

CO VÁS ČEKÁ NA KLINICE NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY?

Ing. Petra Mičolová

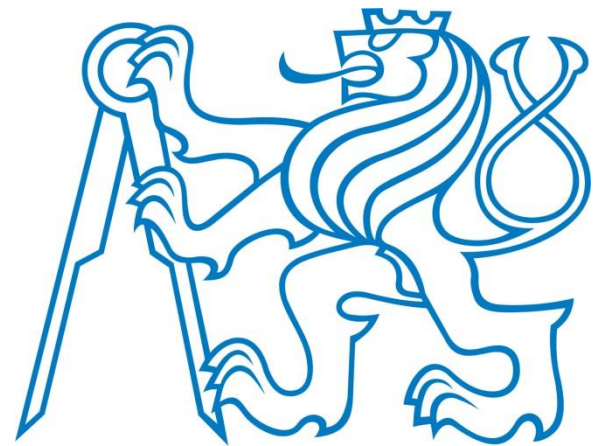
Radiofarmaceutická skupina, KJCH, FJFI, ČVUT

Radiofarmaceutická laboratoř, KNME, FN Motol

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Břehová – Praha 1 Staré Město



Fakultní nemocnice Motol

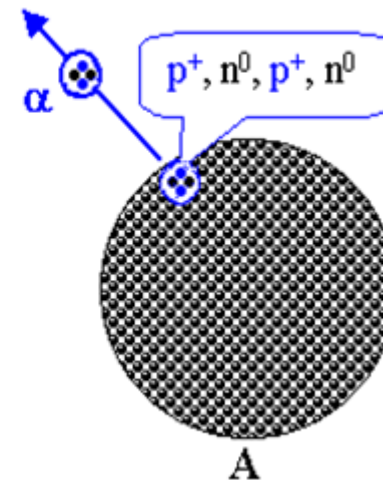
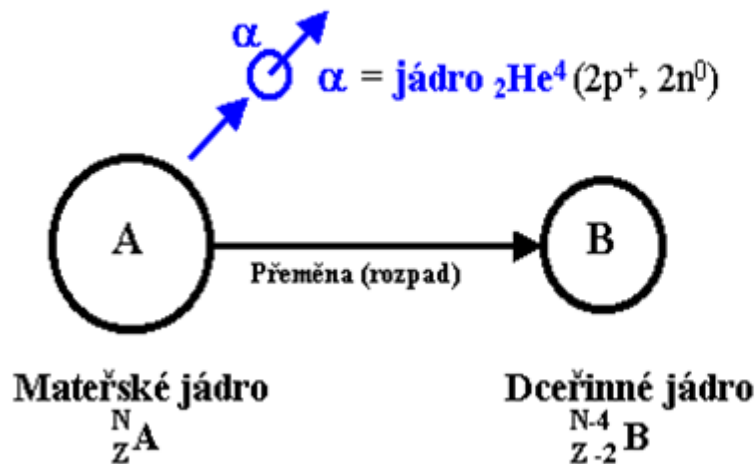
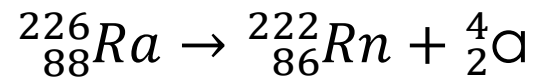
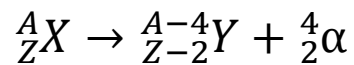
Klinika nukleární medicíny a endokrinologie

V Úvalu – Praha 5



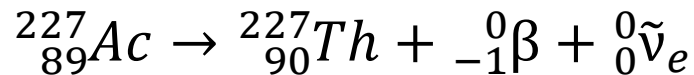
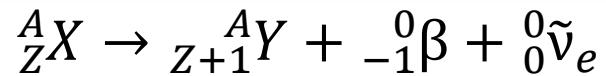
Radioaktivita I.

Přeměna alfa – emise částice α

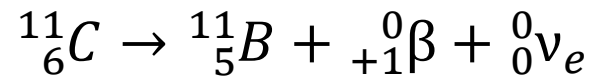
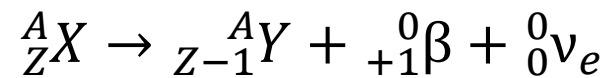


Radioaktivita II.

Přeměna beta minus –
emise **negatronu**

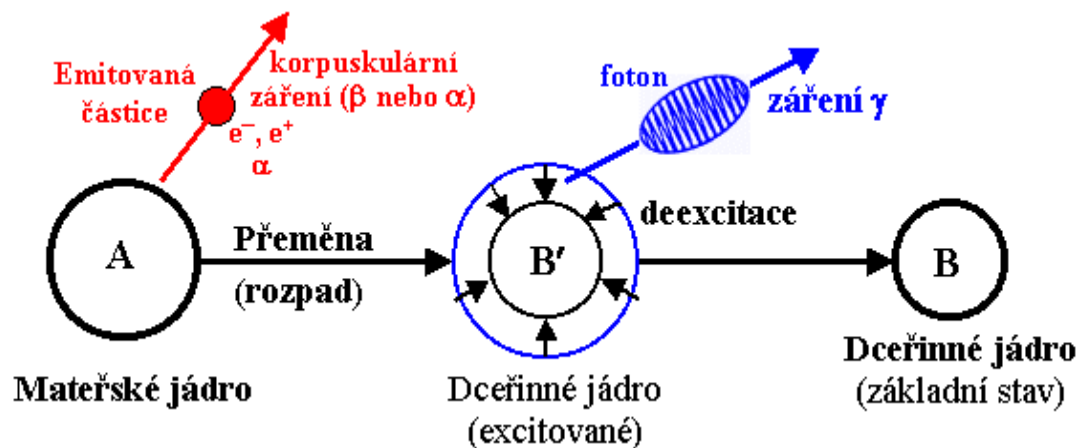
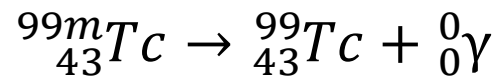
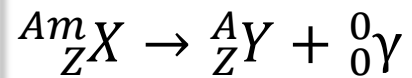


Přeměna beta plus –
emise **pozitronu**



Radioaktivita III.

Přeměna gama – emise fotonů, *izomerní přechod*



Trocha té historie...

Na začátku...

- Pouze jeden obor

Radiologie

- 8. listopadu 1895 – Univerzita ve Würzburgu
 - Wilhelm Conrad Röntgen - paprsky X (1901)



Využití v medicíně

- Radiologie
- Nukleární medicína

Radiologie

- Lékařský obor, který využívá ionizujícího záření z **uzavřených zářičů** (postupem času byly začleněny i metody – především diagnostické – které nevyužívají IZ
 - Ultrazvuková vyšetření
 - Magnetická rezonance
- Postupné rozdělení na:
 - **radiodiagnostiku** – strukturální zobrazování
 - **radioterapii** – nádorovou i nenádorovou
- **Radiační onkologie** – léčba nádorů pomocí IZ

Nukleární medicína

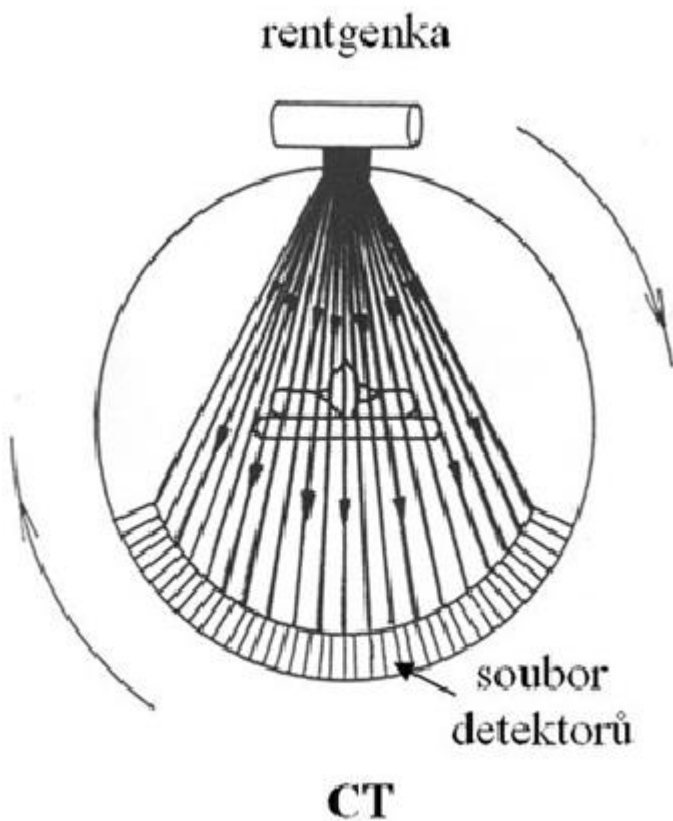


- Lékařský obor, který využívá IZ z **otevřených zářičů (radiofarmak)**
- **Důležité mezníky**
 - 1898 – Henri Becquerel, Marie Curie-Sklodovská, Pierre Curie (1903, 1911)
 - přirozená radioaktivita
 - 1919 – George de Hevesy (1943)
 - stopovací princip
 - 1934 – manžele Joliot-Curie (1935)
 - umělá radioaktivita
 - 1946 – vyléčení prvního pacienta s metastazujícím ca štítné žlázy

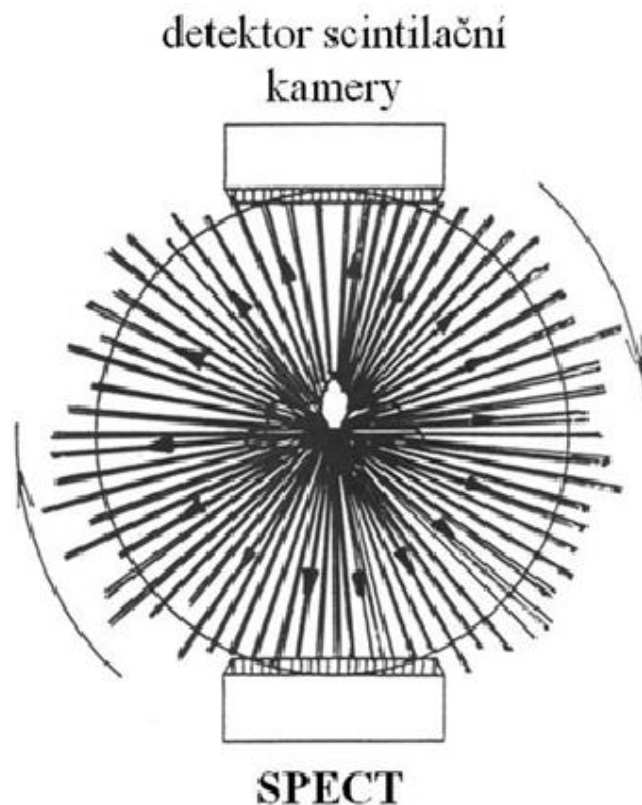


Principy tomografického zobrazení

- **Transmisní tomografie**
 - zobrazení v radiologii



- **Emisní tomografie**
 - zobrazení v nukleární medicíně



Radiofarmaka

Léčivé přípravky (ZoL):

- **Radiofarmaka**, kterými se rozumí LP, které jsou-li připraveny k použití, obsahují 1 nebo více radionuklidů (radioaktivních izotopů) včleněných pro lékařský účel
- **Požadavky na RF:**
 - Dostupnost, Cena, Emise fotonů gama (opt. 150 keV),
 - Vhodný poločas rozpadu obsaženého radionuklidu
 - Vhodná kinetika a distribuce v závislosti na účelu (LADME)
 - Nízká cena – nejlepší dostupnost
 - Dostatečně vysoká měrná aktivita bez toxické reakce
- **Kity**, kterými jsou přípravky určené k rekonstituci nebo spojení s radionuklidem do konečného radiofarmaka, a to obvykle před jeho podáním



