

Praktická výučba nukleárnej medicíny

Modul 1, časť 1
Základy nukleárnej medicíny



Nukleárna medicína - odbor

- Nukleárna medicína je lekársky odbor, využívajúci otvorené žiariče (ródionuklidy, rádioizotopy) na diagnostiku a liečbu ochorení.
- Základným princípom funkčných zobrazovacích metód nukleárnej medicíny je indikátorová alebo stopovacia metóda, ktorej cieľom je hodnotenie metabolických a fyziologických funkcií orgánov a tkanív pomocou rádioaktívne značených produktov – rádiofarmák
- Pomocou funkčných zobrazovacích metód nukleárnej medicíny možno zobrazit' len viabilné tkanivá
- Princíp terapeutických metód je rovnaký, rádiofarmaká sú však pri nich aplikované za účelom lokálnej iradiácie a selektívnej deštrukcie patologického tkaniva.



Oblasti aplikácie nukleárnej medicíny

Pozitívne a negatívne zobrazenie

V závislosti od rádiofarmaka ako značkovača biologického procesu, ktorý je diagnostickým cieľom, je v nukleárnej medicíne využívané:

- Pozitívne zobrazenie: pozitívny nález (potvrdzujúci prítomnosť diagnostického cieľa) sa zobrazí ako zvýšená koncentrácia rádiofarmaka v porovnaní s okolím
- Negatívne zobrazenie: pozitívny nález (potvrdzujúci prítomnosť diagnostického cieľa) sa zobrazí ako lokálne znížená koncentrácia rádiofarmaka v porovnaní s okolím



Teragnostické princípy nukleárnej medicíny (diagnostika a terapia)

- je navrhovaný proces diagnostickej terapie pre individuálneho pacienta s cieľom overiť možnú odpoveď na užívanie (nových) liekov a na základe výsledku tohto overenia prispôbiť liečebný plán
- poskytuje cenný nástroj na identifikáciu a výber pacientov s konkrétnym molekulárnym fenotypom umožňujúcim predvídať pozitívnu odpoveď na liečbu
- môže napomôcť pri transformácii medicíny „pokusu a omylu“ na personalizovanú medicínu
- môže pomôcť zlepšiť bezpečnostný profil lieku minimalizáciou „off-target“ účinkov na normálne tkanivá
- Téma teragnostiky bude osobitne prebratá v rámci druhej stáže.



Oblasti nukleárnej medicíny

Použitie otvorených žiaričov na medicínske účely

- **Diagnostika**

- Konvenčná scintigrafia a pozitronová emisná tomografia
- Peroperačná detekcia
- Rádioimunoanalýza

- **Liečba**

- Interná rádioterapia



Nukleárna medicína = funkčné zobrazenie

- Funkčné zobrazenie / detekcia metódami nukleárnej medicíny vždy vyžaduje aplikáciu značkovača
- Značkovač používaný na medicínske účely sa označuje ako rádiofarmakum
- Rádiofarmakum = liek
- Rádiofarmakom môže byť samotný rádionuklid, ale zvyčajne je to rádionuklid naviazaný na molekulu / bunkový element s potrebnými biologickými vlastnosťami
 - Molekula/krvný element zabezpečí lokálnu akumuláciu rádiofarmaka podľa typu diagnostického cieľa
 - ...a naviazaný rádionuklid umožní jej/jeho detekciu



Nukleárna medicína-funkčné zobrazenie

Zobrazovacia metóda nukleárnej medicíny sa nazýva:
Scintigrafia: podľa scintilačného detektora, ktorý je základom klasickej scintilačnej gamakamery
alebo
Gamagrafia: podľa žiarenia gama emitovaného diagnosticky používanými rádionuklidmi

Scintigrafia a gamagrafia sú synonymá



Zobrazenie metódami nukleárnej medicíny

Podľa techniky:

- Planárne - v jednej rovine
- Tomografické (jednofotónová emisná tomografia (SPECT), pozitronová emisná tomografia (PET))- v rezoch

Podľa rozsahu:

- Obmedzené na orgán (štítka žľaza, obličky, myokard...)
- Celotelové zobrazenie

Podľa priebehu v čase:

