

Nukleární medicína

Kristýna Švecová, Václav Příhoda



2014

Úvod

Nukleární medicína = obor zabývající se diagnostikou a léčbou pomocí otevřených radioaktivních zářičů aplikovaných do vnitřního prostředí organismu

- Zobrazovací diagnostika, laboratorní diagnostika, léčba
- Poskytuje informace o funkci orgánů
- Zobrazovací metoda - scintigrafie (gamagrafie)



Historie

- 1913 - György Hevesy popsal stopovací princip (tracer principle)
- 1943 - Nobelova cena za chemii
- 40. léta 20. století - Diagnostika chorob štítné žlázy
- 70. léta 20. století - Diagnostika dalších orgánů, lokalizace nádorů, GIT
- 80. léta 20. století - Diagnostika srdečních onemocnění



Stopovací princip

- Metody NM - tzv. stopovací princip („tracer principle“)
- Radionuklidy X stabilní izotopy
 - radionuklidy - jsou „viditelné“ - pronikavé gama záření (přeměny atomových jader)
- Radionuklidy je možné sledovat a měřit jejich množství
- Gama detektory slouží ke sledování radionuklidů



Radiofarmaka

- Radiofarmakum je léčivý přípravek složený z biologicky aktivní molekuly a jednoho nebo více radioaktivních izotopů
- Důležitou charakteristikou radionuklidu je:
 - Poločas rozpadu
 - Druh a energie ionizujícího záření
- Množství radionuklidu se vyjadřuje jeho aktivitou udávanou v becquerelech



Radiofarmaka

- Zpracovávají se do různých lékových forem k aplikaci jako injekce, plyny aj.
- Radiofarmaka značená radionuklidy s delším poločasem přeměny se vyrábějí hromadně
- Většina dnes klinicky používaných radiofarmak však obsahuje radionuklidy s krátkým poločasem přeměny a musí se připravovat přímo v nemocnicích - přísné zásady
- Stopové množství - neovlivňuje funkci vyšetřovaného orgánu



Lékové formy radiofarmak

- Podle způsobu aplikace radiofarmaka dělíme:
 - Parentální radiofarmaka
 - Perorální radiofarmaka
 - Inhalační radiofarmaka
 - Radiofarmaka pro lokální aplikaci



Radiofarmaka

- = otevřené radioaktivní zářiče - orální nebo intravenózní aplikace do organismu
- V jiném případě se radionuklid vstříkne do krevního oběhu a sleduje se dynamika jeho průchodu např. srdcem, plícemi a velkými cévami
- Distribuce radiofarmaka odráží konkrétní fyziologický či patologický stav nebo funkci příslušných orgánů a tkání (intenzita záření)
- Komplexní diagnostika - zobrazení celé distribuce (detaily, anomálie)
- scintigrafie



Scintigrafie

- Scintigrafie je metoda zobrazení distribuce radiofarmaka v organismu
- Detekuje vycházející záření gama
- Scintigrafické zobrazení umožňuje zobrazit např. hypoxii, záněty, perfuze
- Scintigrafie zobrazuje pouze živou tkáň



Scintigrafie - časová závislost

- Statická scintigrafie
 - Vytvoření scintigrafických obrazů vyšetřované oblasti (bez ohledu na čas)
- Dynamická scintigrafie
 - série statických obrazů postupně v čase
 - Můžeme sledovat pohyb a časové změny distribuce radiofarmaka v organismu.
 - Matematickou analýzou stanovovat kvantitativní parametry funkce jednotlivých orgánů.



Scintigrafie - prostorová závislost

- Scintigrafie planární
 - Planární s. je obrazová projekce distribuce radiofarmaka do dvojrozměrné zobrazované roviny.
- Scintigrafie tomografická
 - SPECT
 - PET