Příprava radionuklidů

- **Jaderný reaktor** – produkty štěpení
 - produkty neutronové aktivace (n, x)
- **Urychlovač** – produkty reakcí (p,x); (d,x); (α ,x)
- **Radionuklidové generátory** – systém mateřského a dceřiného rn
 - ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$; ^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$; ^{81}Rb - $^{81\text{m}}\text{Kr}$

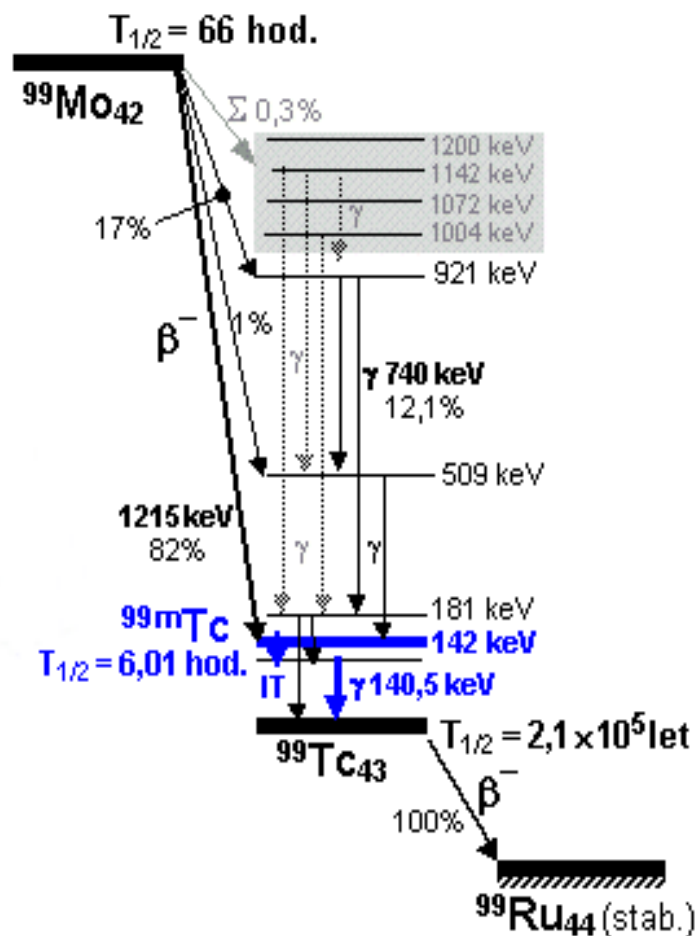
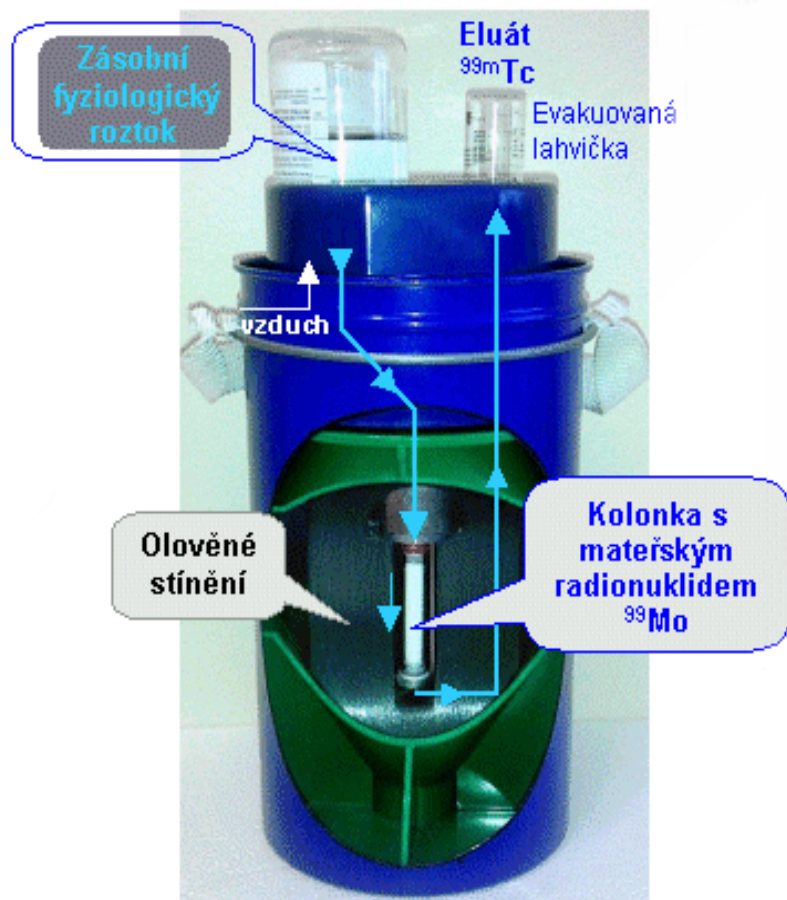


Výzkumný reaktor LVR-15

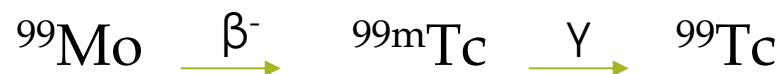


Iba RadioPharma Solutions

Techneciový generátor



- Rozpadové schéma



- Výhody ^{99m}Tc : 140 keV 6,01 h

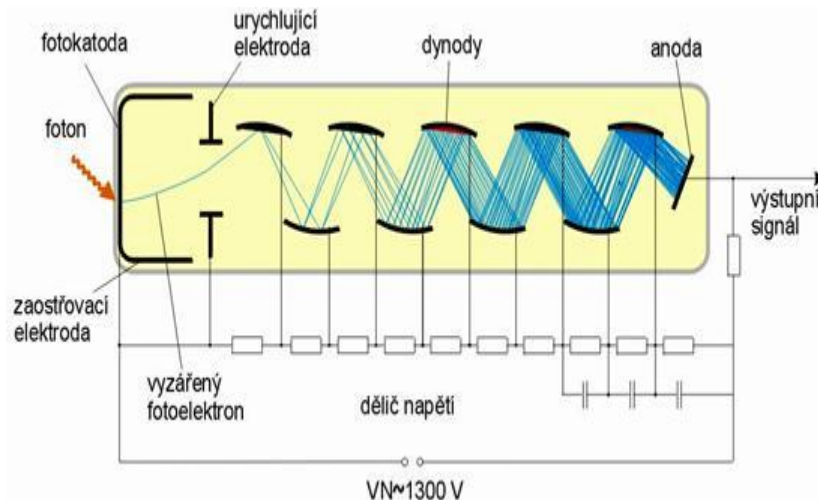
Diagnostika

- **SPECT** – Jednofotonová emisní výpočetní tomografie
 - ^{99m}Tc , ^{111}In , ^{81m}Kr , ^{67}Ga , ^{123}I
- **PET** – pozitronová emisní tomografie
 - ^{18}F , ^{11}C , ^{68}Ga , ^{15}O

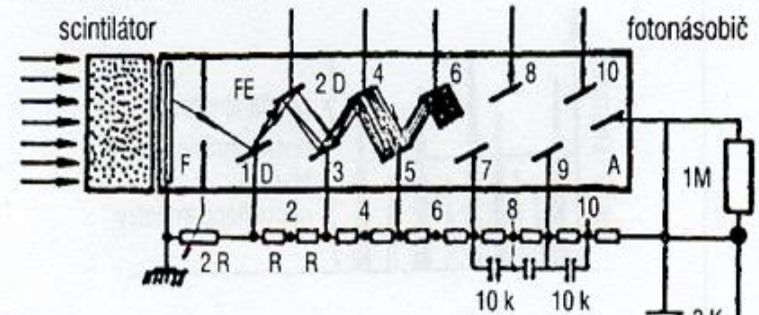


Kamera spect

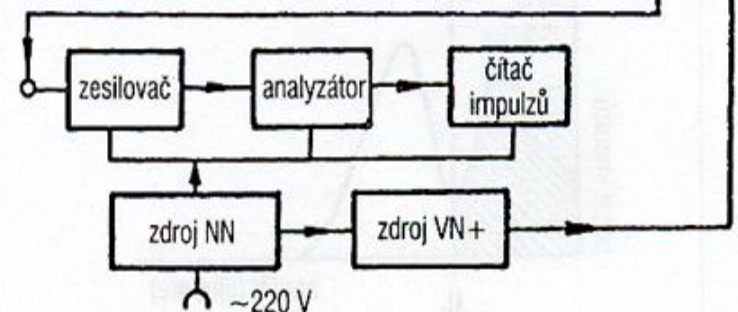
- **Kolimátor** – Pb clona, vyměřuje směr fotonů
- **Scintilační krystal** – NaI(Tl) –
 $E = 100 \text{ keV}$



SCINTILAČNÍ DETEKTOR



VYHODNOCOVACÍ APARATURA



- **Světlovod** – průhledný plast, stejný index lomu
- **Fotonásobič** – soustava, katoda citlivá pro danou γ

Terapie

- Terapie pomocí radionuklidů **beta** a **alfa**
 - léčba hyperthyreózy
 - léčba rakoviny štítné žlázy
 - krevní onemocnění
 - paliativní a kurativní terapie nádorů (a metastáz), onemocnění kloubů.
- Ambulantně/ speciální jednolůžkové pokoje
- Radionuklidy beta: ^{131}I , ^{153}Sm , ^{177}Lu , ^{67}Cu , ^{186}Re , ^{89}Sr , ^{90}Y
- Radionuklidy alfa: ^{211}At , ^{223}Ra , ^{213}Bi , ^{225}Ac



Vyhněte se tuberkulóze
TUBERADÍNEM (plicní
radioaktivní antiseptikum)



