

NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

Úvod

Fyzikální a technické základy

Ing. Jaroslav Zimák, CSc.
Klinický radiologický fyzik KNME

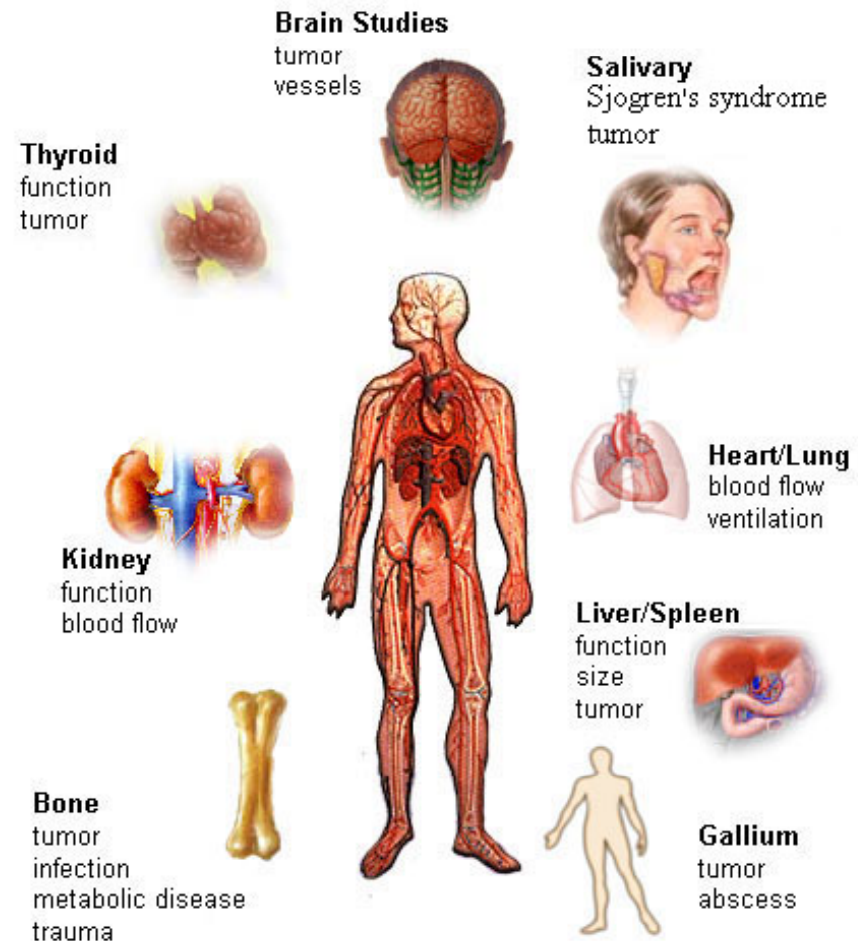
S laskavým svolením RNDr. Vojtěcha Ullmana použity některé obrázky
z jeho prezentace na adrese <http://astronuklfyzika.cz/>

Nukleární medicína

- Obor, zabývající se diagnostikou a terapií chorob pomocí radionuklidů, resp. tzv. otevřených zářičů, radiofarmak - RF) vpravených přímo do těla pacienta.
- Poskytuje specifické metody pro vyšetření prakticky všech orgánů.
- Zkoumá funkčnost orgánů a tkání.

Nejrozšířenější využití NM

- Endokrinologie
- Neurologie
- Kardiologie
- Gastroenterologie
- Nefrologie
- Onkologie



DIAGNOSTIC IMAGING - NUCLEAR MEDICINE

Radiofarmaka

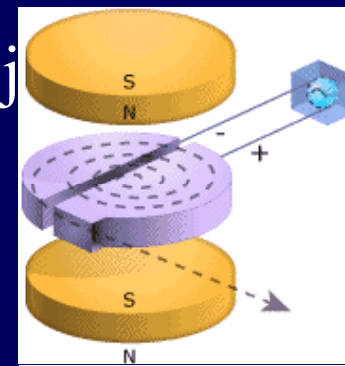
- Radioaktivní látky aplikované pacientům se jmenují radiofarmaka.
- Radiofarmaka skládají z:
 - **radionuklidu** - emituje ionizující záření, které může být detekováno mimo tělo pacienta pomocí zobrazovacího zařízení (gama kamera) nebo může být detekováno ve vzorcích tělesných látek (plasma nebo moč)
 - **nosiče** = chemická molekula (fosfonáty, peptidy, protilátky, značené krevní buňky - červené i bílé krvinky), která určuje chování radiofarmaka v těle, dopraví navázaný radionuklid do cíleného orgánu

Radionuklidy

- **Radioaktivita** - samovolná přeměna jader nestabilních nuklidů za vzniku ionizujícího záření
- **Nuklid** = atom charakterizovaný proton. č. **Z** a nukl. č. **A**
- **Přírodní** – nízké koncentrace
 - **Primární** - vznikly při termonukleárních reakcích v nitrech hvězd při vytváření vesmíru ($T_{1/2} > 10^8$ let, ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U ...)
 - **Druhotné** - rozpadové produkty primárních radionuklidů- radionuklidové řady (thoriová ^{232}Th - ^{208}Pb , uranová ^{238}U - ^{206}Pb , aktiniová ^{235}U - ^{207}Pb) např. různé izotopy Ra, Rn, Po
- **Uměle připravené**

Výroba radionuklidů pro RF

- Jaderný reaktor
 - ozařování jader neutrony (terče), separace ze štěpných produktů uranu jako paliva v reaktoru
 - ^{131}I , ^{99}Mo , ^{97}Y , (^{137}Cs , ^{60}Co)
- Urychlovače částic
 - cyklotron - urychlená částice vstoupí do j
 - Gama zářiče: ^{67}Ga , ^{123}I , ^{111}In , ^{57}Co
 - Pozitronové zářiče: ^{18}F
- Radionuklidové generátory
 - radionuklidy se přeměňují na dceřinné radioaktivní prvky
 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$, $^{81\text{m}}\text{Kr}$



