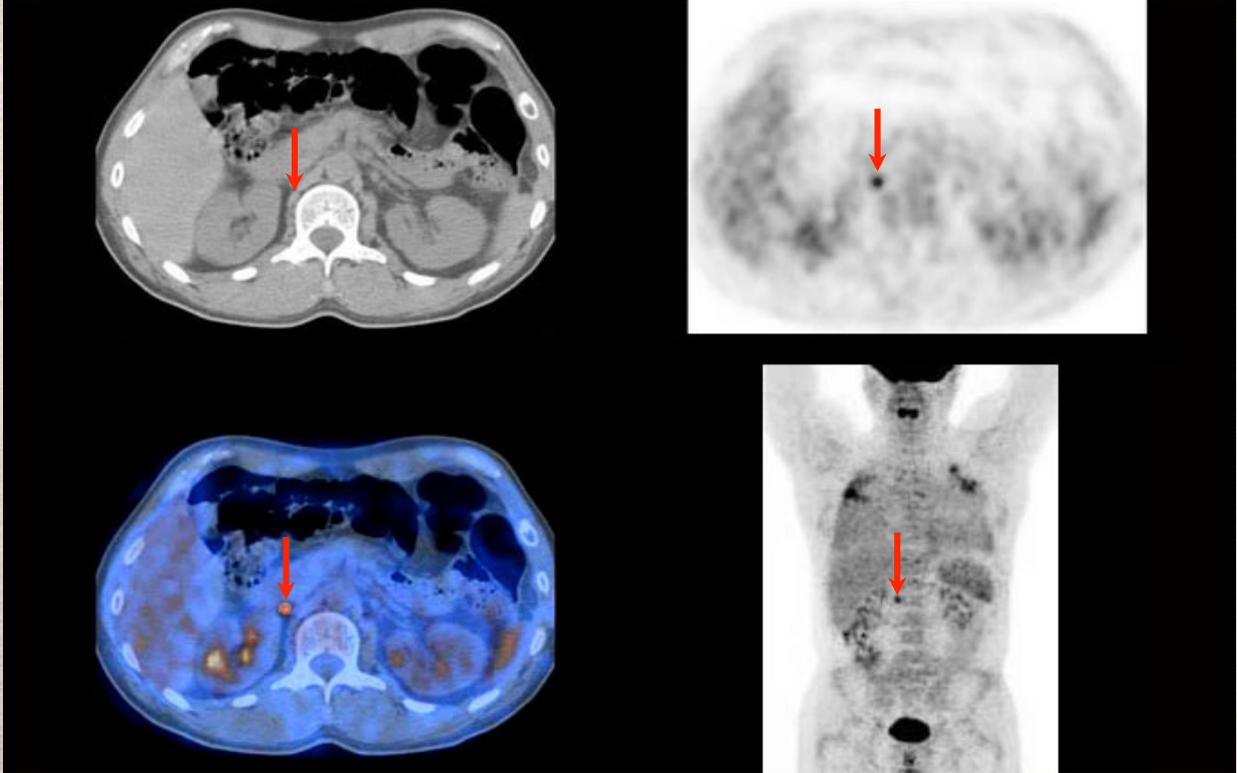
PET - CT



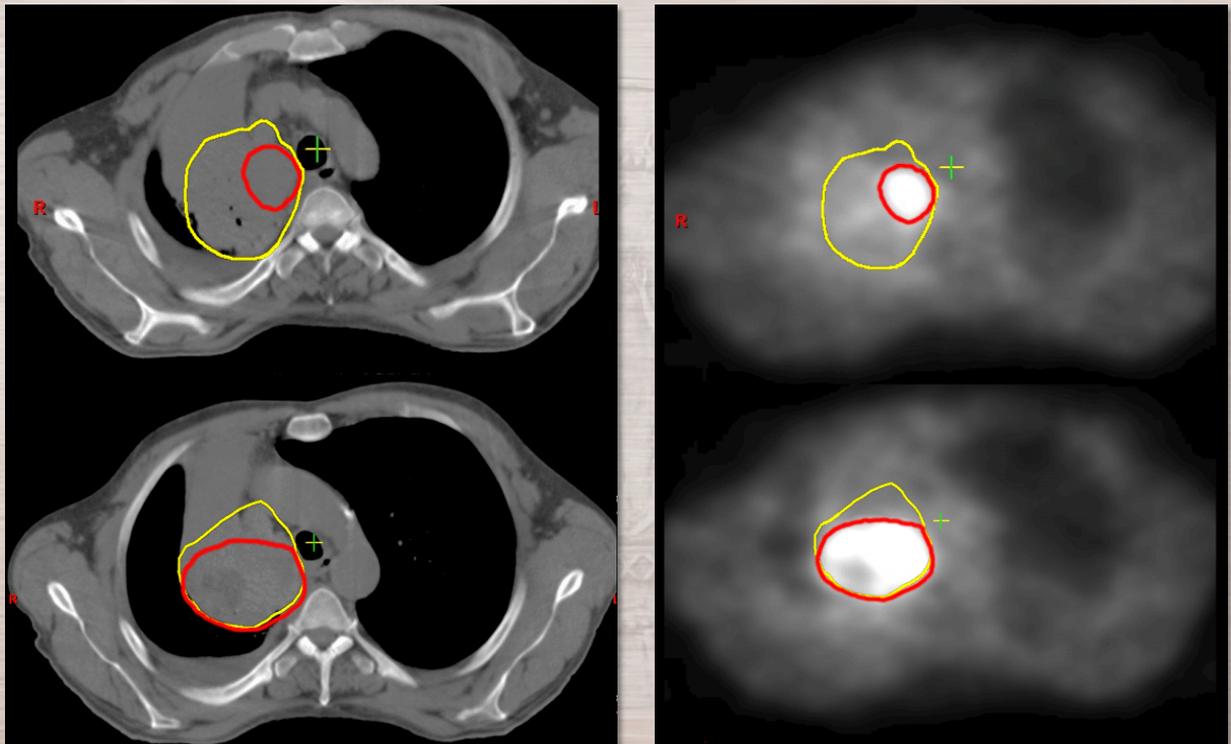
PET - CT



PET - CT