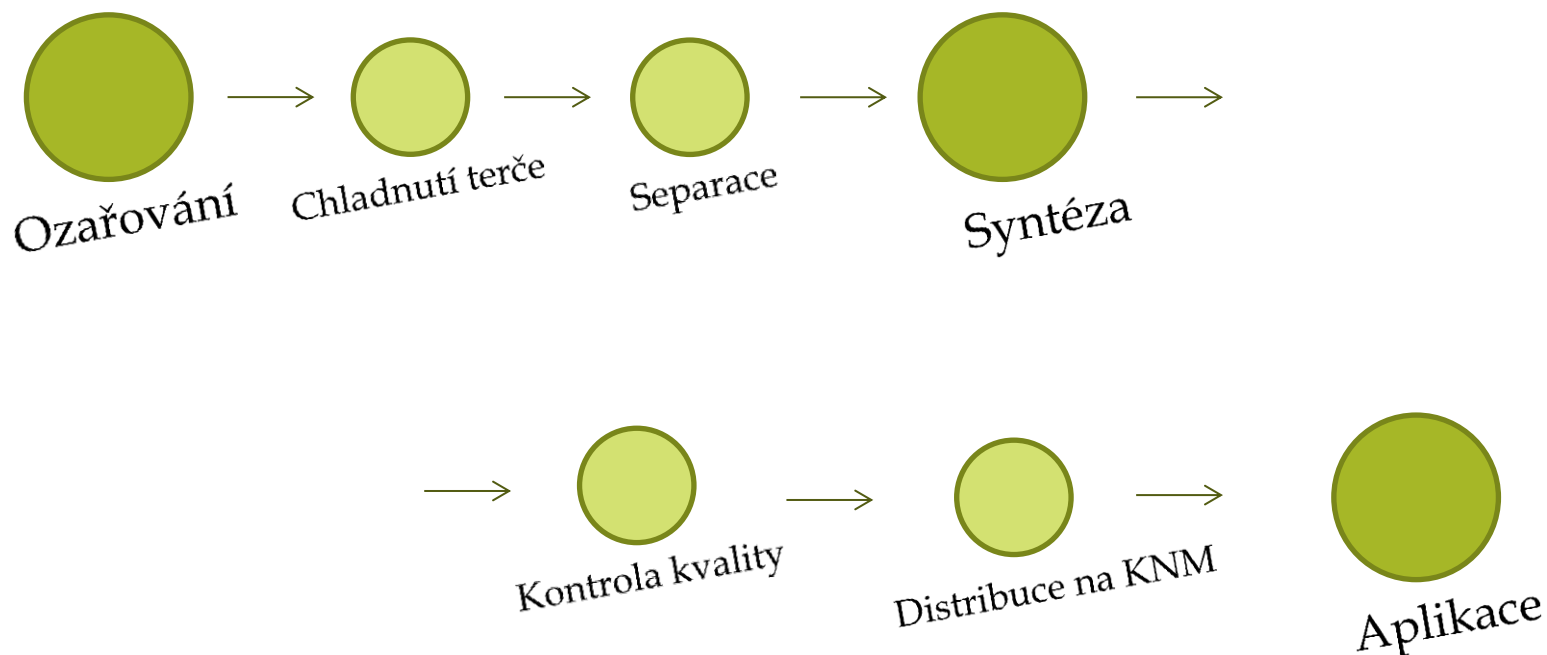
Čistící voda na bázi rádia:
RADOL



Léčivý radioaktivní nápoj
OMIRA, na ochranu
organismu

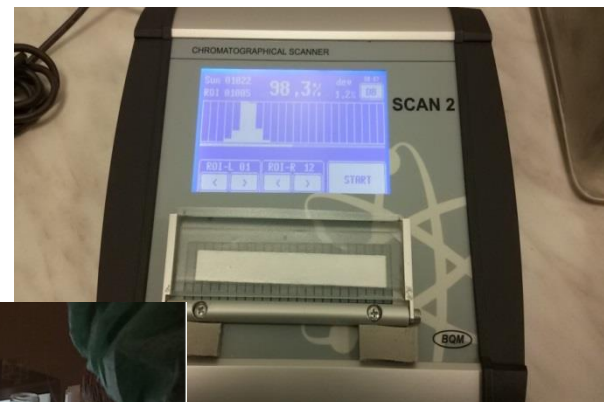
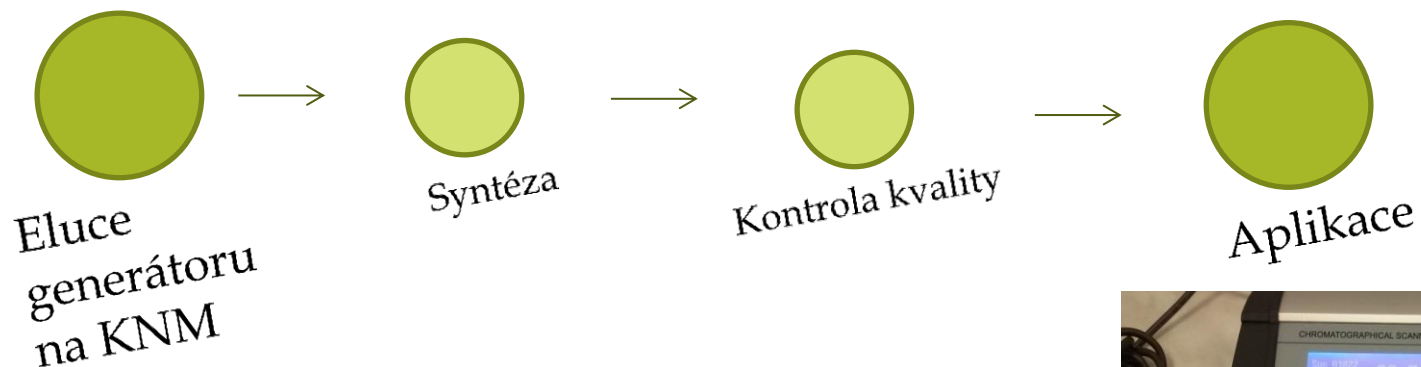
Příprava radiofarmak

- Hromadně vyráběné léčivé přípravky



Příprava radiofarmak

- Individuálně připravované léčivé přípravky

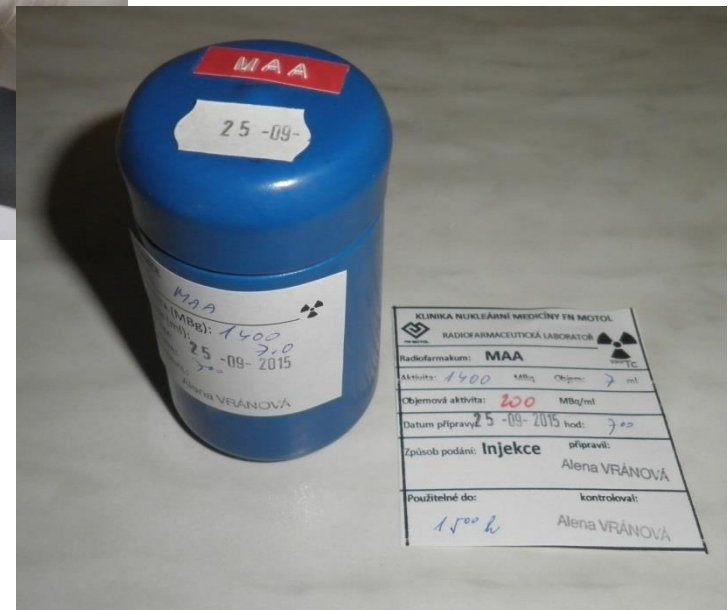
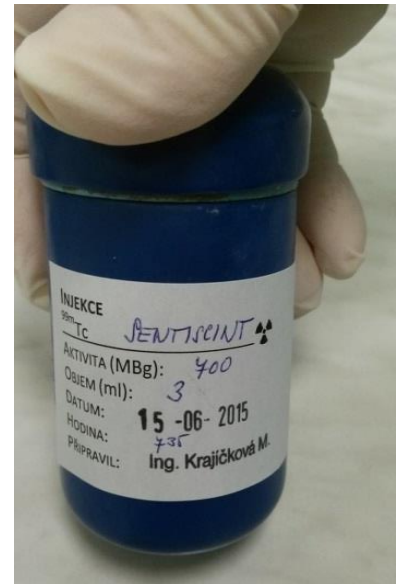


Kontrola radiofarmak

- **Radionuklidová čistota** – poměr aktivity daného RN a celkové aktivity zářiče [%]
- **Radiochemická čistota** – poměr aktivity daného RN v určité chemické formě a celkové aktivity tohoto RN [%]
- **Chemická čistota** – poměr hmotnosti látky a celkové hmotnosti látek zářiče [%] – po vyloučení pomocných látek a rozpouštědel
- **Měrná aktivita** – aktivita RN vztažená na jednotku hmotnosti daného prvku nebo jeho chemické formy [Bq/g]
- **Objemová aktivita** – aktivita RN vztažená na jednotku objemu roztoku, ve kterém je RN přítomen [Bq/ml]

Označování radiofarmak

- Název přípravku
- Aktivita
- Objem
- Datum a čas
- Zodpovědná osoba
- Výrobce



Jak to tedy na klinice
probíhá?

1. Recepce

- Příjem pacienta
- Založení karty



2. Rozhovor s pacientem

- Poučení
- Informovaný souhlas
- Léky
- Vysvětlení vyšetření

3. Aplikace



- Parenterální – i.v.
- Inhalační
- Perorální – tobolky

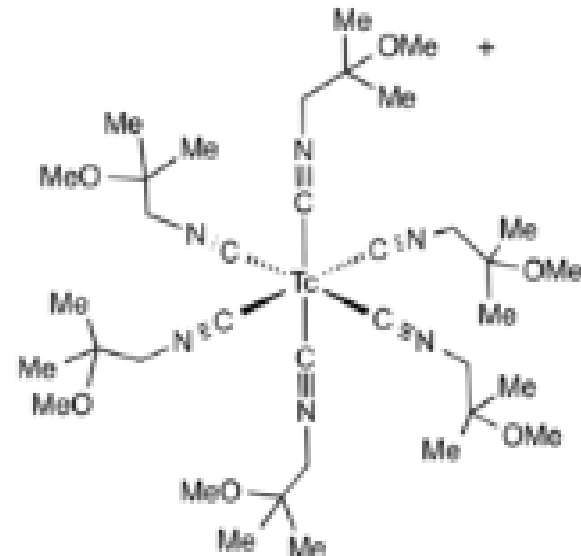
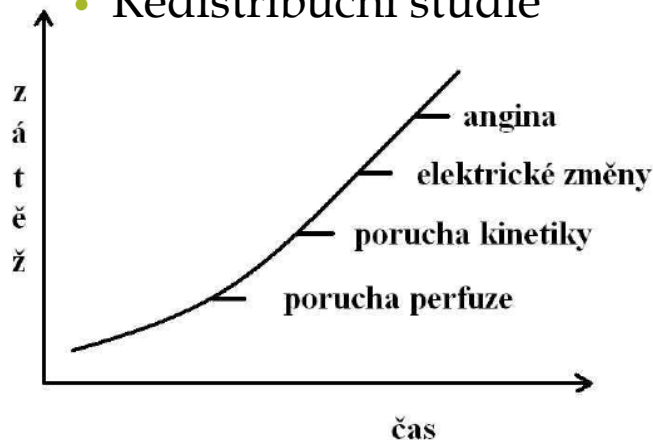
4. Snímání a vyhodnocení