Scintilační kamera

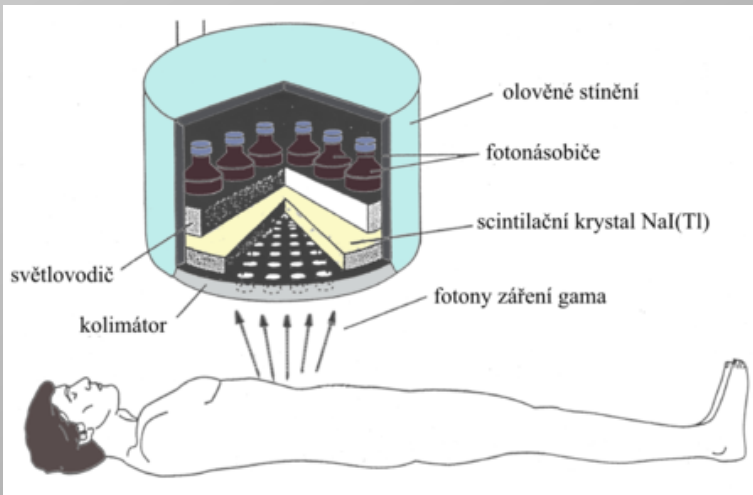
- Detekce distribuce fotonů záření gama
---> převod záření na elektrické impulzy
---> scintigrafický obraz distribuce radiofarmaka
- Akumulace radiofarmaka - lokalizace patologického nálezu
- Kolimátor
= olověná deska s otvory, kterými mohou projít pouze ty fotony gama, které se pohybují přesně ve směru osy otvorů



Konstrukce scintilační kamery

Scintilační detektor

- pouzdro (světlotěsnost, radiační stínění)
- scintilační krystal
- fotonásobiče
- světlovodiče



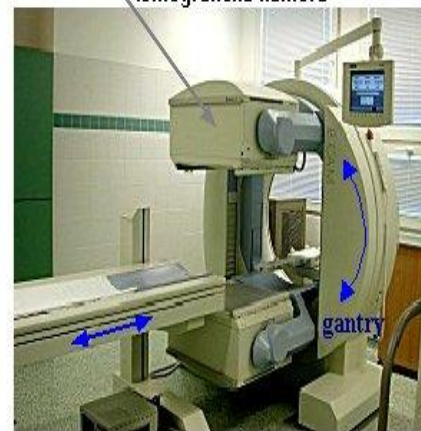
Scintilační detektor

- upevnění ke stojanu - mechanický pohyb kamery (elektromotorky)
- SPECT - prstencové uspořádání stojanu tzv. gantry - rotace kamery okolo objektu
- lehátko - kolmo ke stojanu, nebo pohyblivé (zajíždí do gantry)



planární kamera

tomografická kamera



gantry

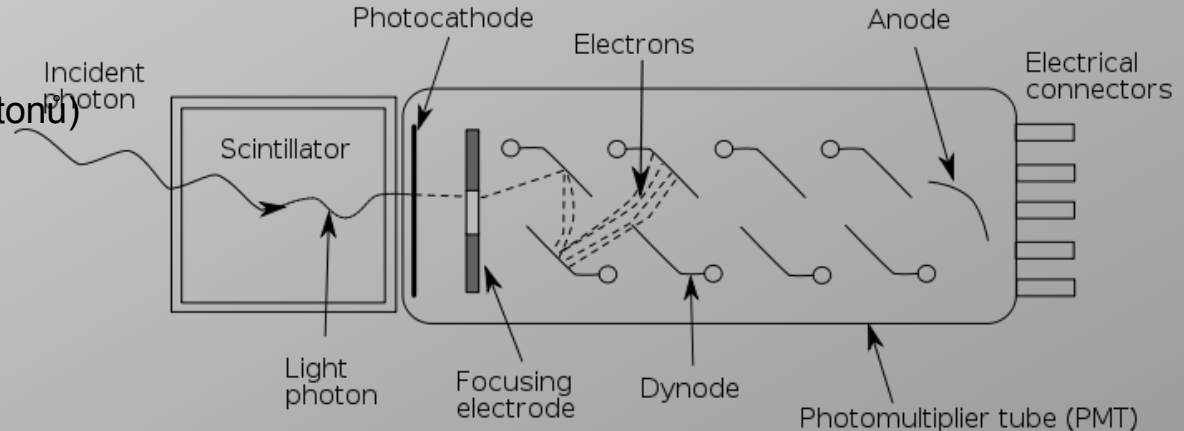
Scintilační krystal

- Iodid sodný aktivovaný thalliem NaI(Tl)
- Nejčastěji obdélníkového tvaru o rozměrech 40-50 cm
- Tloušťka - 12,7 mm
- Nad krystalem je uloženo 19-100 fotonásobičů
- Foton záření gama vyvolá v krystalu scintilaci, světelné fotony se šíří všemi směry



Fotonásobič

- PMT = photomultiplier tube
- detekce fotonů a jejich přeměna na elektrické signály
- Fotokatoda (fotoelektrický jev) - e^- (urychlování el. napětím mezi dynodami)
- Dynody - emise více e^- (sekundární emise)
- Anoda
- zesílení až 10^8 (detekce jedn. fotonů)