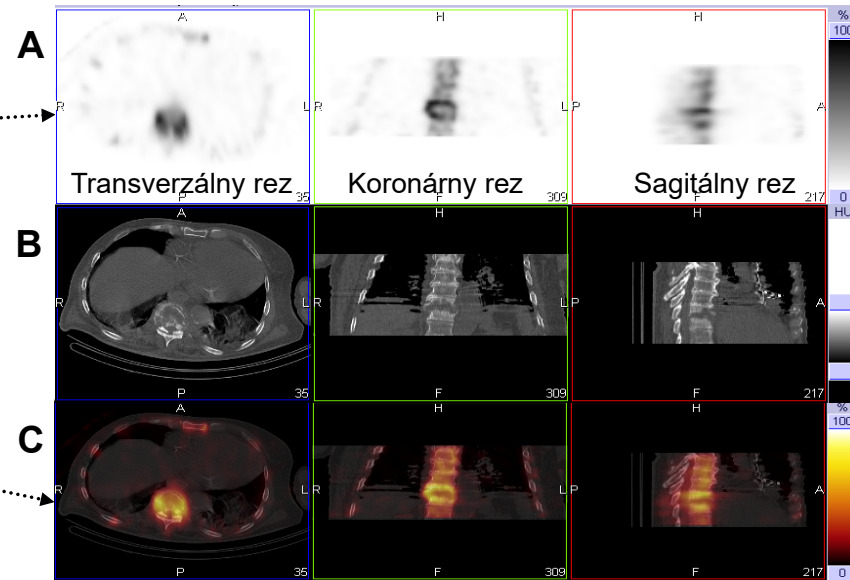
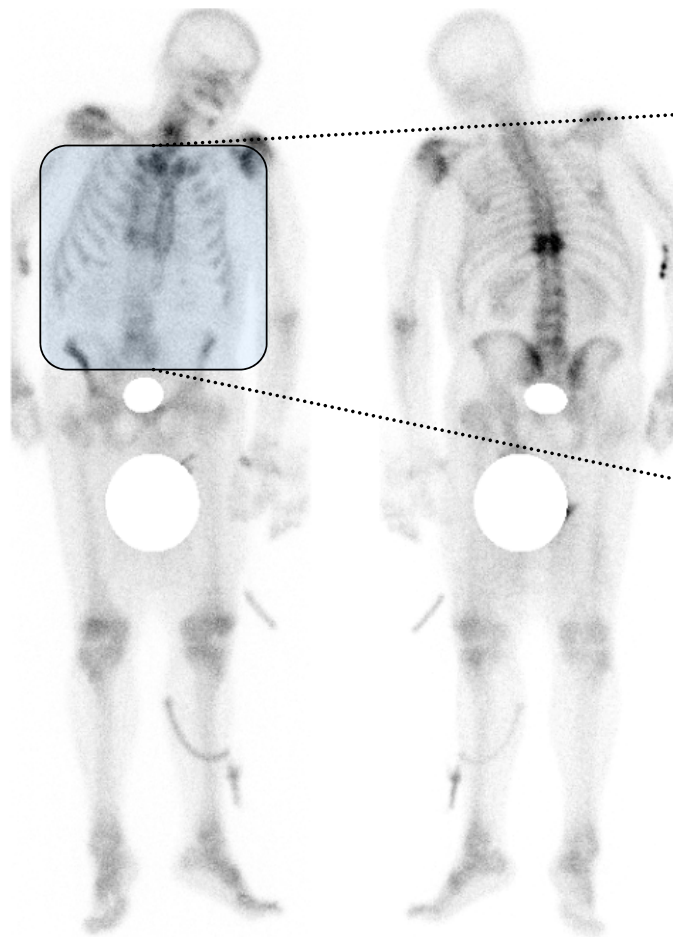
- Statické
- Dynamické
- Synchronizované