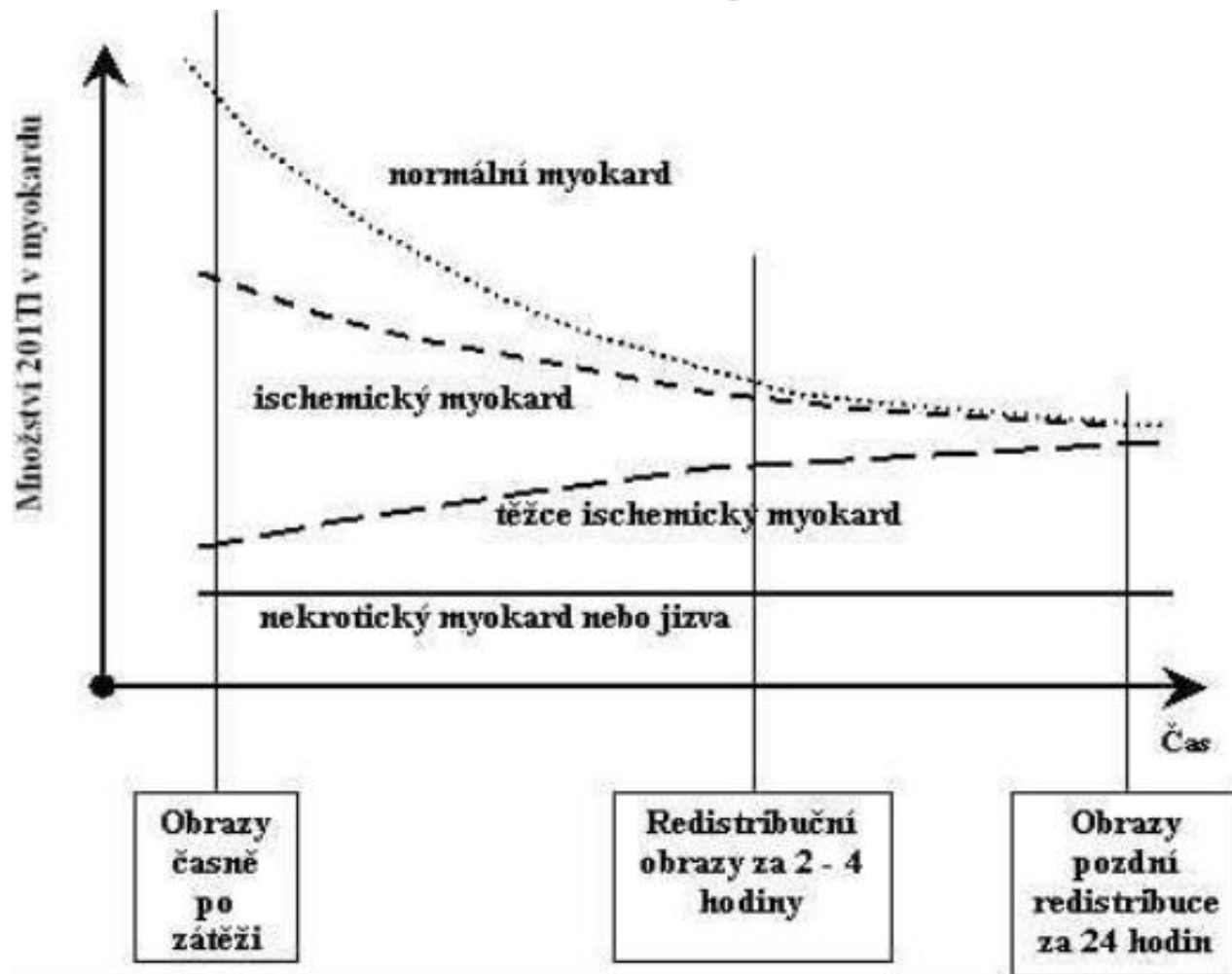
Příklady vyšetření

Nukleární kardiologie

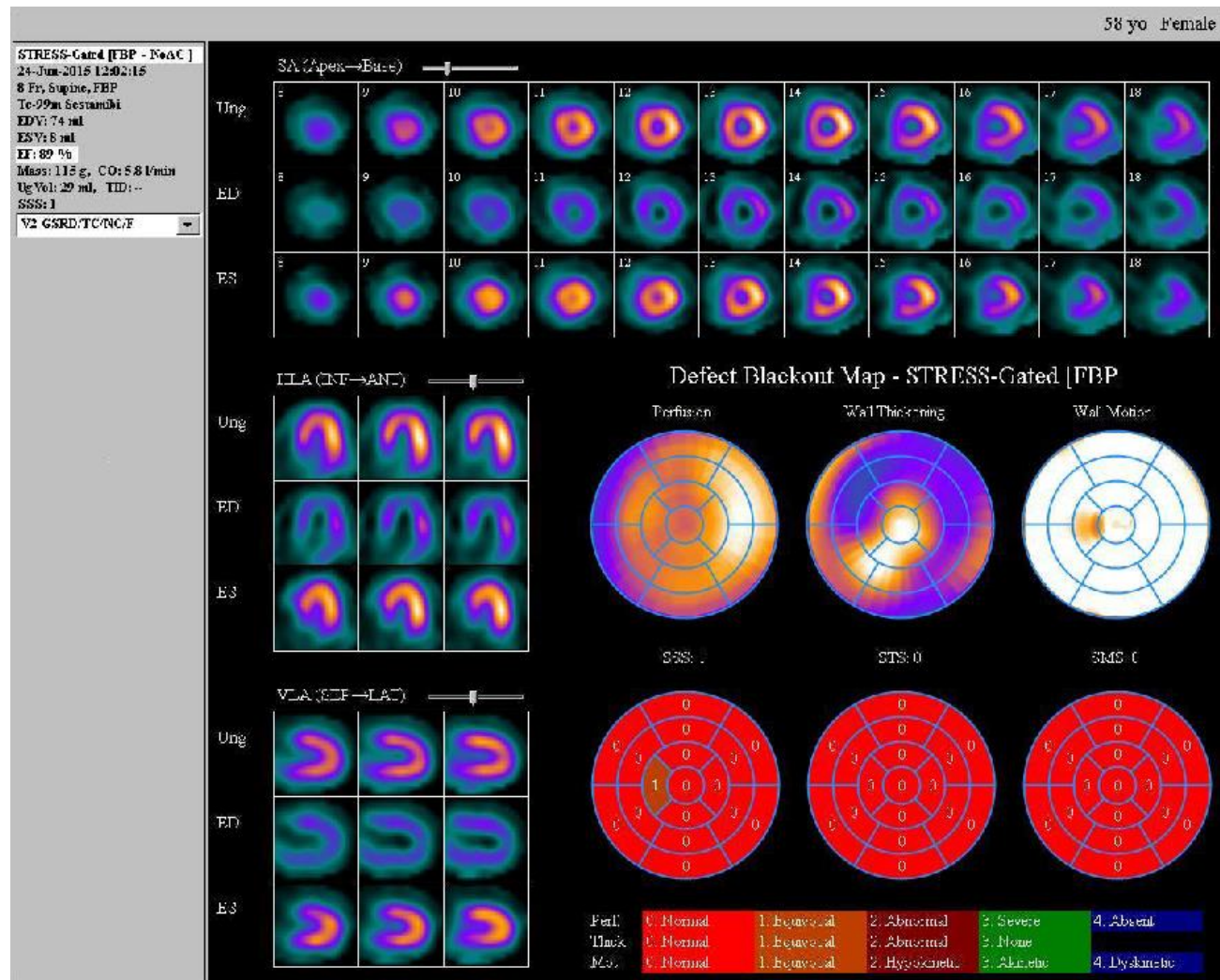
- Vertikulografie – srdce jako pumpa – ^{99m}Tc značené erytrocyty
- Průtoková angiografie – diagnostika zkratů – $\text{Na}^{99m}\text{TcO}_4$
- Perfúzní scintigrafie – ^{201}Tl – chlorid, ^{99m}Tc -MIBI
 - MIBI – 2-methoxy-isobutylisonitril
 - Dvoudenní/jednodenní protokol
 - Fyzická/farmakologická zátěž
 - Redistribuční studie