Fotonásobič

- výstup fotonásobiče - impulz
- Impulzy jsou vedeny na elektrický obvod tzv. **komparátor**
 - porovnání A impulzů - vznik souřadnicových pulzů X a Y (určují místo záblesku na krystalu)
- Sumační impulzy se pak vedou na amplitudový analyzátor, který propouští pouze impulzy odpovídající totální absorpci záření gama v krystalu
- A/D převodník - za každým fotonásobičem

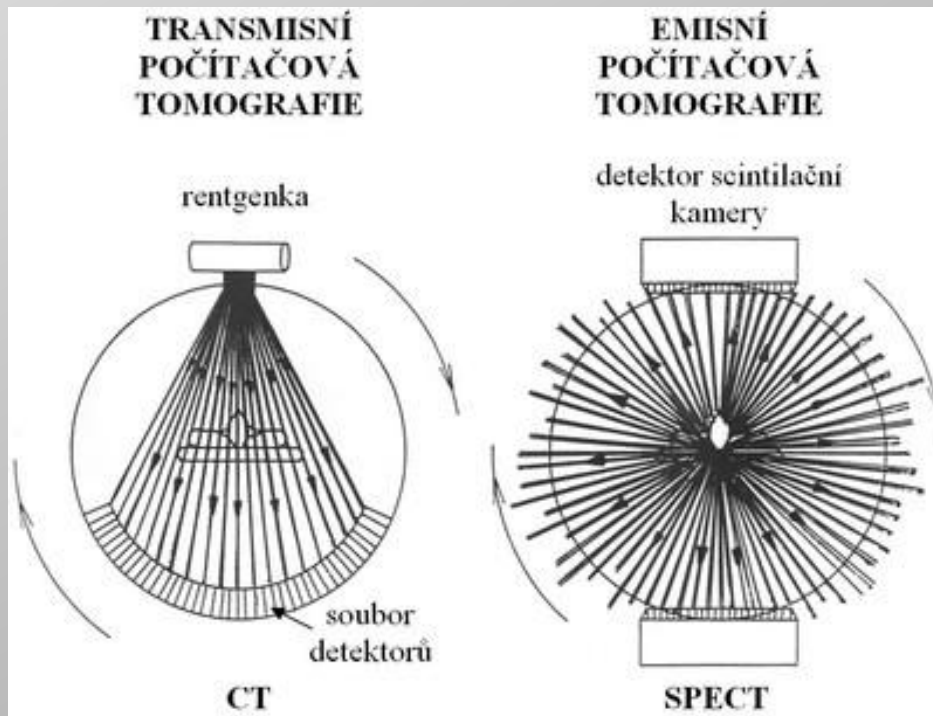


Emisní tomografie

- Vyšetřovací metoda, při kterých je radioaktivní látka aplikována pacientovi
- Zdroj záření se tedy nachází uvnitř organismu
- SPECT - single photon emission computed tomography
- PET - positron emission tomography



Emisní a transmisní tomografie



SPECT

= Single photon emission computed tomography

- Princip: podání radiofarmaka (^{99m}Tc) - jedna nebo více scint. kamer - rotace 0° - 360° - scintigrafické snímky ---> počít. rekonstrukce distribuce radiofarmaka v tomografickém řezu
- Používají stejná radiofarmaka a podobné vyšetřovací postupy jako v planární scintigrafii
 - Rozdíl - stojan (gantry) umožňuje motoricky poháněnou rotaci detektoru kolem vyšetřovaného objektu

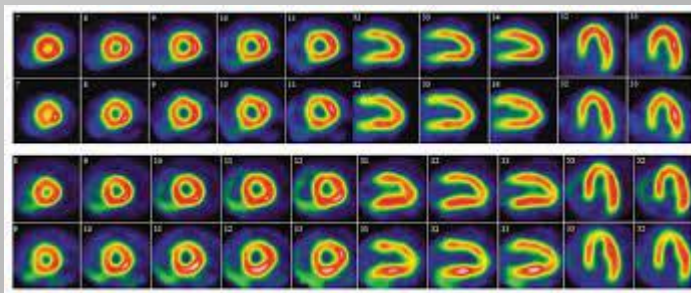


SPECT



SPECT

- Vyšetření SPECT jsou většinou statická - dlouhá doba snímání
- Dynamické vyšetření - nevyužívají se (technická náročnost)
- Délka vyšetření - 20-40 minut (snímky 1h po aplikaci injekce)
- Vyšetření orgánů - srdce (klid a fyz. zátěž - zásobení O_2)
- Dávka záření - srovnatelná s RTG