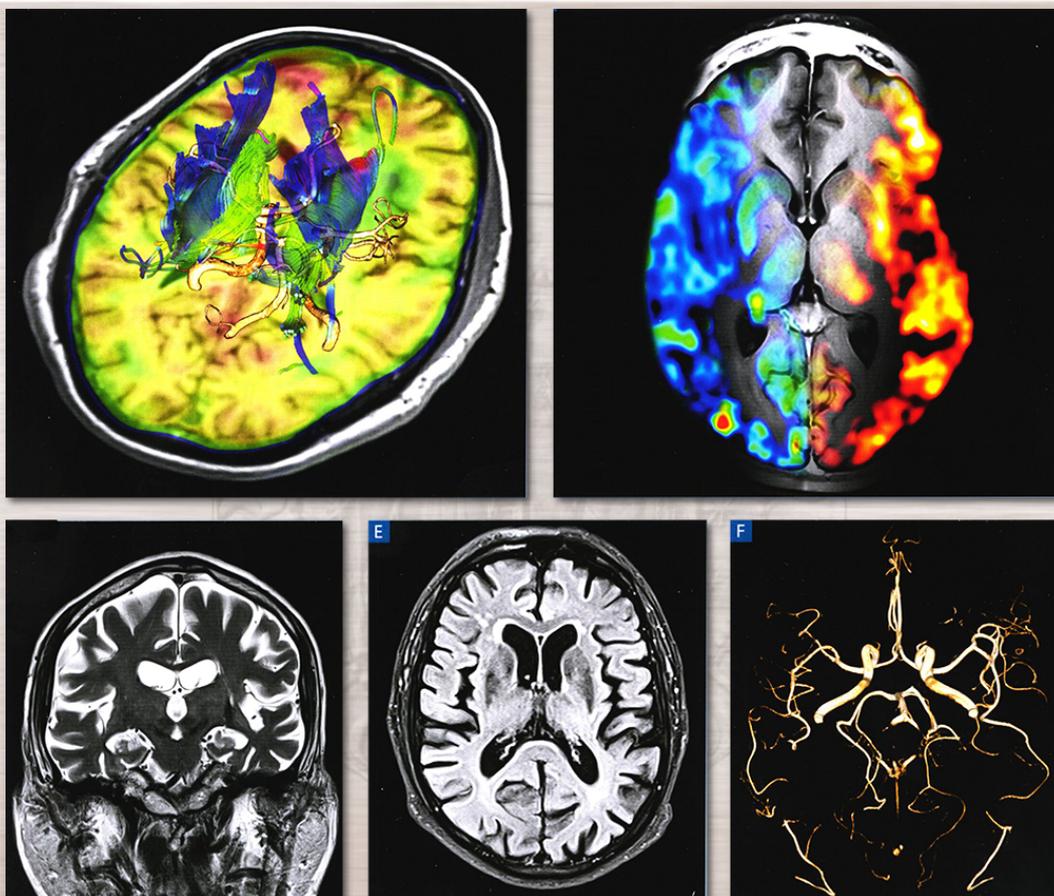


PET - CT per piani radioterapici

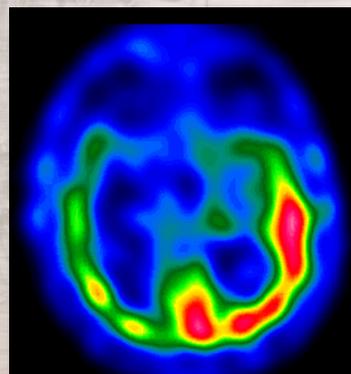