Zobrazenie metódami nukleárnej medicíny

Konvenčná scintigrafia+fúzia s počítačovou tomografiou

celotelové planárne zobrazenie a tomografické zobrazenie vybranej oblasti



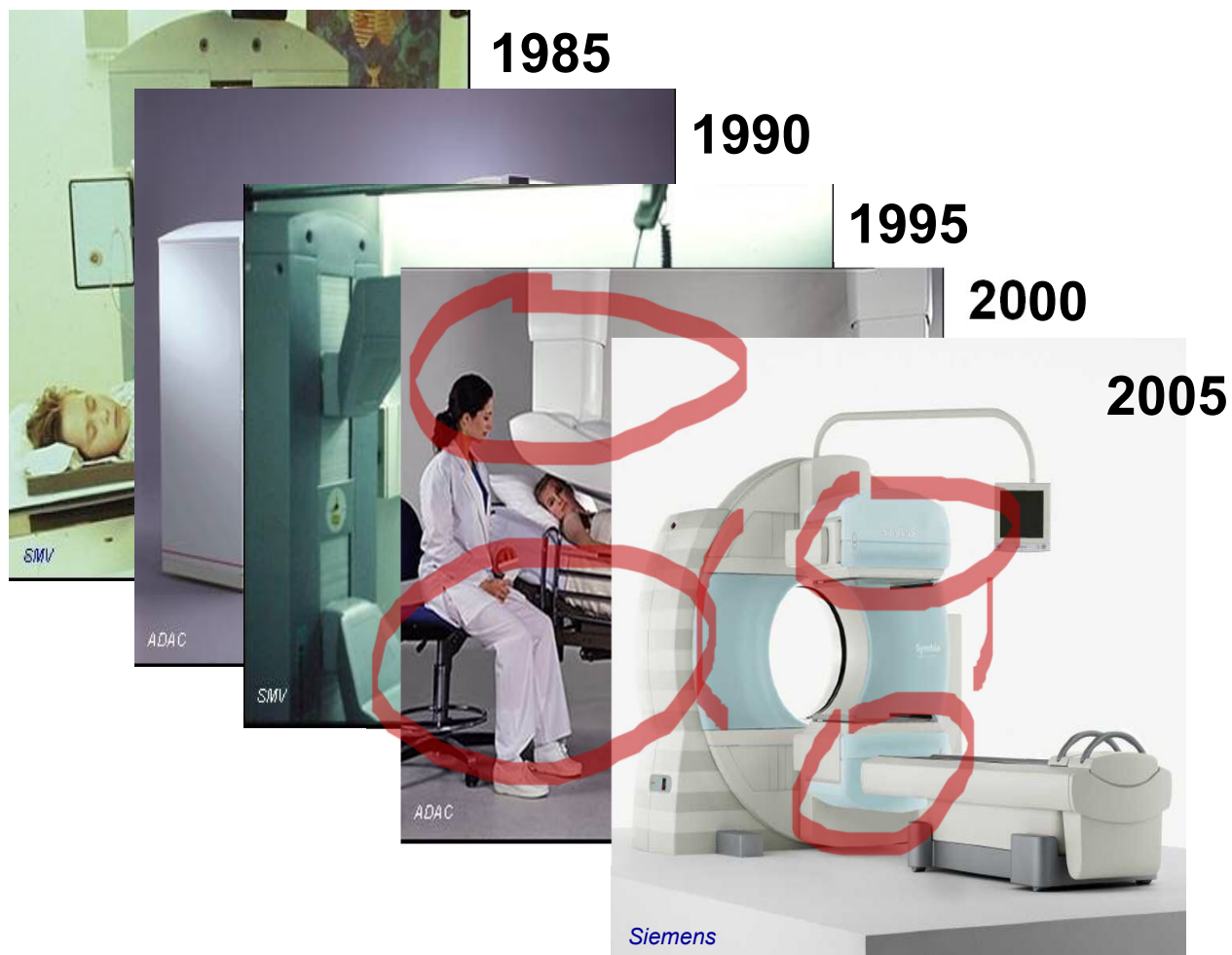
A: jednofotónová emisná tomografia (single photon emission computed tomography (SPECT))

B: počítačová tomografia (computed tomography (CT))

C: SPECT/CT – fúzia funkčného a morfológického obrazu



Vývoj gamakamery



Trojhlavová gama kamera



Phili
ps



Tomografické zobrazenie a orientácia rezov

príklad: PET/CT s fluoridom sodným (^{18}F), cetotelové tomografické zobrazenie
& prezentácia 3D zobrazenia

Maximum intensity projection (MIP)



Pseudo-ľavá
predná šikmá
projekcia

Pseudo-predná
projekcia

Pseudo-pravá
predná šikmá
projekcia



PET/CT



Konvenčná scintigrafia vs. pozitronová emisná tomografia

Parameter	Konvenčná scintigrafia	Pozitronová emisná tomografia
Typ rádioaktívnej premeny	Gama, (X)	Beta+
Počet emitovaných fotónov počas jednej premeny	1	2
Organizácia detektorov	planárna	cirkulárna
Planárne zobrazenie	scintigram	-
Tomografické zobrazenie	Single photon emission computed tomography (SPECT)	Pozitronová emisná tomografia
Hybridné zobrazenie	SPECT/CT	PET/CT, PET/MRI
Kvantitatívna analýza	Pri niektorých typoch kamier	áno
Senzitívnosť	↑	↑↑↑
Rozlíšenie obrazu	↑	↑↑↑