PET

= Positron emission tomography

- Pacientovi je aplikováno pozitronové β^+ radiofarmakum
- Dosah pozitronu ve tkáni závisí na jeho energii, v případě ^{18}F je to necelý milimetr
- Detektory nejsou opatřeny olověnými kolimátory s mnoha otvory, neboť kolimace je realizována elektronicky



PET x SPECT

- Obě metody se liší přístrojovým vybavením, radionuklidy, zpracováním výsledků, klinickými aplikacemi
- SPECT nejčastěji používá rotační scinitlační kamery s jednou nebo více detekčními hlavami, které se během vyšetření otáčejí kolem dlouhé osy pacientova těla
- V PET se nejčastěji používají multidetektorové systémy s mnoha malými detektory uspořádanými do jednoho nebo více prstenců podobně jako u CT



Porovnání

Rentgenové zobrazní

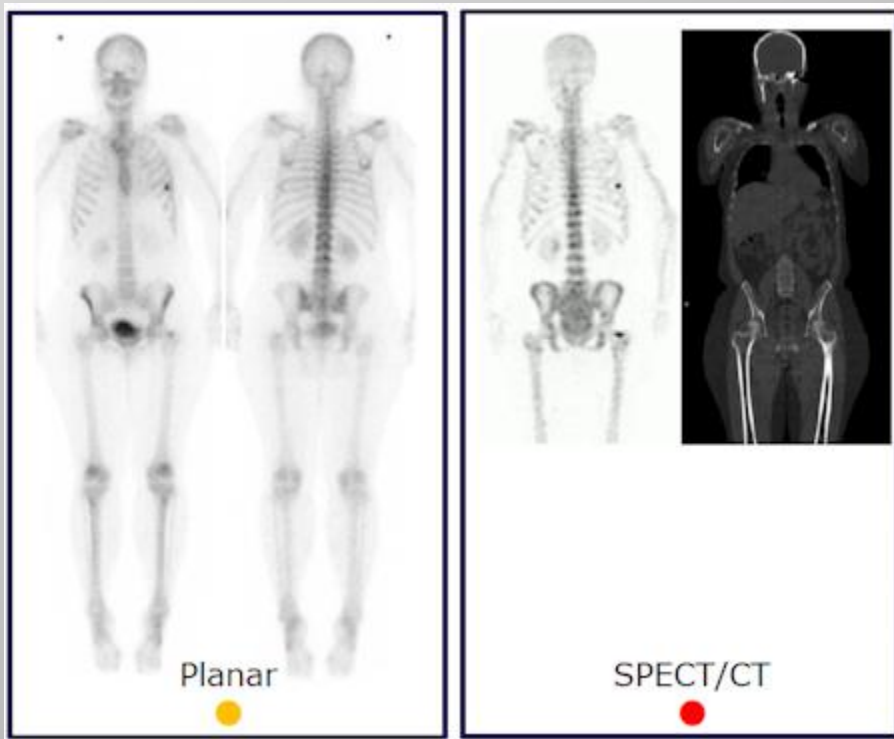
- Transmisní zobrazování, zdroj vně těla
- Anatomické zobrazování
- Rentgenové záření
- Rozlišení < 1 mm

Nukleární zobrazení

- Emisní zobrazování, zdroj uvnitř těla
- Funkční zobrazování
- Gama - záření
- Rozlisení - 5-20 mm



Porovnání



Shrnutí

- Metody nukleární medicíny umožňují v některých případech odhalit patologický proces dříve než ostatní zobrazovací metody
- Scintigrafie má menší prostorovou rozlišovací schopnost než rentgen, ale je velmi citlivá
- Radiofarmaka používaná v nukleární medicíně se odlišují od kontrastních látek v radiodiagnostice



Děkujeme za pozornost





Zdroje

1.)

Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů - J. Rosina, H. Kolářová, J. Staněk

2.)

<http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm> - Vojtěch Ullman

3.)

https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=30116

4.) <http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/pozitronova-emisni-tomografie/principy-pet/>

5.)

Nukleární medicína - Karel Kupka, Josef Kubinyi, Martin Šámal a kol.