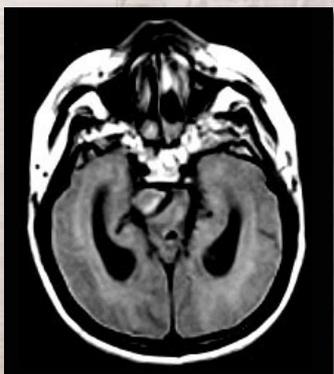
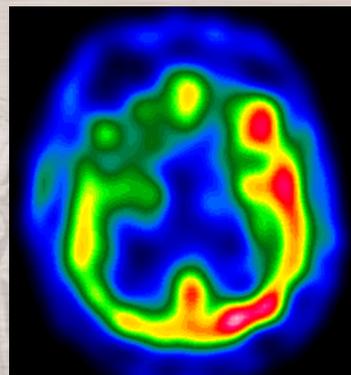
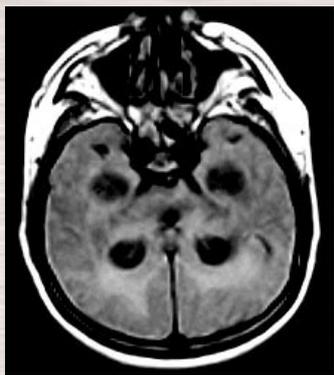