Cieľ scintigrafie

- Skúmať správanie rádioaktívne značených látok aplikovaných do organizmu (*in-vivo*)
- Princíp
 - dilúcie značkovača
 - lokálnej koncentrácia značkovača
- Scintigrafia: funkčný prístup
 - Poskytuje funkčné zobrazenie
 - Komplementárne k morfológickému (anatomickému) zobrazeniu
 - Kvantitatívnu informáciu



Scintigrafia

Gama žiarič

Detektor (gama-kamera alebo PET)

Funkčný alebo metabolický obraz
+
Kvantitatívna informácia



Funkčné vs. morfológické zobrazovacie metódy

- Každá má svoje výhody a nevýhody
 - Scintigrafia poskytuje prevažne funkčnú informáciu
 - Rádiodiagnostické metódy poskytujú prevažne morfológickú informáciu
- Funkčné a morfológické zobrazovacie metódy nie sú z dôvodu poskytnutej diagnostickej informácie zameniteľné a sú komplementárne



Nukleárna medicína vs. rádiológia: hlavné rozdiely

Parameter	NUKLEÁRNA MEDICÍNA	RÁDIOLÓGIA
Zdroj fotónov gama	rádiofarmakum emitujúce fotóny gama podávané do tela pacienta	Rontgenova lampa
Typ zobrazenia	Emisia	Transmisia
Atenuácia energie fotónov	Zdroj artefaktov	Diagnostický cieľ
Výsledok zobrazenia	Funkčný obraz	Morfologický obraz
Vizualizované štruktúry	Iba diagnostický cieľ rádiofarmaka	Všetky tkanivá v zobrazenom poli
Podtreba podania diagnostického produktu	Bez podania diagnostického produktu nie je možná realizácia	Realizácia možná aj bez podania diagnostického produktu
Bezpečnostný profil diagnostického produktu	Veľmi priaznivý	Riziko alergickej reakcia, renálna toxicita, depozity niektorých Gd kontrastných látok v mozgu