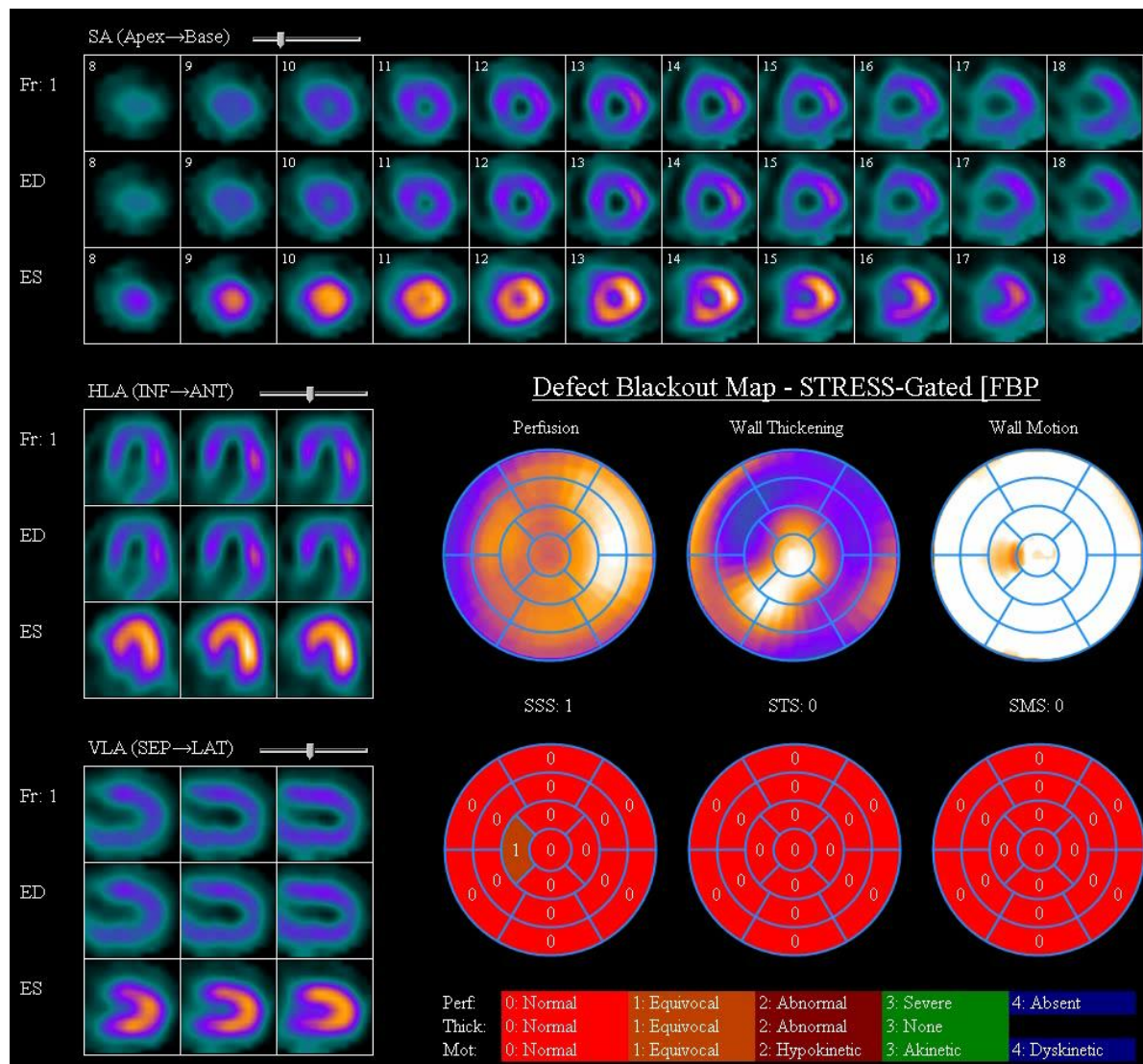
Nukleární kardiologie



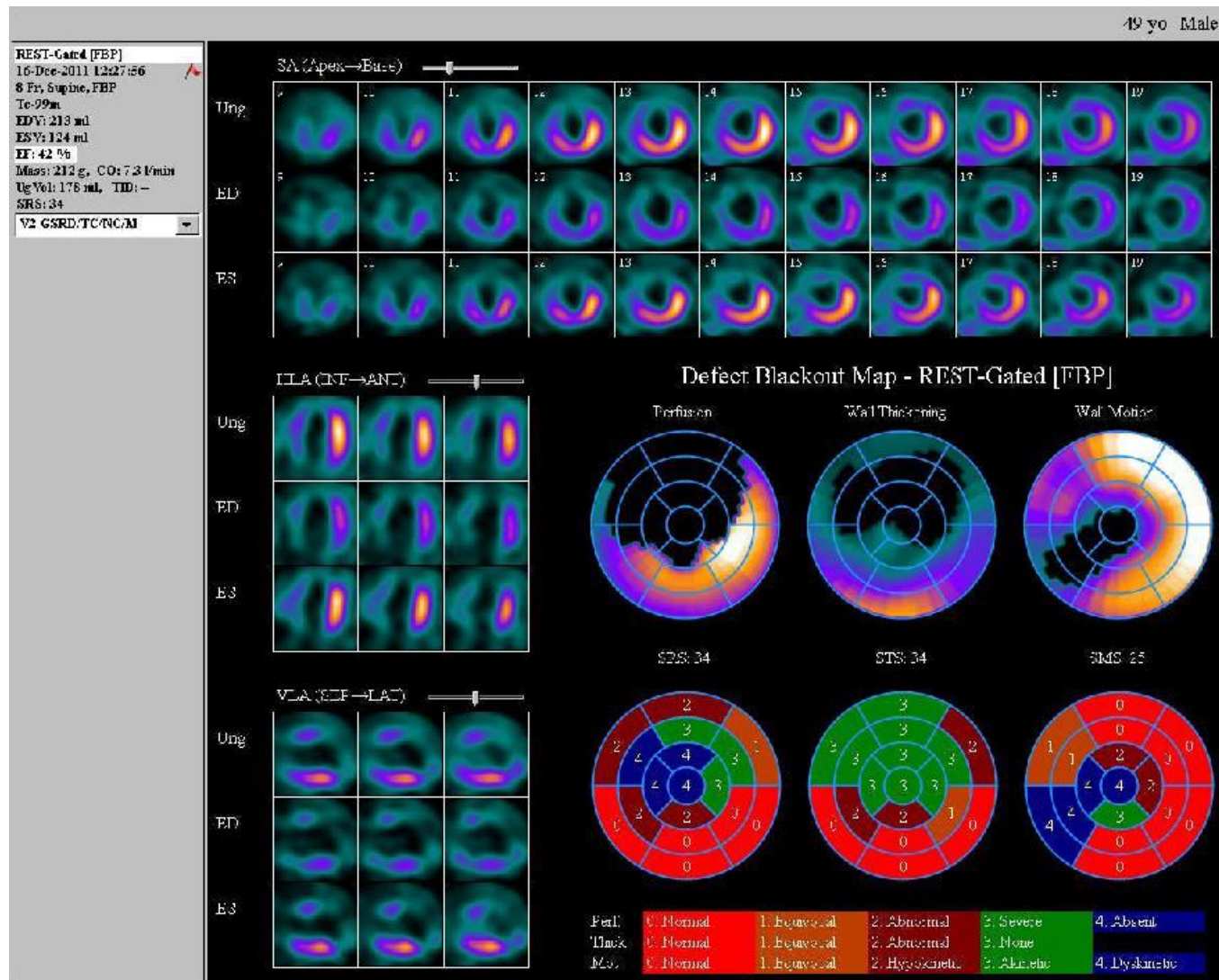
Nukleární kardiologie – normální nález



Nukleární kardiologie – normální nález

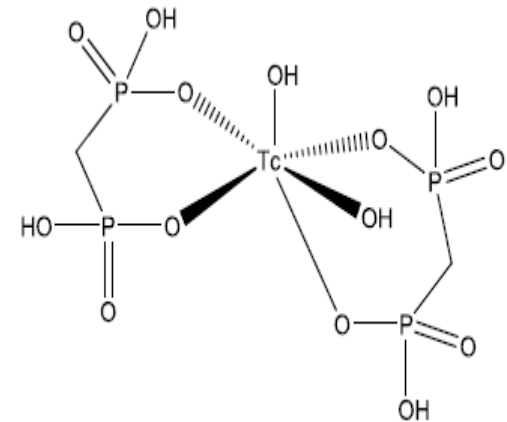


Nukleární kardiologie – patologický nález



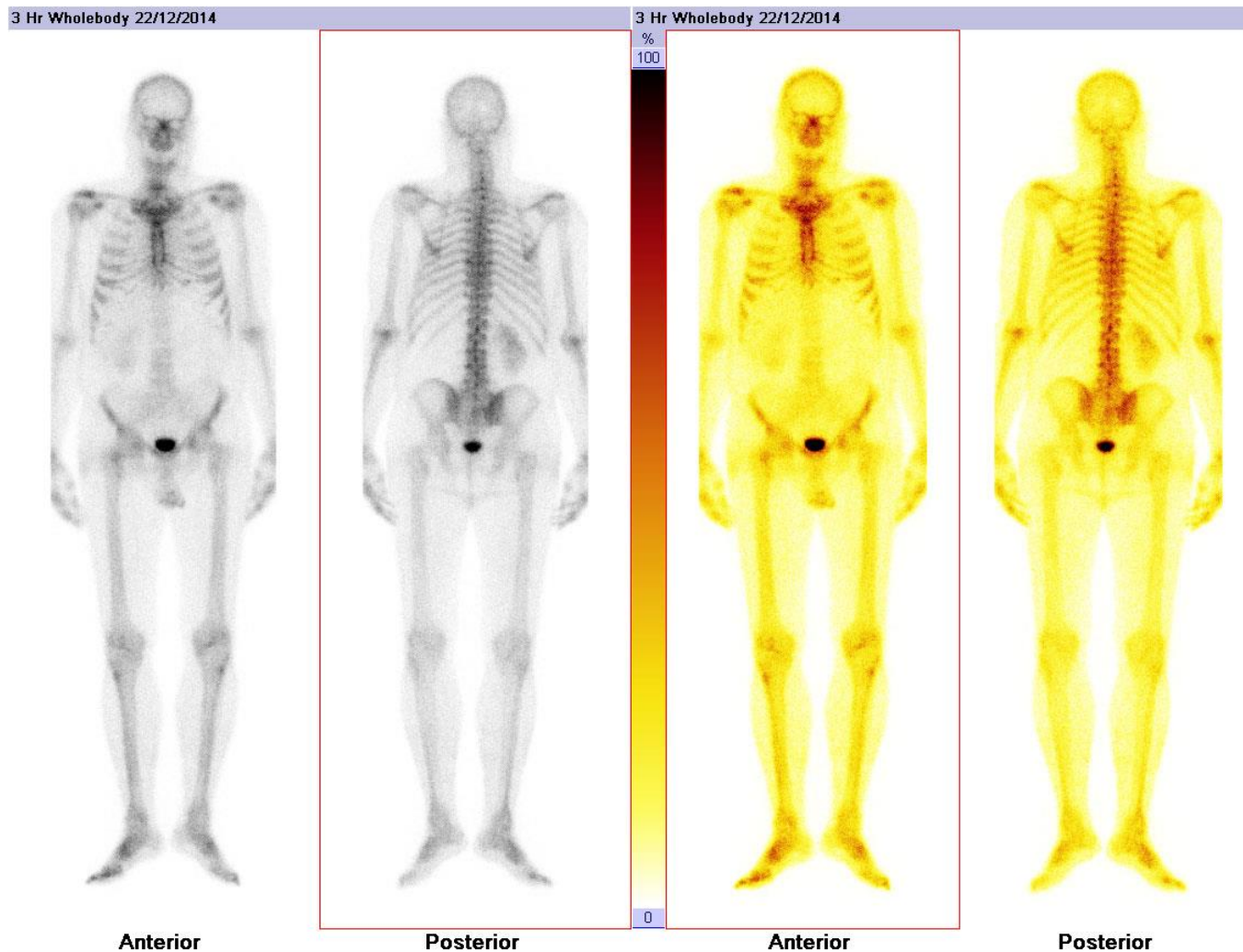
Kostní scintigrafie

- FUNKČNÍ VYŠETŘENÍ
- Nádorová onemocnění skeletu, fraktury, kostní infarkty, kostní bolesti, potvrzení viability kostního implantátu
- Bifosfonáty: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP – methylenedifosfonát