PET – MRI

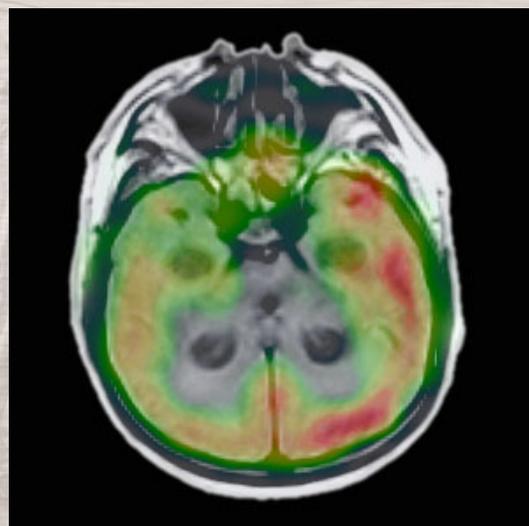
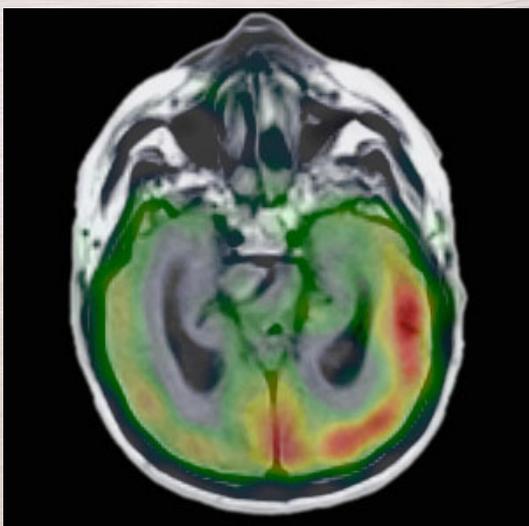
- Stato dell'arte per la ricerca in MN
- Fusione "intrinseca" immagini PET + MR
- Elevata informazione morfo-funzionale