Cyklotron ÚJF Řež



Cyklotron ÚJV Homolka



DIAGNOSTIKA

Diagnostika – in vivo

- Aplikace malého množství vhodného radiofarmaka pacientovi
- Použité RF je specifické pro jednotlivé orgány a druhy vyšetření
- Aplikované RF vstoupí do metabolismu organismu a distribuuje se tam podle svého chemického složení - fyziologicky či patologicky se hromadí v určitých orgánech a jejich částech a následně se vylučuje či přeskupuje
- Z míst depozice RF vychází záření, které se detekuje a zjišťuje se tak distribuce RF v jednotlivých orgánech a strukturách uvnitř těla
- **Diagnostická radiofarmaka** musí způsobit minimální ozáření pacienta při zajištění požadované diagnostické informace.

Diagnostika – in vitro

- Aplikace RF pacientovi, odebrání a měření vzorků krve (plazma), moči.
- Odebrání vzorku krve, moči pacientovi, aplikace RF do vzorku, měření.

Ideální radionuklid pro dg

- Krátký poločas přeměny (několik hodin, max. několik dní)
- Přeměna na stabilní izotop nebo na radioizotop s velmi dlouhým poločasem přeměny (^{99m}Tc - ^{99}Tc , $T_{1/2}=200\,000$ let)
- Emise fotonů gama, bez alfa částic (absorpce v kůži, radiační zátěž)
 - Monoenergetické (možná korekce rozptylu energetickou diskriminací)
 - Energie: 50 – 300 keV, optimálně ~ 150 keV (^{99m}Tc , ^{123}I , ^{111}In)
(lze s dostatečnou účinností detekovat gama kamerou)

Ideální radionuklid pro dg

- Snadná dostupnost
- Přiměřená cena
- Dostatečně vysoká měrná aktivita
- Netoxické

Radionuklidy používané pro dg

Diagnostika γ zářiče

radionuklid	E[keV]	$T_{1/2}$
^{99m}Tc	140	6,03 h
^{111}In	172, 247	2,83 d
^{67}Ga	93, 185, 300	78,3 h
^{123}I	159	13,2 h
^{131}I	364	8,04 d
^{81m}Kr	190	13 s
^{201}Tl	75, 167	73,2 h

Diagnostika β^+ zářiče

radionuklid	E_{γ} [keV]	$T_{1/2}$
^{18}F	511	110 min
^{11}C	511	20,4 min
^{15}O	511	2,07 min
^{13}N	511	10 min

TERAPIE

Terapie

- Léčba nádorových a nenádorových onemocnění (hyperthyreóza, karcinomy š.ž., paliativní léčba kostních metastáz, chronická kloubní onemocnění)
- **Terapeutická radiofarmaka** musí dodat maximální radiační dávku do nemocném orgánu nebo nádoru a přitom musí způsobit minimální ozáření mimo cílové orgány (např. v kostní dřeni).

Ideální radionuklid pro terapii

- Emise nabité částice (nejčastěji částice beta, ale mohou to být i Augerovy elektrony, vnitřní konverzní elektrony nebo i alfa částice)
- Nízké množství fotonů navíc je výhodou – umožňuje zobrazit rozložení radionuklidu v těle (v cílovém orgánu)
- Vhodně krátký poločas (typicky několik dní)

Radionuklidy používané pro terapii

Terapie β^- zářiče

Radionuklid	E_{\max} [keV]	$T_{1/2}$
^{131}I	606	8,04 d
^{153}Sm	635, 705, 808	46,7 h
^{186}Re	940, 1077	3,7 d
^{89}Sr	1495	50,5 d
^{90}Y	2280	64 h

Paliativní
radionuklidová
terapie metastáz

Chronická
kloubní
onemocnění

Příprava radiofarmak

- RF dodávaná hotově (případně je potřeba je naředit)
- Připravovaná na pracovišti radiofarmaceutem
 - Dodávané neradioaktivní soupravy = kity
 - Přidání radionuklidu (při pokojové teplotě, zahříváním ve vodní lázni) (všechny $^{99\text{m}}\text{Tc}$ preparáty)