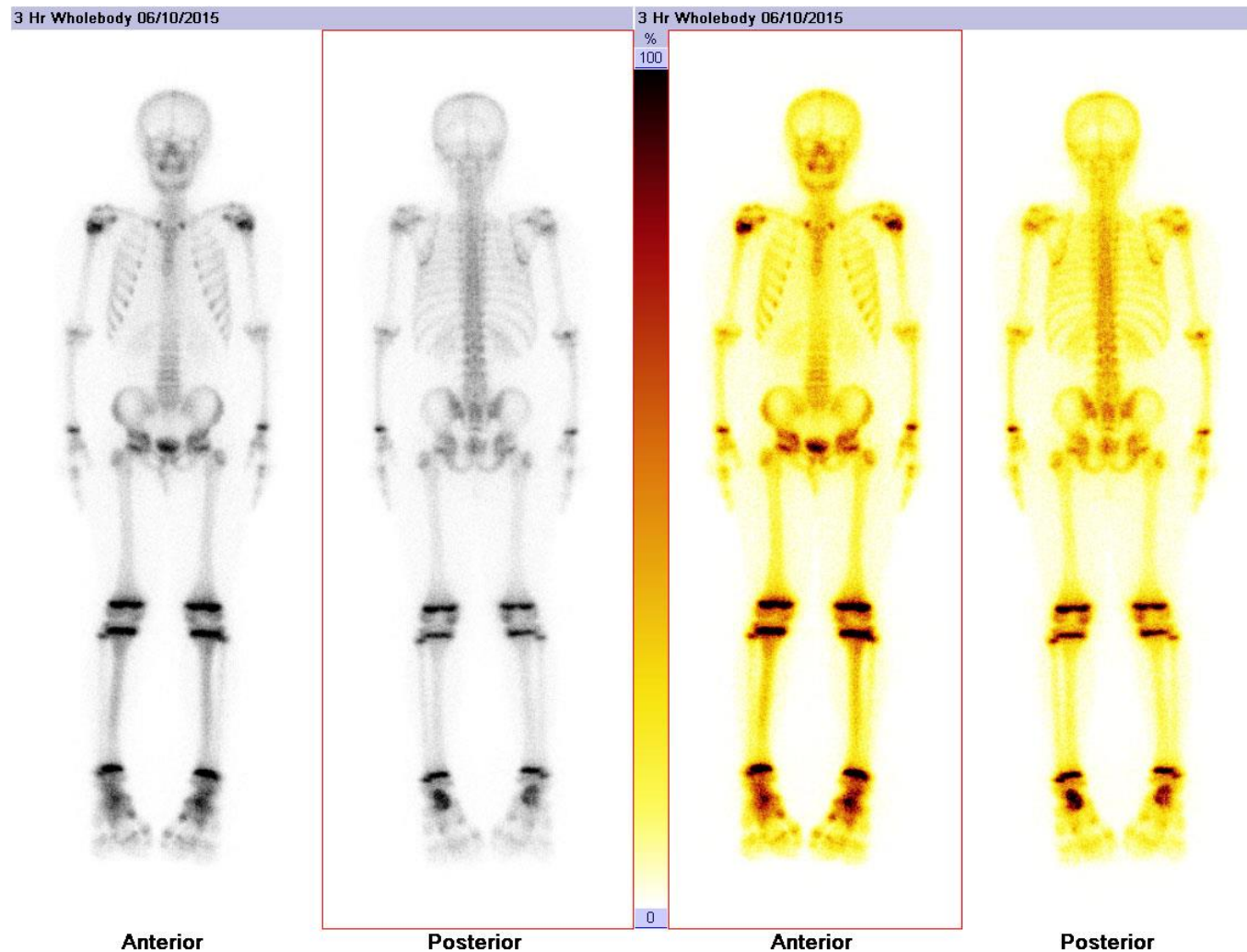
Kostní scintigrafie

- Scintigrafie skeletu dospělého – normální nález



Kostní scintigrafie

- Scintigrafie skeletu dítěte – normální nález



Kostní scintigrafie

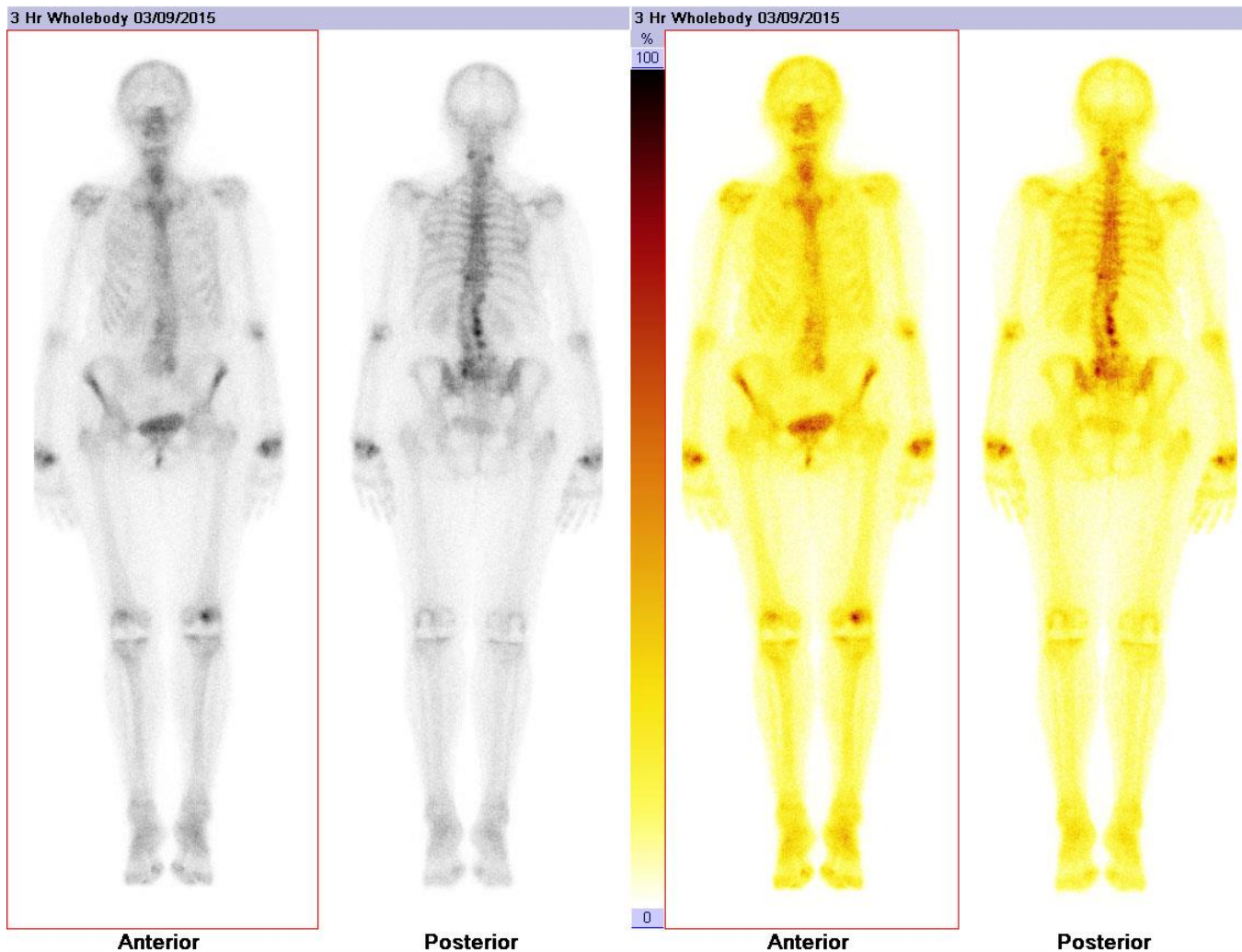
- Scintigrafie skeletu dítěte – normální nález

■



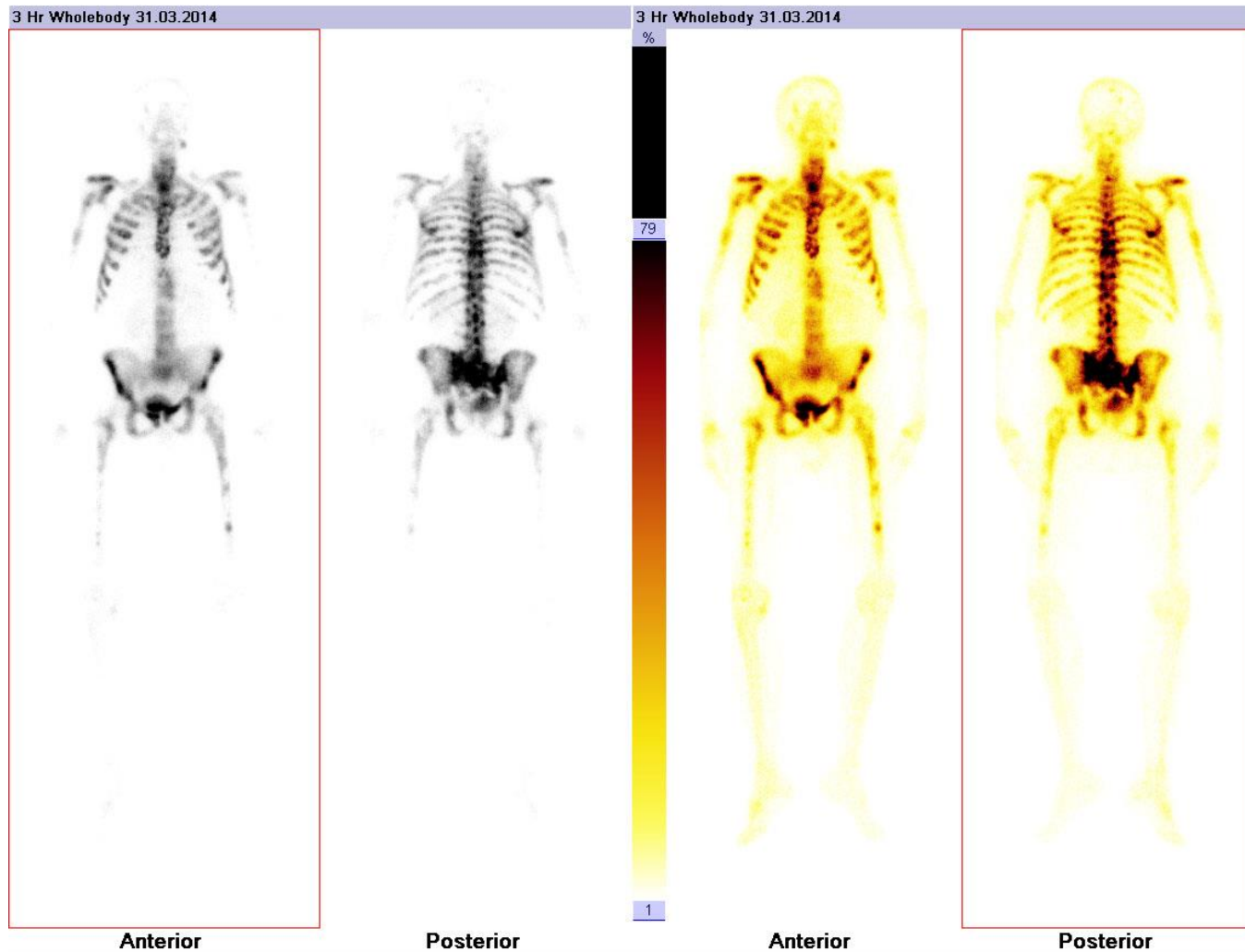
Kostní scintigrafie

- Scintigrafie skeletu dospělého – degenerativní změny



Kostní scintigrafie

- Scintigrafie skeletu dospělého – mnohočetný ložiskový proces



Plicní scintigrafie

- Ventilační plicní scintigrafie

radioaktivní plyny – $^{81\text{m}}\text{Kr}$, ^{133}Xe

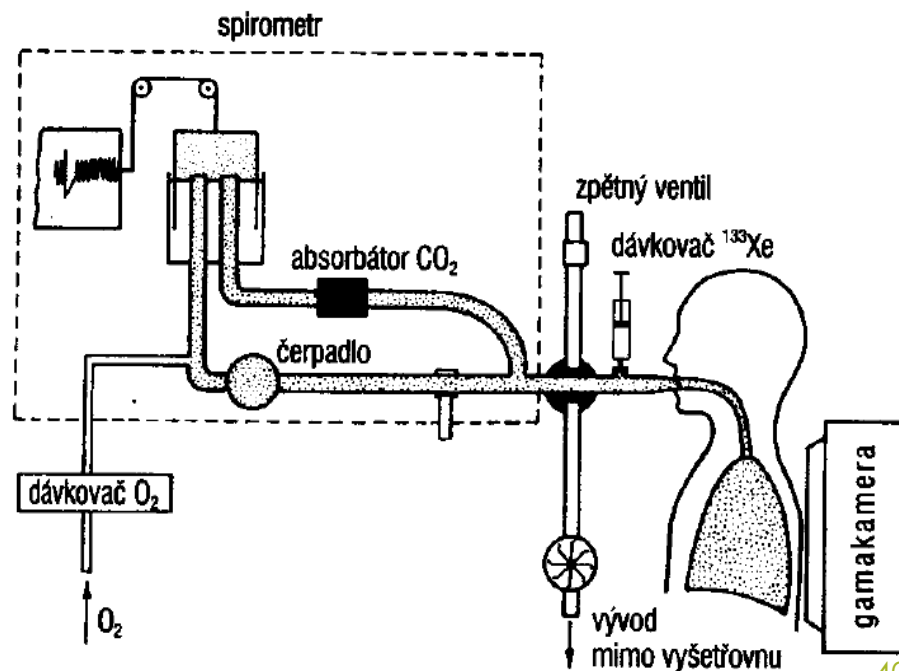
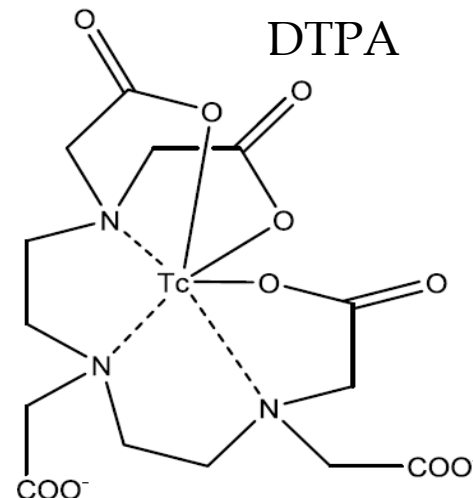
radioaktivní aerosoly

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA (diethylen triamin pentaoctová kyselina),

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA (makroalbumon)

-perfúze

- Podezření na plicní embolizaci
- Rozhodování o operabilitě bronchiálního ca.
- Rozlišení mezi primární a sekundární plicní hypertenzí