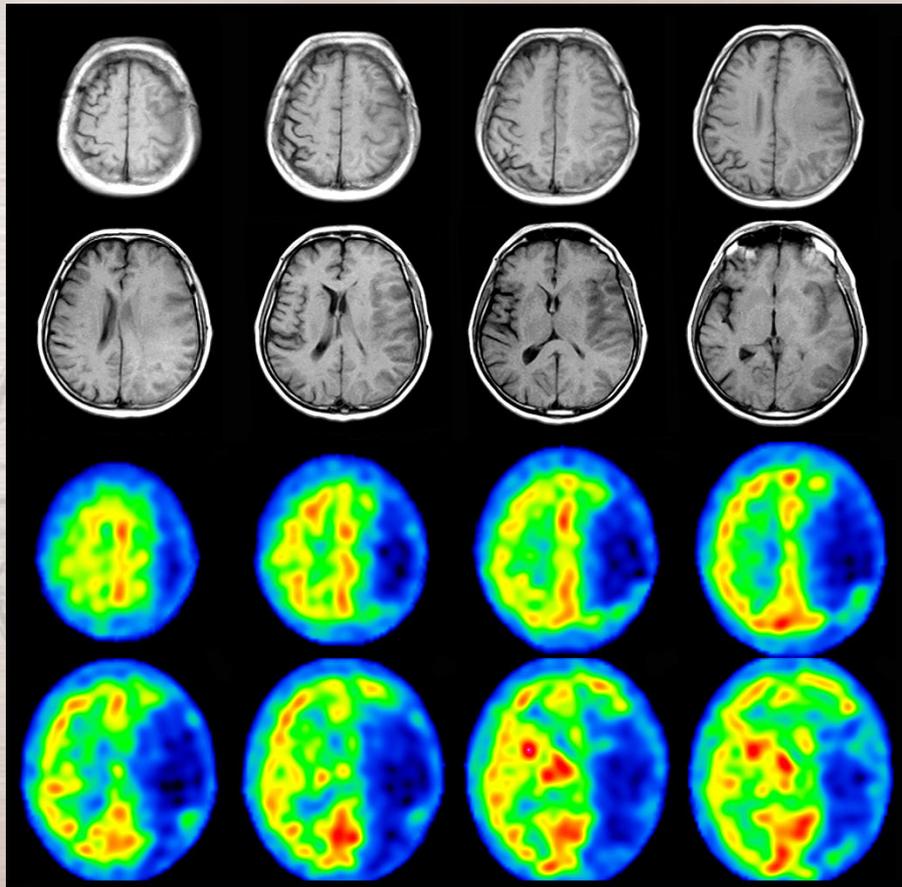
TRAUMA



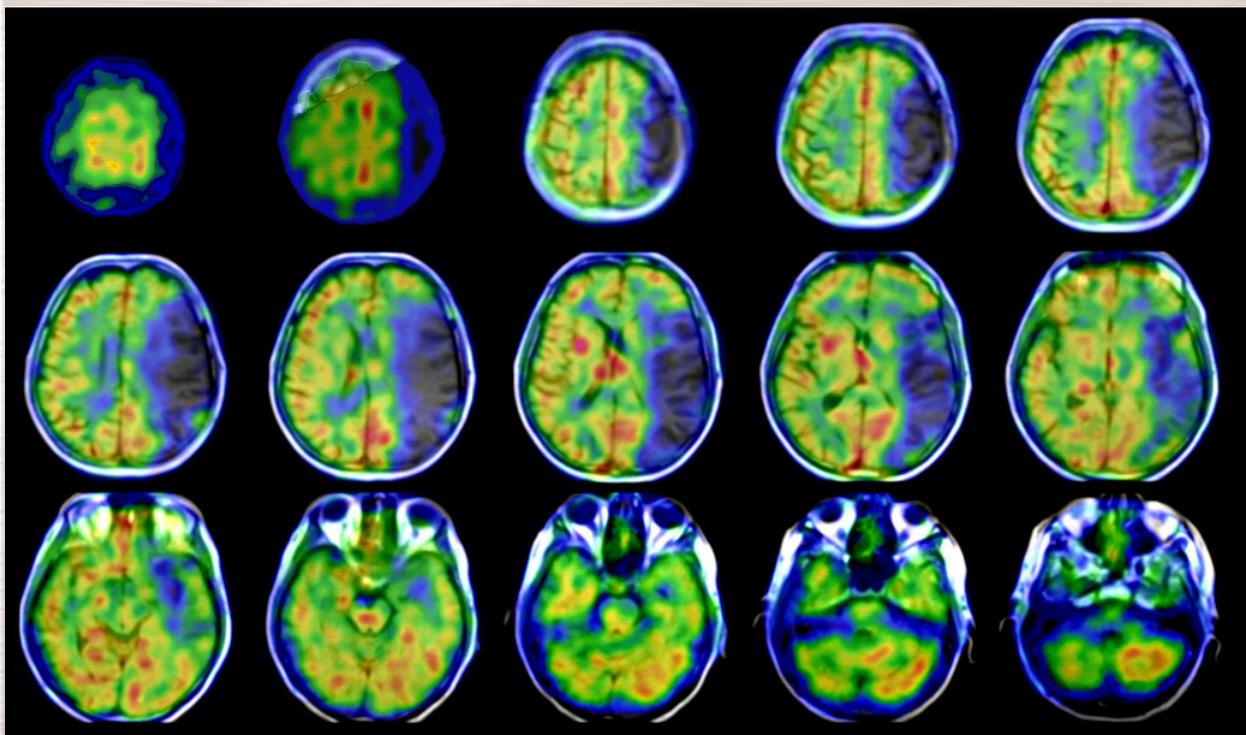
TRAUMA



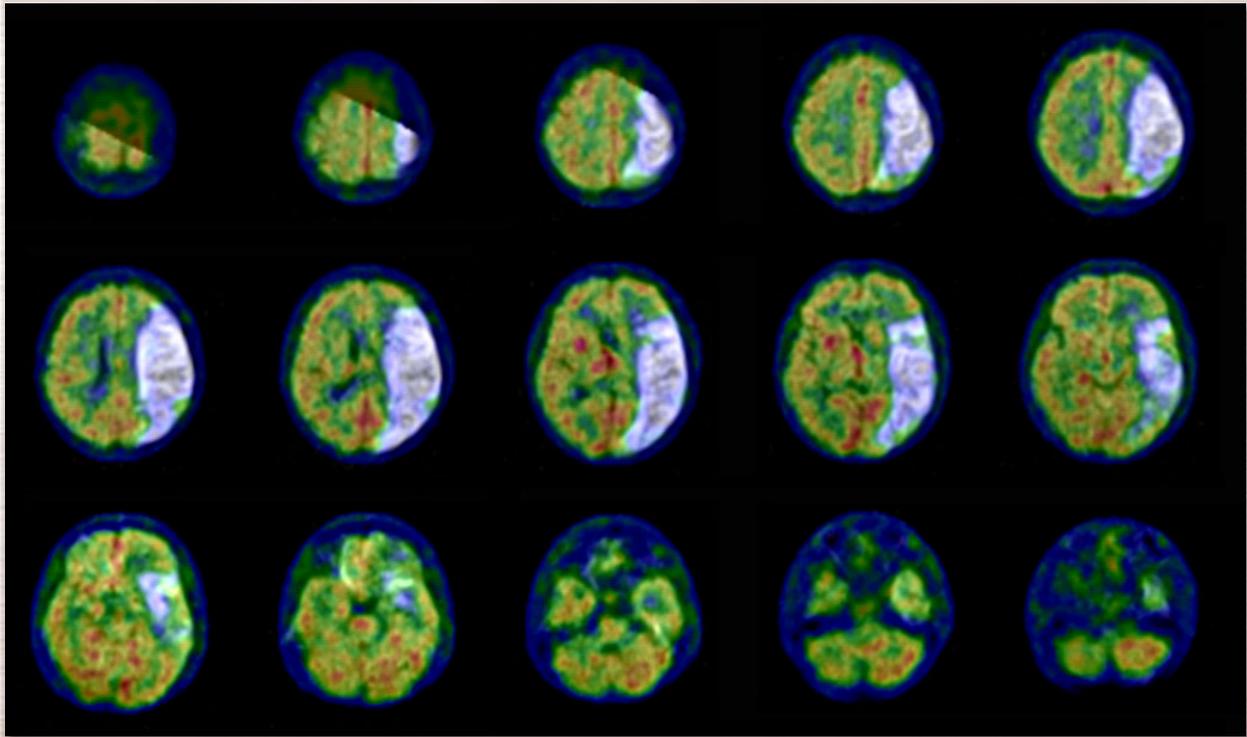
MCA Infarction



FUSION RM + ^{99m}Tc -HMPAO



FUSION **DWI + ^{99m}Tc-HMPAO**



Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/