Druhy kitů

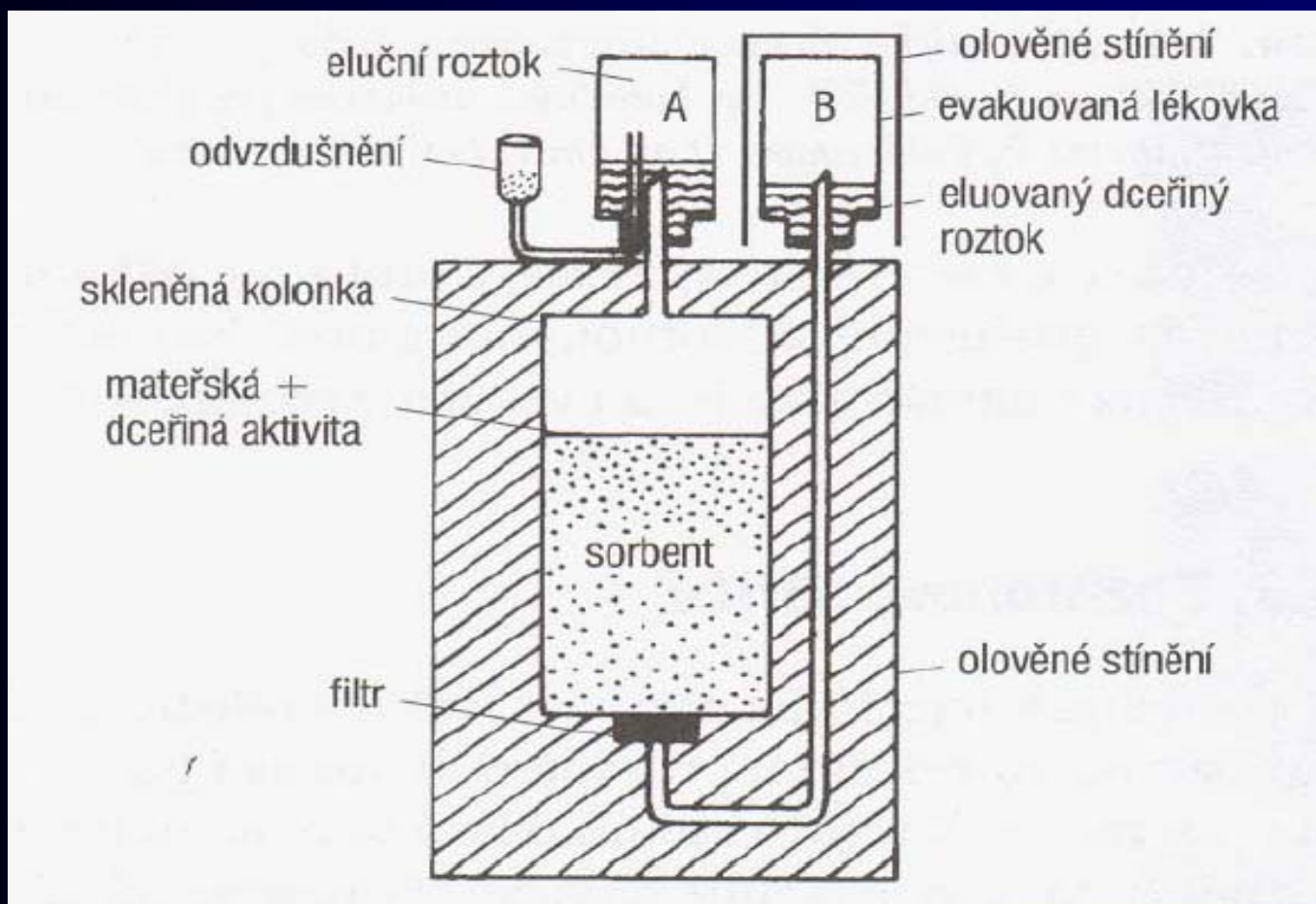
^{99m}Tc

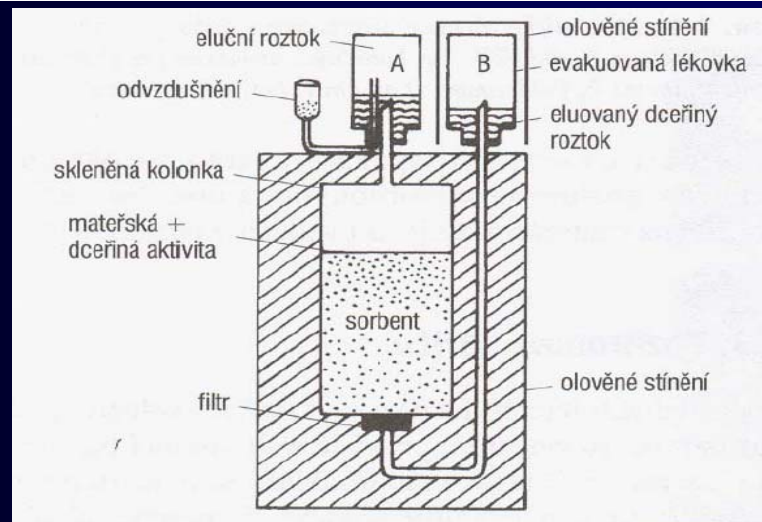
- MDP - kosti
- MAG3 - ledviny
- DMSA - leviny
- DTPA - ledviny
- HIBIDA - játra, žlučové cesty
- CARDIO-SPECT - scintigrafie myokardu, příštítných tělísek, tumorů
- MACRO-ALBUMON - plíce
- SENTI-SCINT - sentinelové lymfatické uzliny u karcinomu prsu a melanomu
- NEUROLITE - mozek
- ANTI-GRANULOCYTE - záněty, kostní dřeň
- LEUKO-SCINT - leukocyty značené ^{99m}Tc - HM-PAO, záněty

^{111}In

- OCTREOSCAN - neuroendokrinní nádory a karcinoidy

Generátor ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$





- Založen na principu výrazně rozdílné afinity mateřského a dceřinného radionuklidu vůči zvolenému sorbentu (nosiči - Al_2O_3)
- Základem je skleněná kolonka, která obsahuje oxid hlinitý, na kterém je naadsorbován ^{99}Mo ve formě molybdenanu
- Při eluci se kolonka propláchně fyziologickým roztokem a získá se roztok technecistanu sodného
- $T_{1/2} (^{99}\text{Mo})$ je 66 hodin \rightarrow generátor se používá obvykle 2 týdny

Aplikační forma RF

- Intravenózní injekce
 - pravé roztoky (^{67}Ga -citrát)
 - koloidní disperze (^{90}Y , lidský albumin značený $^{99\text{m}}\text{Tc}$,)
- Perorálně
 - roztoky (fyziologický roztok Na^{131}I)
 - pevné látky (kapsle: ^{57}Co , Na^{131}I)
- Inhalací
 - radioaktivní plyny ($^{81\text{m}}\text{Kr}$, ^{133}Xe)
 - aerosol ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA)





Aplikace radiofarmak

V závislosti na požadavcích pro konkrétní vyšetření může být radiofarmakon aplikován:

- intravenózní injekcí
- inhalací jako plyn nebo aerosol
- ingescí jako kapalina nebo pevná potravina

Zacílení na zájmovou tkáň neb orgán

Metabolismus radiofarmaka v těle závisí na jeho chemických vlastnostech a jsou tvořena:

- ionty - jako ^{67}Ga citrát a $\text{Na } ^{131}\text{I}$ (jodid sodný)
- částicemi nebo agregáty molekul značenými radionuklidy
- značenými krevními buňkami (červené nebo bílé krvinky)
- značenými komplexy molekul, jako jsou fosfonáty, peptidy a antilátky.