Plicní scintigrafie

Patient Name:
Study Date: 15/11/2013

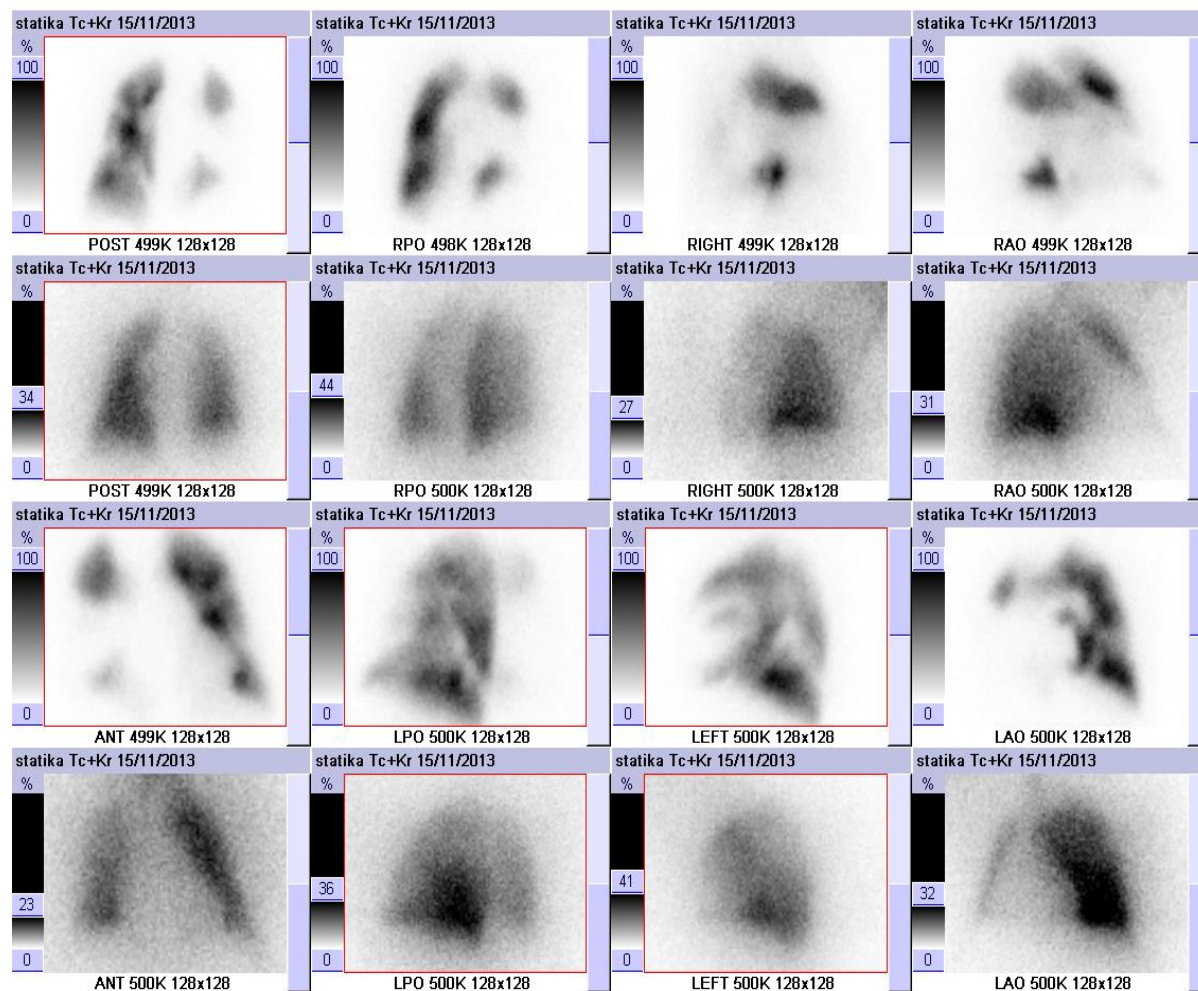
Patient ID:

DOB: 1946

Study Name: Lung V/Q Scan

perfúze

ventilace



Scintigrafie ledvin

- **Dynamická scintigrafie** – distribuce a vylučování – ^{99m}Tc -MAG3 (merkaptacetyltriglycin), ^{99m}Tc -DTPA

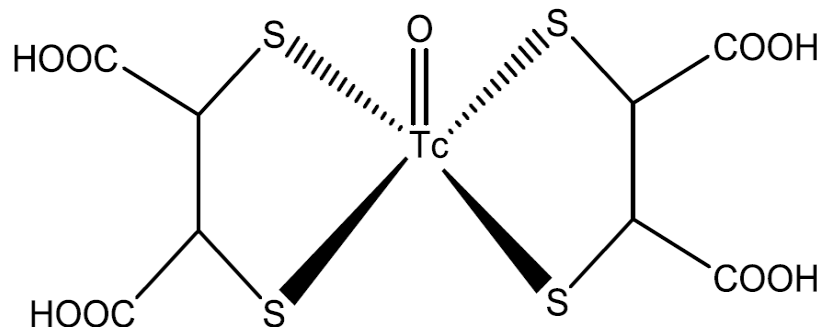
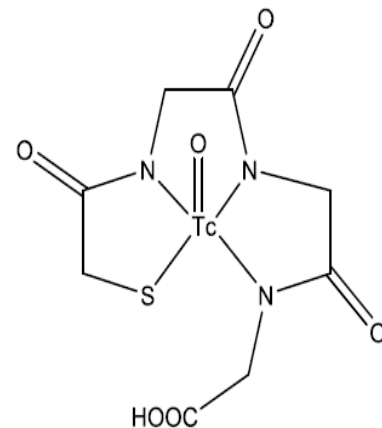
- Posouzení funkce
- Glomerulární filtrace

- **Statická scintigrafie** – funkční aspekt, ^{99m}Tc -DMSA (dimerkaptojantarová k.)

- Vrozené vývojové vady
- Traumata ledvin

- **Cystografie a uroflowmetrie** – přímá a nepřímá

- Stanovení měchýřového rezidua
- Monitoring efektu léčby refluxu



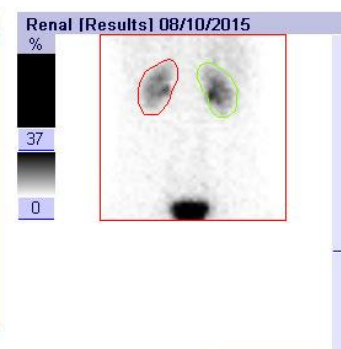
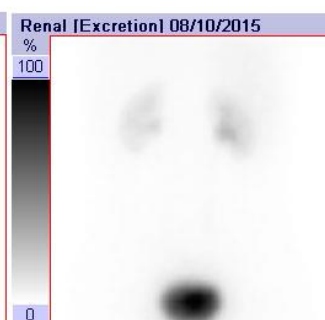
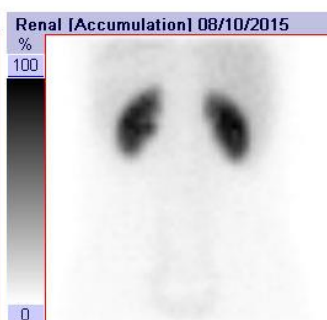
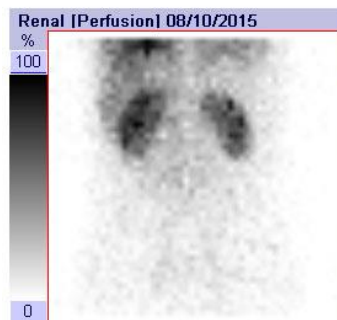
Scintigrafie ledvin - normální nález

Patient Name:
Study Date: 09/06/2015

Patient ID:

DOB: 27/03/1998

Study Name: Renal Scan



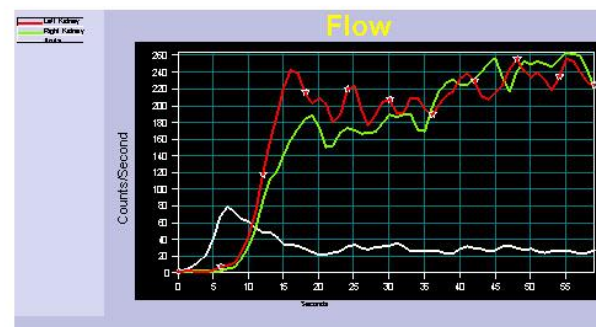
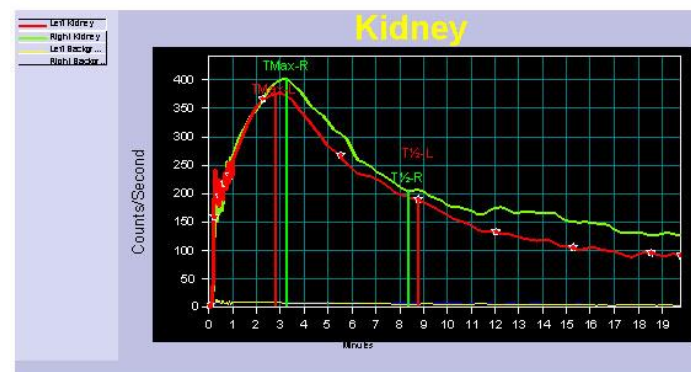
All Frames

Split Function based on Slope Method 0.5 - 2 min

Parameters	Left	Right
Split Function (%)	51.5	48.5

Split Function based on Area Method 1 - 2 min

Parameters	Left	Right	Total
Split Function (%)	49.1	50.9	
Kidney Counts (cpm)	40672	42139	82811
Kidney Depth (cm)	5.381	5.417	
Time of Max (min)	2.752	3.252	
Time of 1/2 Max (min)	8.738	8.345	



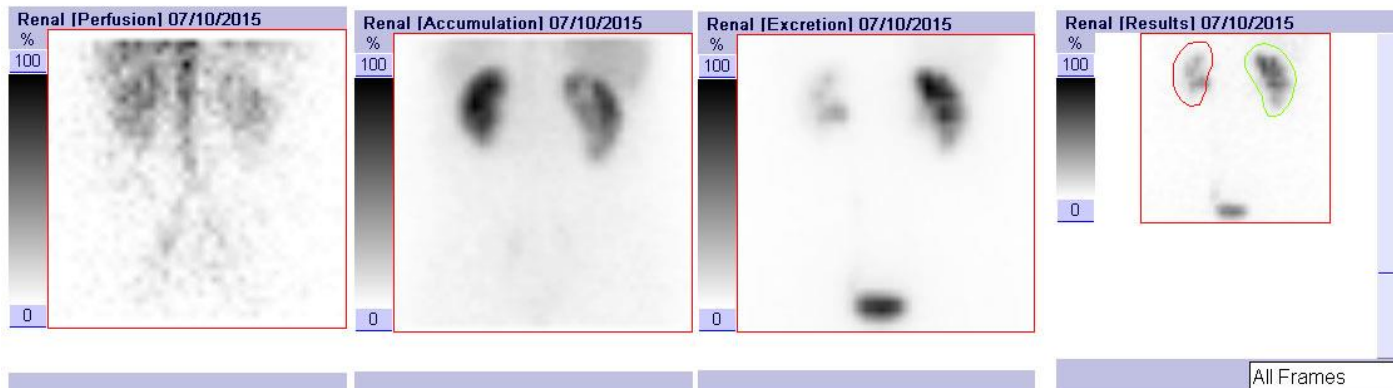
Scintigrafie ledvin - patologický nález

Patient Name: .
Study Date: 06/10/2015

Patient ID:

DOB: 17/08/1965

Study Name: Renal Scan

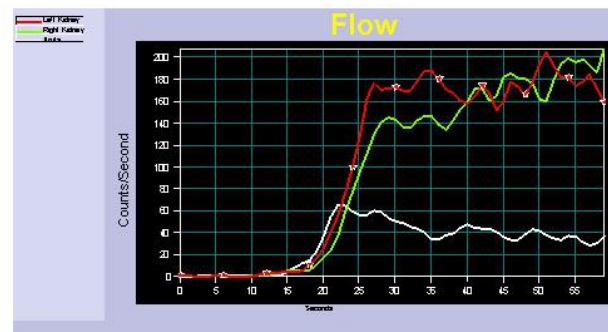
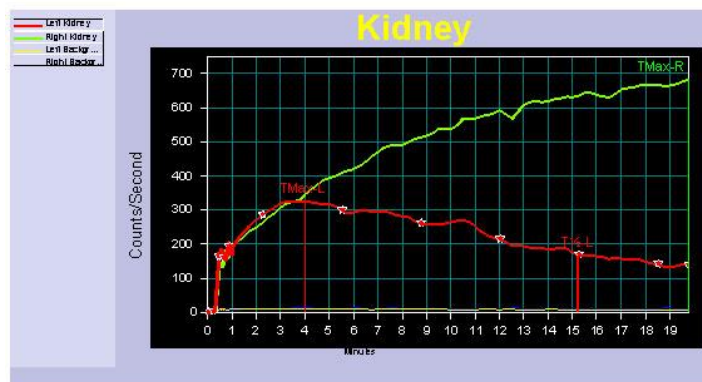


Split Function based on Slope Method 0.5 - 2 min

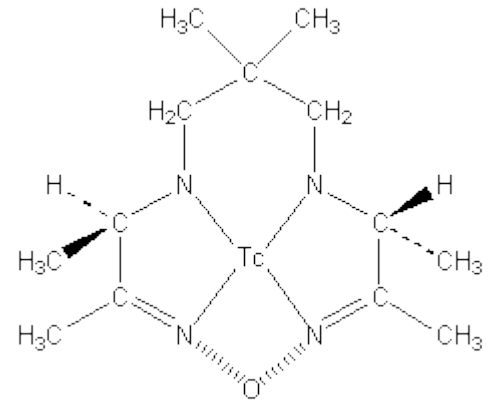
Parameters	Left	Right
Split Function (%)	54.9	45.1

Split Function based on Area Method 1 - 2 min

Parameters	Left	Right	Total
Split Function (%)	51.2	48.8	
Kidney Counts (cpm)	49781	47465	97246
Kidney Depth (cm)	8.487	8.546	
Time of Max (min)	4.002	19.8	
Time of 1/2 Max (min)	15.2		

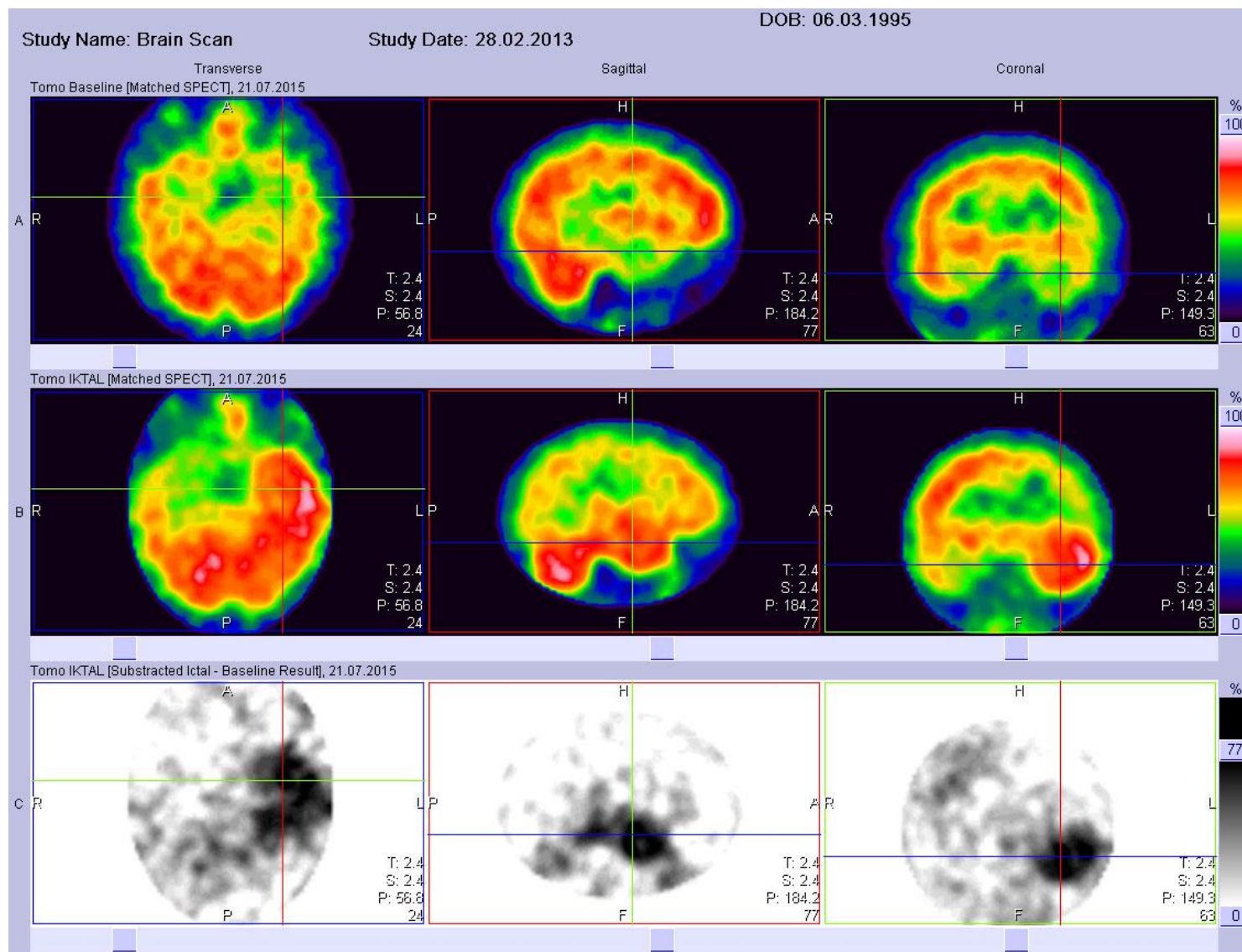


Iktální SPECT mozku



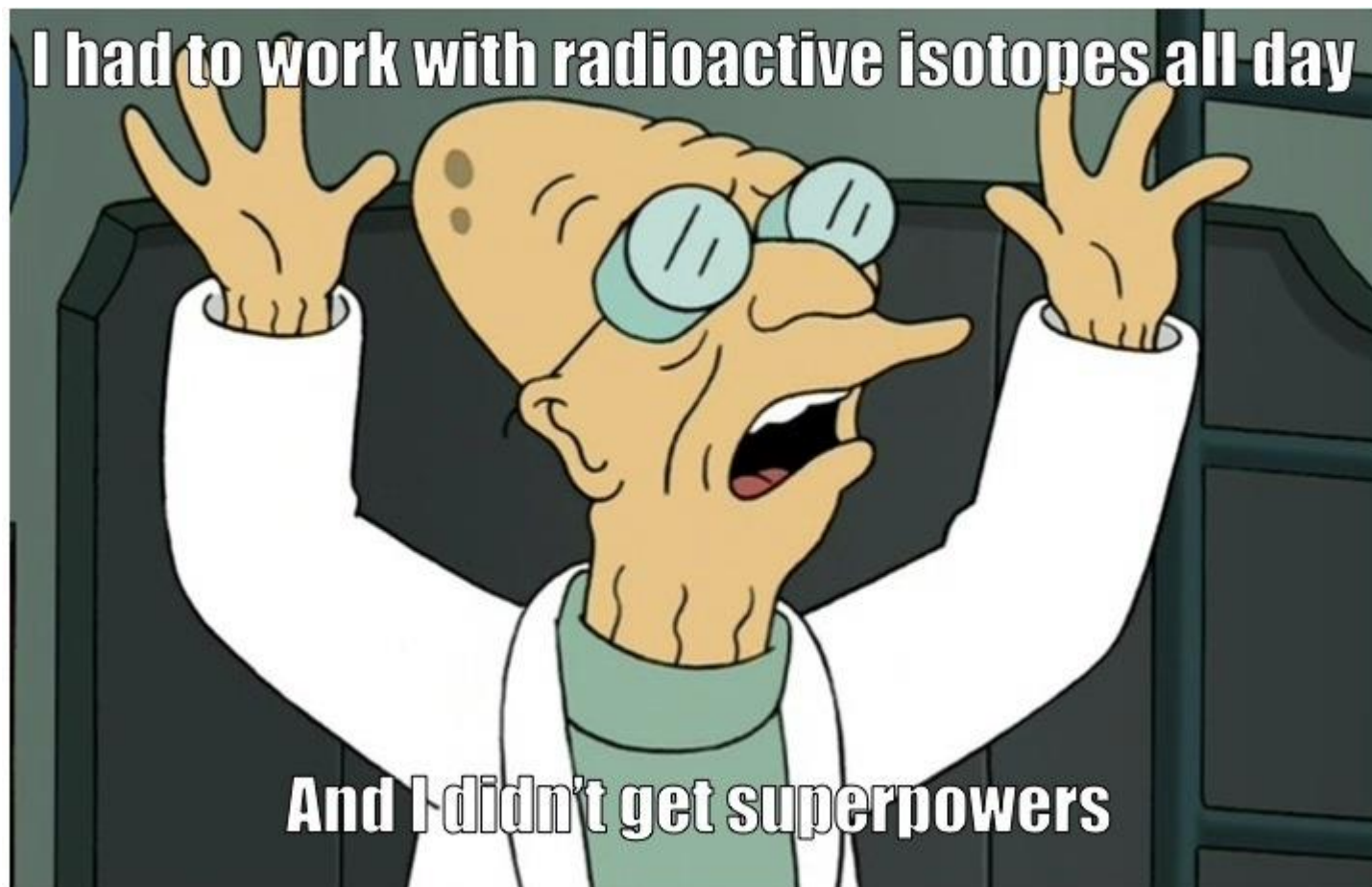
- Lokalizace epileptogenní zóny
 - Lokalizace zóny v začátku záchvatu u kandidátů chirurgické léčby epilepsie
- Radiofarmakum
 - ^{99m}Tc -HMPAO (hexamethylpropylenamin oxim)
 - Aplikace za EEG monitoringu na neurologii v začátku záchvatu
 - Snímání po odeznění epileptického záchvatu (farmakologické zaléčení)
- Hyperperfúze v místě epileptogenního ložiska
(v období mezi záchvaty může být hypoperfúze)

Iktální SPECT mozku



Závěr

- Nukleární medicína – dynamický, mladý, perspektivní multidisciplinární obor.
- Spolupráce v oblasti chemie, fyziky a medicíny.
- V rámci medicíny – zahrnuje onkologii, kardiologii, neurologii, ortopedii, urologii a další.
- Pracoviště v ČR patří ke světové špičce v NM.



Děkuji za pozornost!