Radiačná záťaž pacienta je porovnateľná



Nukleárna medicína vs. rádiológia: hlavné rozdiely

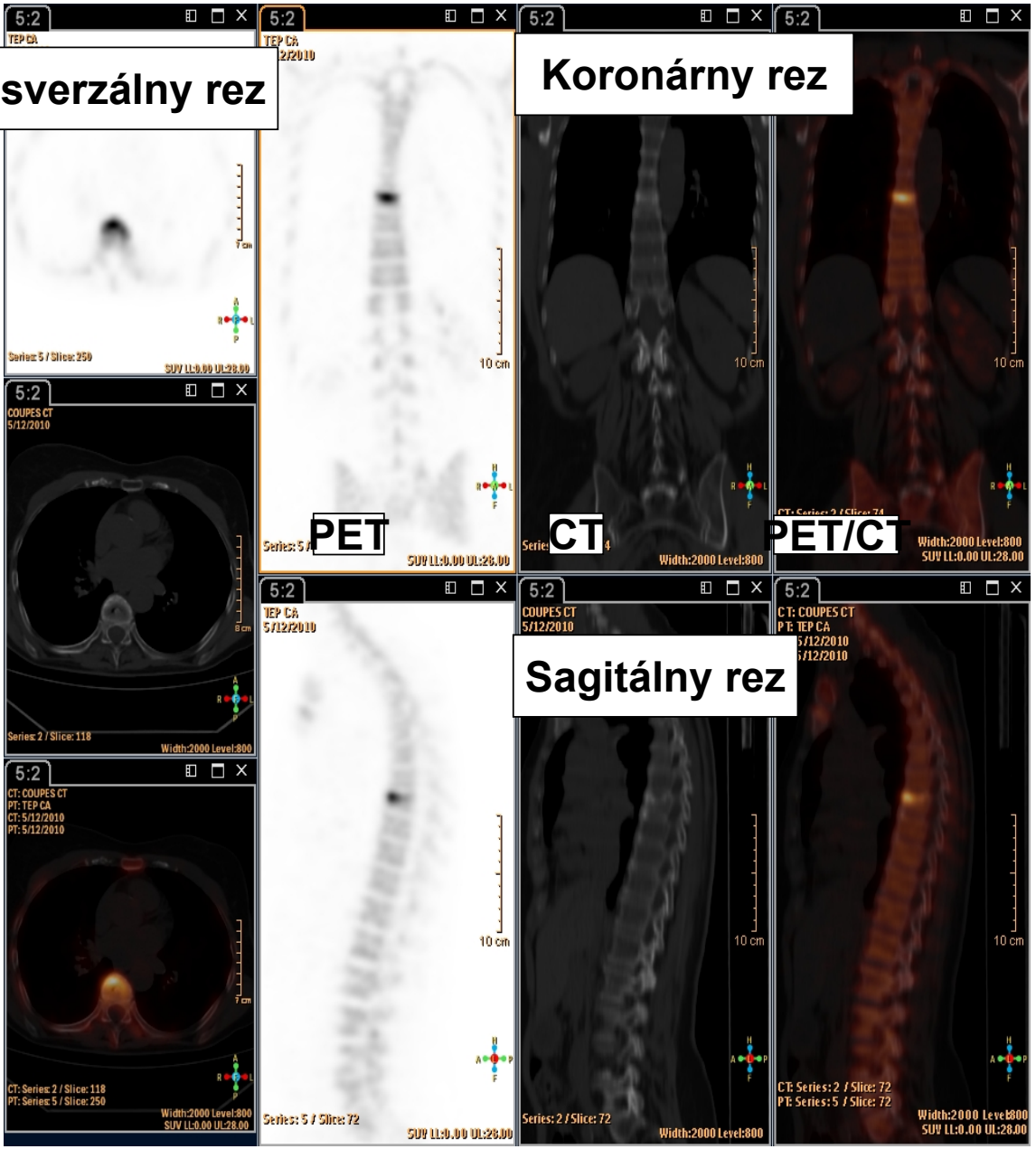
Parameter	NUKLEÁRNA MEDICÍNA	RÁDIOLÓGIA
Počet fotónov	nízky ($< 10^5$ /s)	vysoký ($> 10^{12}$ /s)
Trvanie vyšetrenia	10 - 20 min	$\cong 1$ s
Čas expozície	10 - 72 h	$\cong 1$ s
Radiačná záťaž/počet projekcií	Rovnaká pre akýkoľvek počet snímaní	Zvyšuje sa s počtom projekcií
Informácia	funkčná	morfologická
Kvantitatívna informácia	áno	nie