Radionuklidy používané v diagnostice

Příklad nejužívanějších radionuklidů :

- ^{99m}Tc $T_{1/2}$ 6 hodin - hlavní γ energie 140 keV
- ^{131}I $T_{1/2}$ 8 dní - hlavní γ energie 360 keV
- ^{67}Ga $T_{1/2}$ 3.3 dne – hlavní γ energie 93 keV,
184 keV and 296 keV

Radionuklidové zobrazování a radiační bezpečnost

- Na rozdíl od rtg a radioterapie, zařízení pro zobrazování v nukleární medicíně nevysílají záření.
- Laborant může pořídit libovolný počet snímků podle požadavků diagnostiky aniž se změní ozáření pacienta.

Radionuklidové zobrazování a radiační bezpečnost

- Nesprávná funkce gama kamery však může způsobit chybnou diagnostiku nebo nečitelnost pořízené studie a pacient tak může být zcela zbytečně radiačně zatížen aplikovaným radiofarmakem.
- Je proto zřejmé, že se musejí provádět rutinně kontroly kvality gama kamer a v případě potřeby je vyžádán servis.

Detektory v NM

- Plynové
 - IK ↪ měřiče aktivity
 - Proporcionální ↪ měřič dávkového příkonu, měřič plošné kontaminace
 - Geiger-Müller ↪ měřiče kontaminace, hlásiče radiace
- Polovodičové ↪ spektrometrie, osobní dozimetrie
- Scintilační



Scintilační detektory

- In vitro soustavy:
 - Spektrometry



- In vivo soustavy:
 - Scintilační sondy (pro akumulární testy nebo radiačně navigovanou chirurgii)
 - Scintilační kamera (gama kamera) - jednodetektorové
-
vícedetektorové



Scintilační kamera nebo též gamakamera

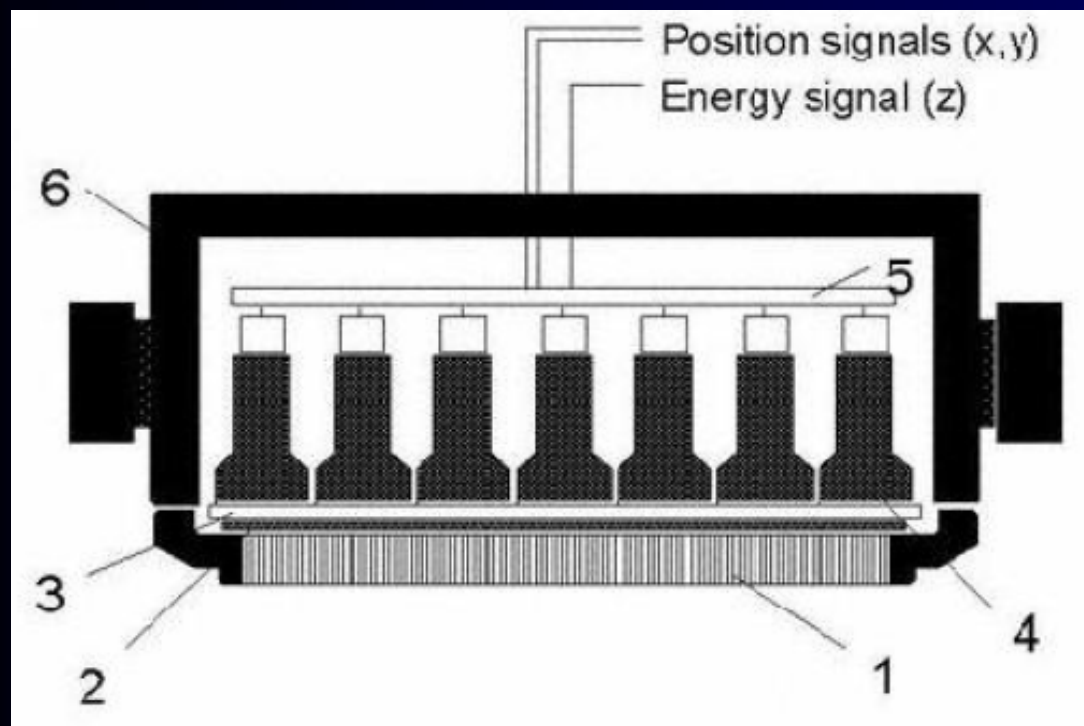
- První scintilační kameru vyvinul Hal Anger v roce 1958 (Scintillation camera - Gamma Camera).
- Principy Angerovy kamery jsou používány dosud i v moderních gamakamerách.

Gama kamera



- Hal Anger
- 1952 - první prototyp gama kamery (NaI(Tl) + fotografická deska, nízká citlivost, dlouhá doba akvizice)
- 1962 - první komerční Angerova kamera, Ohio (USA)
- Principy Angerovy kamery jsou používány dosud i v moderních gama kamerách

Základní části gama kamery

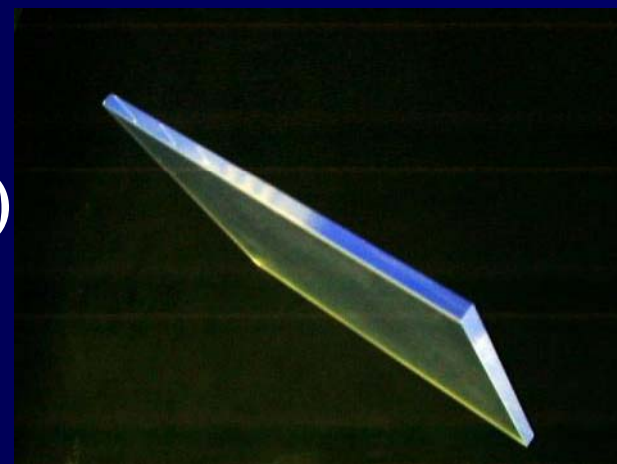


- 1 – kolimátor
- 2 – scintilační krystal
- 3 – světlovod
- 4 – fotonásobič
- 5 – zpracování signálu
- 6 - stínění