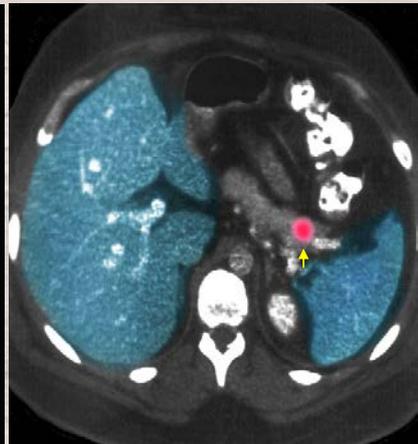
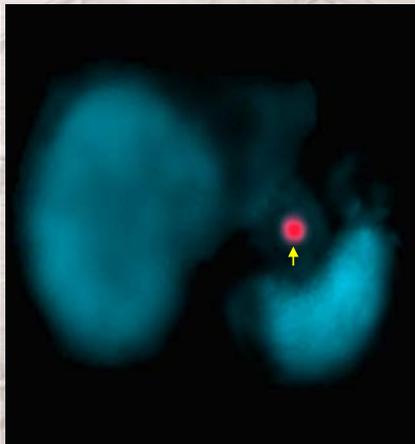
43

FUSION **TC+SPET**

TC

¹¹¹In-Pentetreotide

FUSION



INSULINOMA CODA DEL PANCREAS

Az. Ospedale - Università di Padova - Medicina Nucleare - www.unipd.it/nucmed/