Radiačná záťaž pacienta je porovnateľná



Transverzálny rez

Koronárny rez



PET

CT

PET/CT

Sagitálny rez

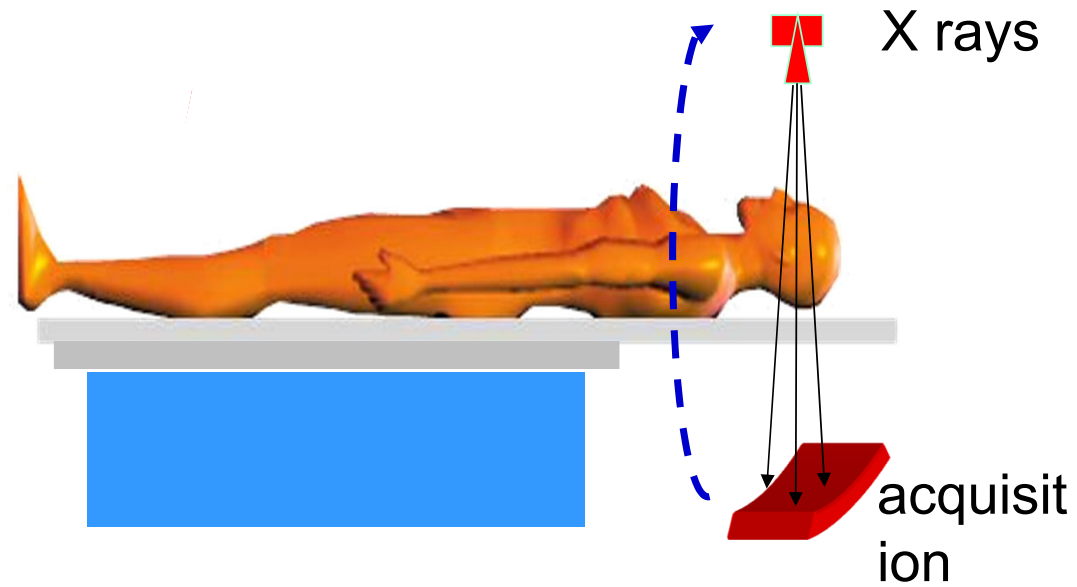


Žiarenie γ a X

- V oboch prípadoch ide o fotóny
- Energia (bez hmoty)
- Oboje sú charakterizované ich energiou a smerom šírenia
- Jednotky : elektrón-Volt **eV** (keV, MeV)
- **Líšia sa len pôvodom :**
 - **lúče X: elektrónový obal**
 - **lúče γ : atómové jadro**
- **rovnaká interakcia s hmotou**



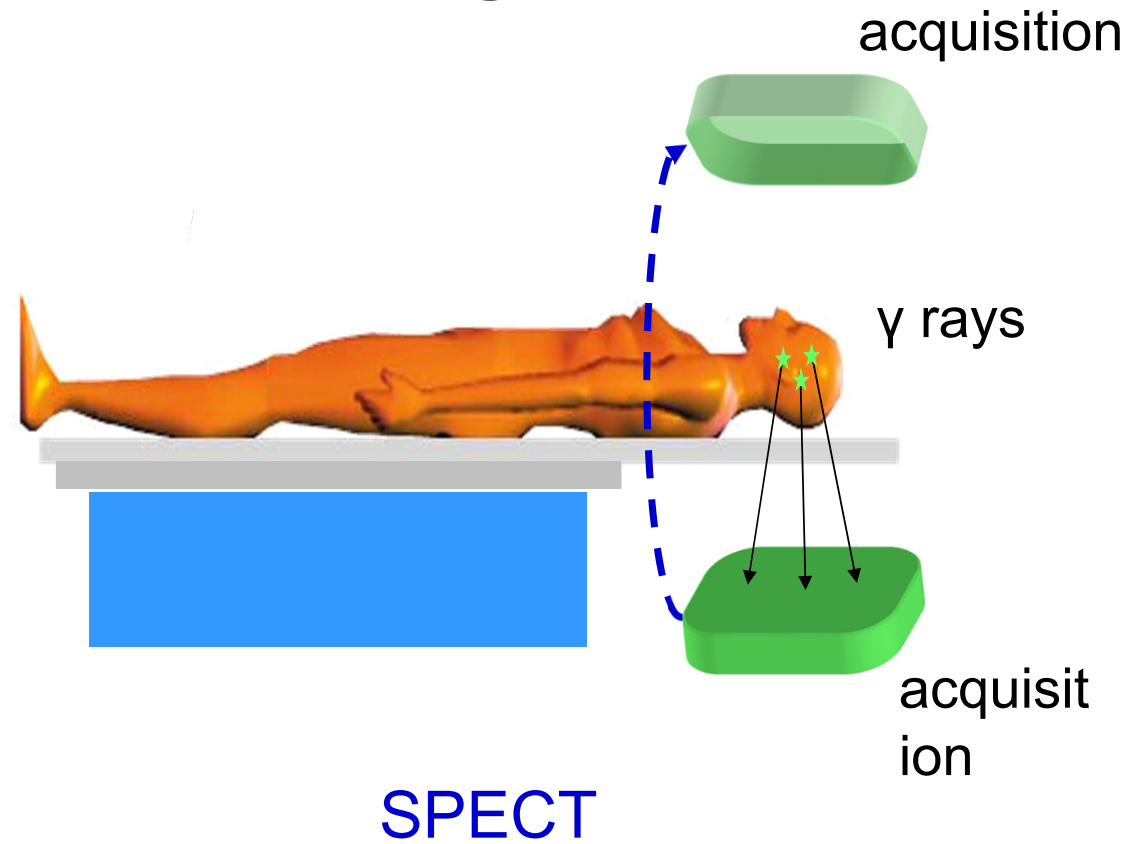
Transmisná tomografia (CT)