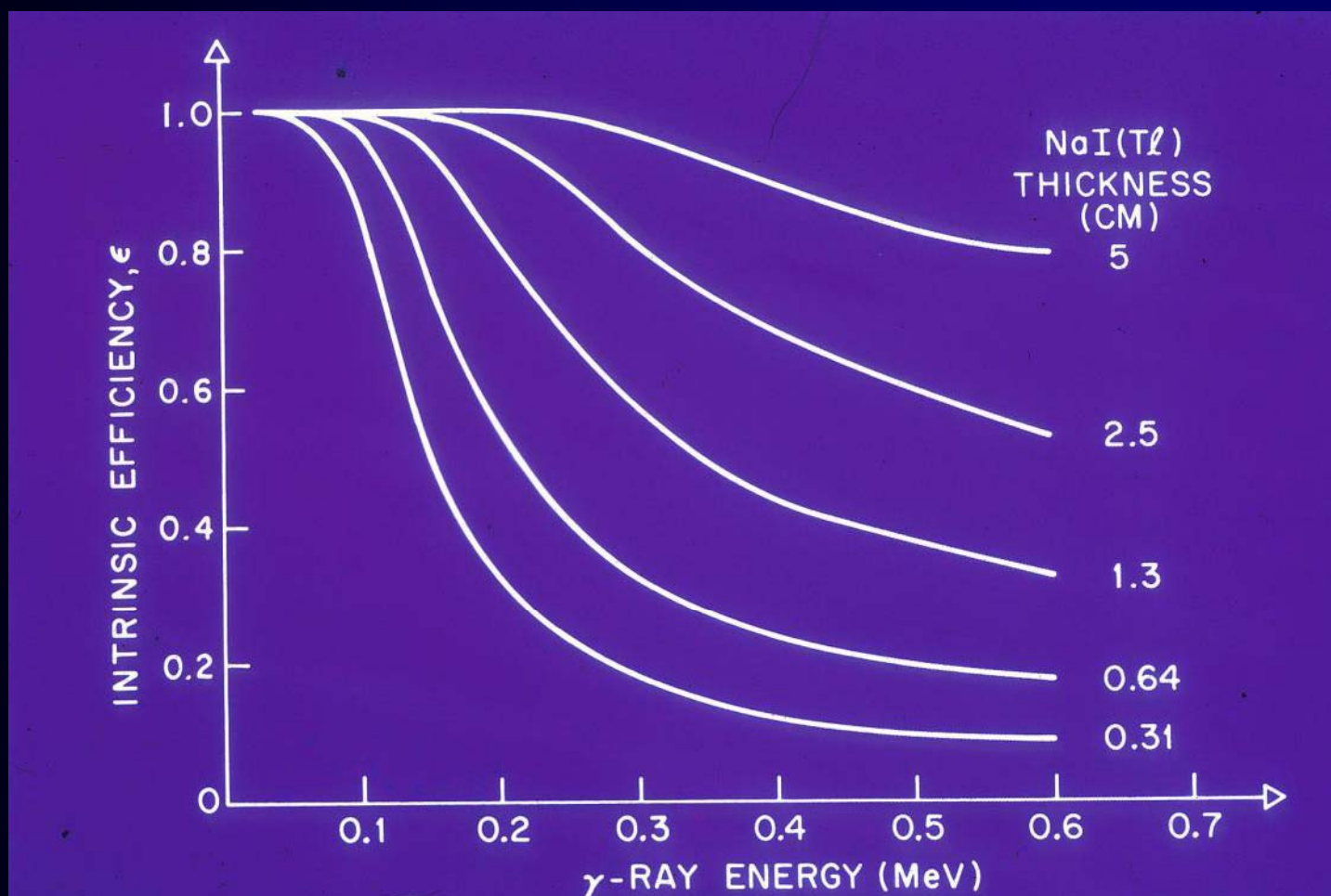


Scintilační krystal

- Jodid sodný aktivovaný thaliem NaI(Tl) má vysokou hustotu ($3,67 \text{ g/cm}^3$) a vysoké atomové číslo
- Účinnost detekce roste s \uparrow tloušťkou krystalu
klesá \uparrow energií fotonů
- Použitelný do 500 keV
- Tloušťka obvykle 9,5 mm ($3/8''$)
- rozměr: 40 x 60 cm, \varnothing až 50 cm



Detekční účinnost v závislosti na tloušťce krystalu a energii fotonů

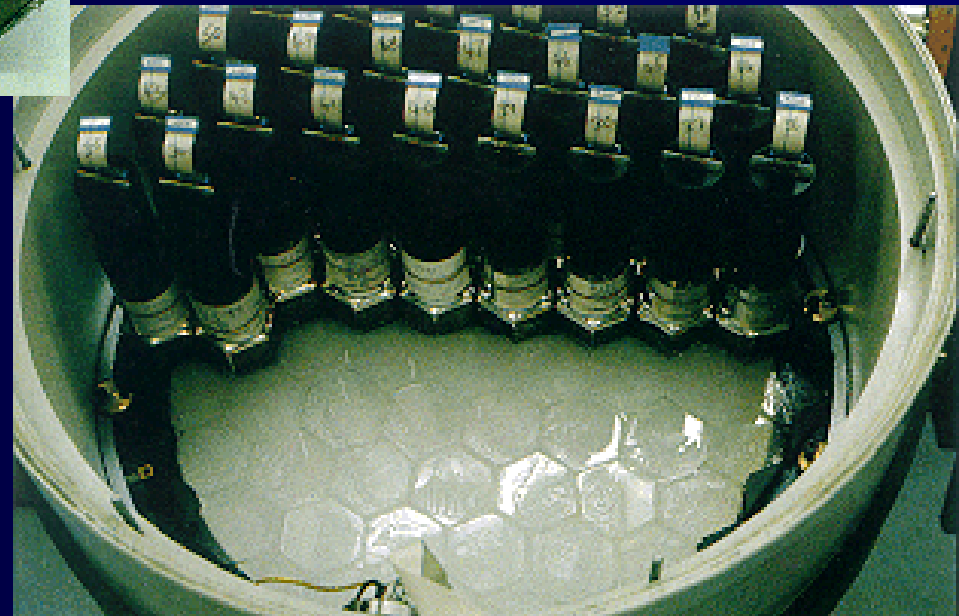
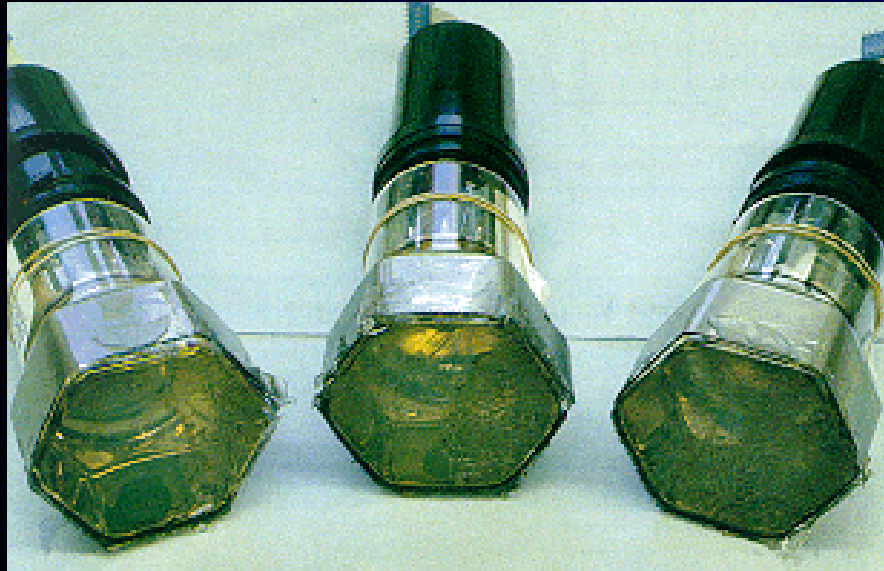


Fotonásobiče



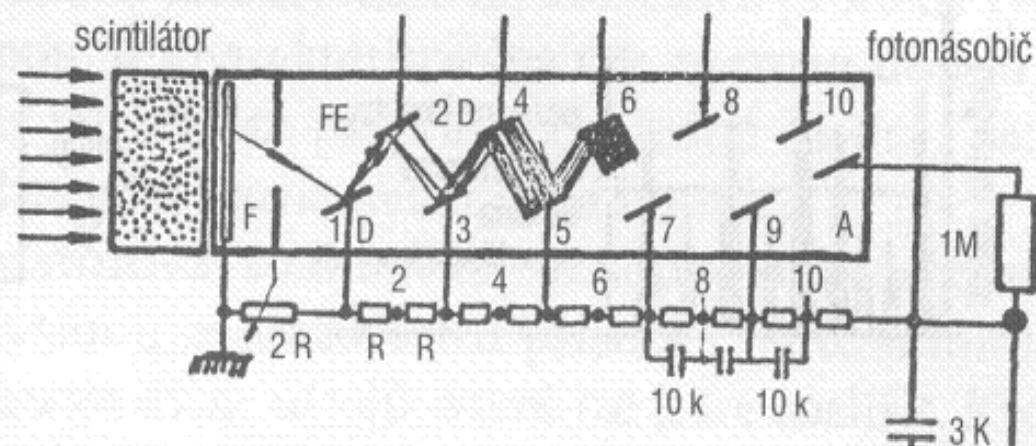
- Fotokatoda + vakuová trubice se soustavou elektrod (dynody, cca 10)
- Opticky spojeny s krystalem (vlnovod)
- Původní Angerova kamera používala 7 fotonásobičů. Moderní kamery mají až 90 fotonásobičů (gamakamera Sopha má 87 fotonásobičů).
- Kruhové (\varnothing 5cm), hexagonální, čtvercové