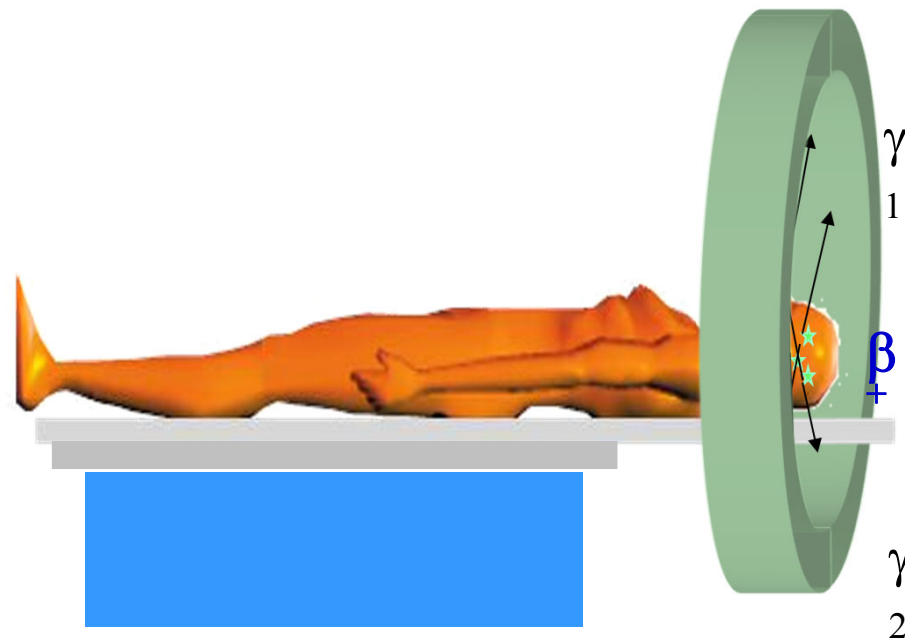
CT



Jednofotónová emisná tomografia



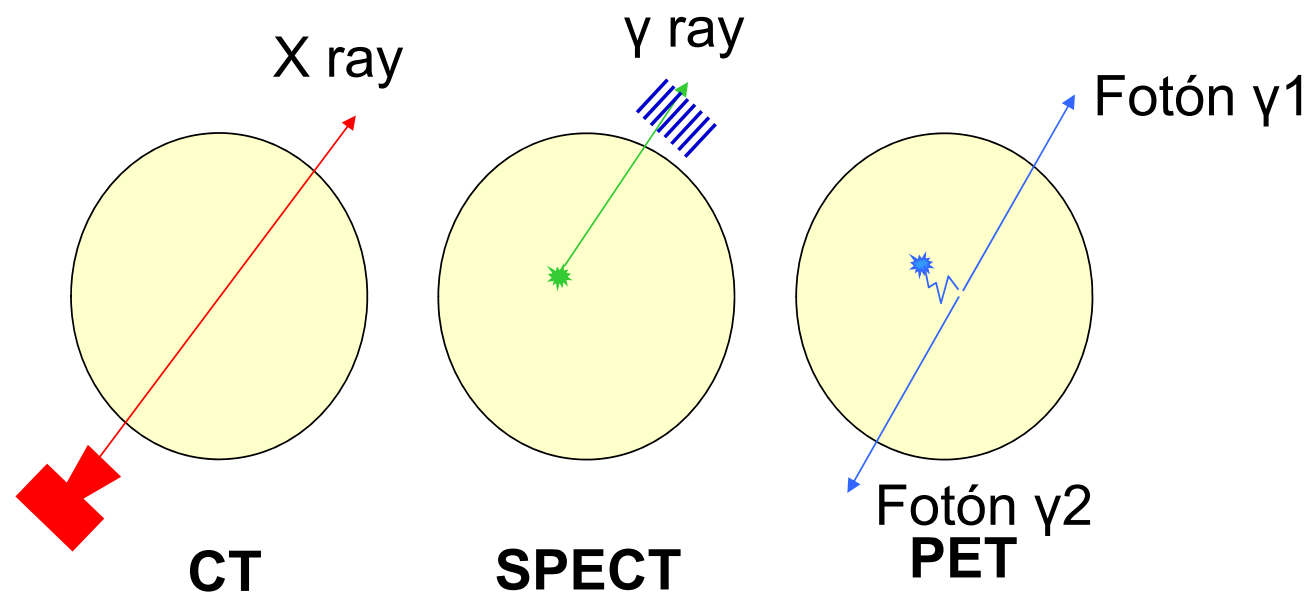
Pozitrónová emisná tomografia



PET



Podobnosť modalít



Princíp rekonštrukcie obrazu závisí pre každý zdroj žiarenia od smeru žiarenia



Vaše případné otázky budou zodpovědány v diskusi