Fotonásobiče

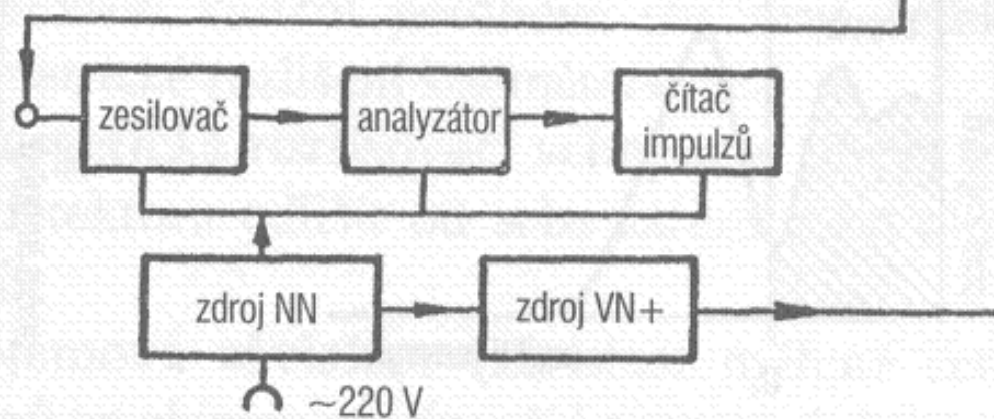




SCINTILAČNÍ DETEKTOR



VYHODNOCOVACÍ APARATURA



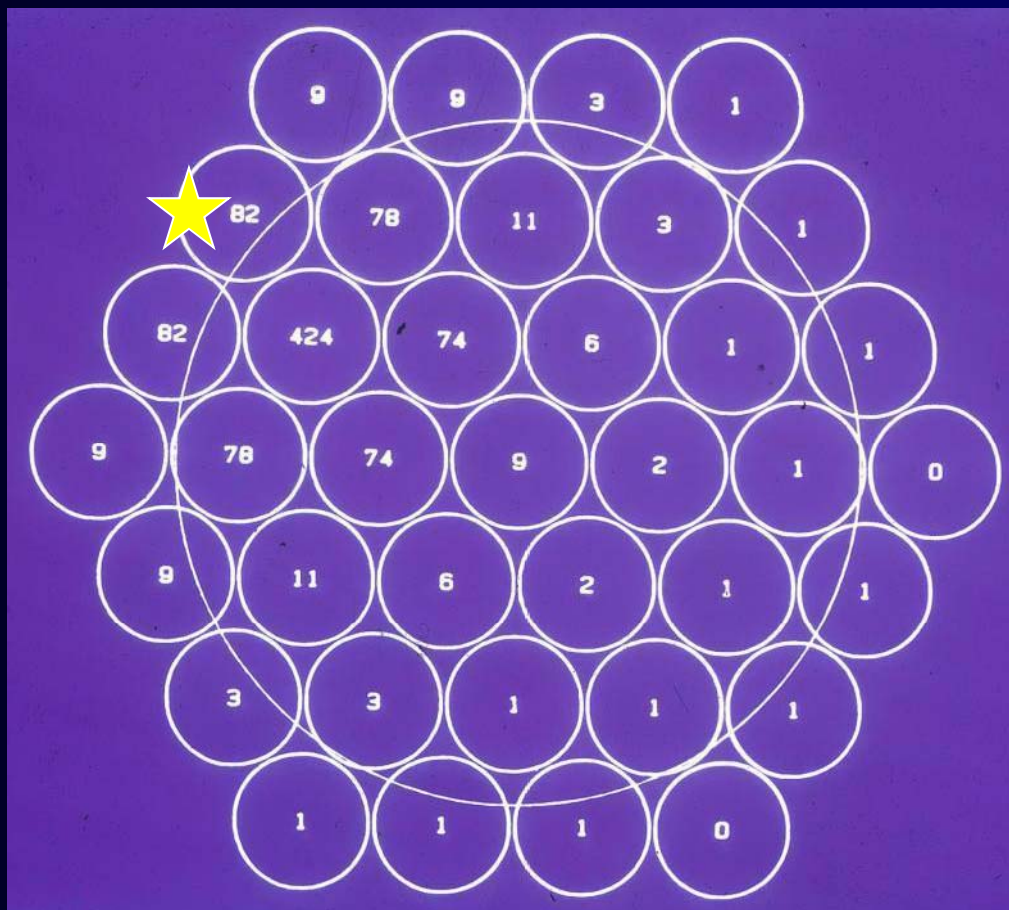
Uspořádání fotonásobičů

- Scintilační fotony produkované v krystalu jsou detekovány seskupením fotonásobičů, které jsou opticky spojeny s krystalem.
- Původní Angerova kamera používala 7 fotonásobičů. Modernější kamery mají 55 a více fotonásobičů (gamakamera Sopha má 87 fotonásobičů).

Uspořádání fotonásobičů

- Velikost výstupního signálu fotonásobiče závisí na vzdálenosti fotonásobiče od místa scintilace v krystalu.
- Signály X a Y jsou vytvářeny jako vážený součet z výstupů seskupení fotonásobičů.
- Kombinací všech výstupů z fotonásobičů obdržíme tzv. Z signál (impuls), jehož velikost je úměrná totální energii deponované v krystalu.

Signál z fotonásobičů způsobený interakcív v krystalu

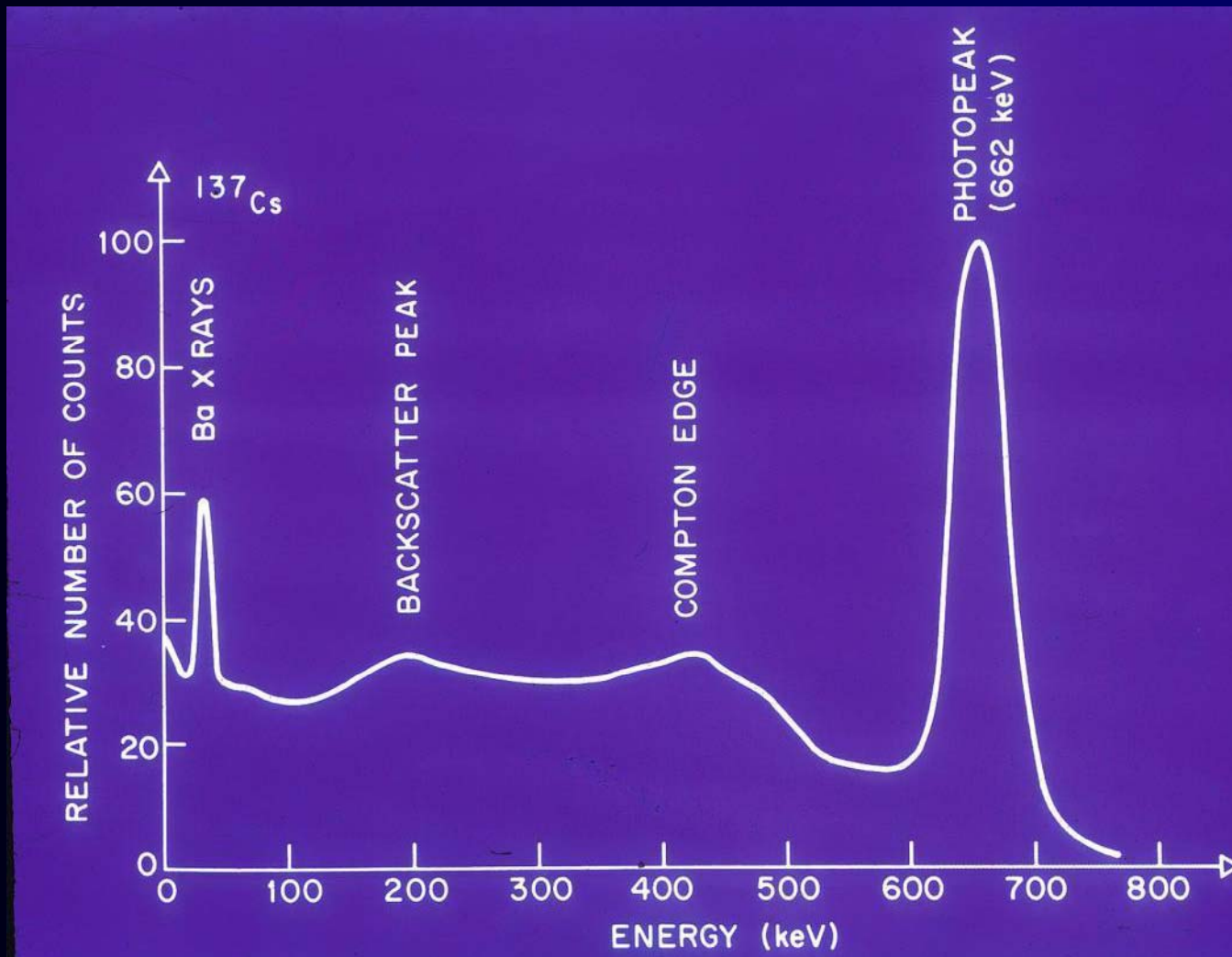


Analýza výšky impulzů

Analýza spektra Z impulzů (energetické spektrum) umožňuje:

- omezení vlivu rozptýlených fotonů na zobrazení
- dvou-izotopové zobrazování
- účinnou detekci radionuklidů s 2 a více primárními fotony (např. ^{67}Ga a ^{111}In)

Energetické spektrum ^{137}Cs



Kolimátor

- Umožňuje projekci distribuce zdroje záření na krystal tím, že absorbuje fotony mimo úzký vymezený úhel.
- Původně se kolimátory vyráběly lepením zprohýbaných pásků olova.
- Moderní kolimátory jsou vyráběny jako kompaktní kus s hexagonálními děrami.

Kolimátor

- Citlivost a rozlišovací schopnost kolimátoru je funkcí :
 - průměru otvorů
 - délky otvorů
 - tloušťkou sept mezi otvory
 - vzdáleností objektu od čela kolimátoru

Kolimátory jsou proto navrhovány pro různé energie emitovaných fotonů a rozlišovací schopnost

- Kolimátory mohou mít paralelní otvory, konvergující nebo divergující otvory nebo mohou mít jediný otvor - pinhole.

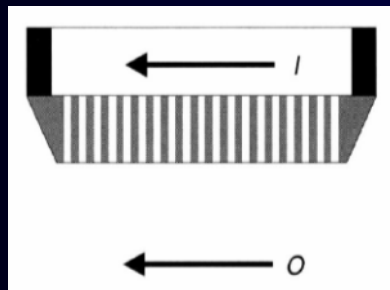
Kolimátor

- Olověná clona vymezující směr fotonů dopadajících na scintilační krystal (kompaktní kus s hexagonálními děrami)
- Fotony, které neprochází ve směru osy otvorů kolimátoru jsou pohlceny v olověných septech mezi otvory

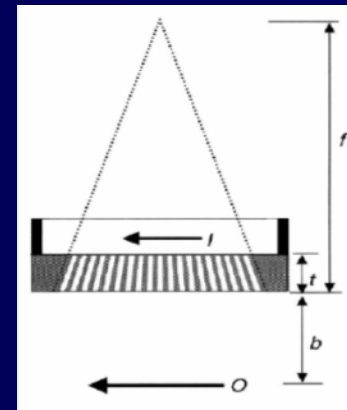


Typy kolimátorů

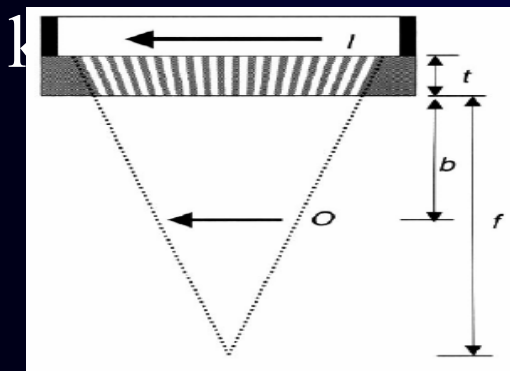
- Paralelní kolimátor



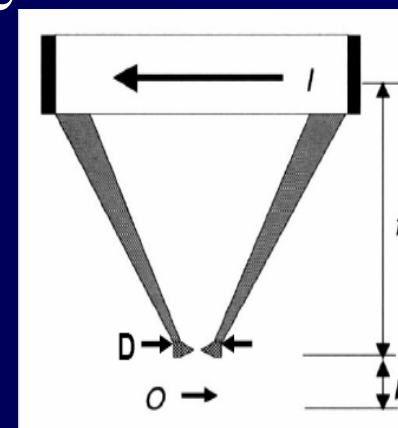
- Divergentní kolimátor



- Konvergentní

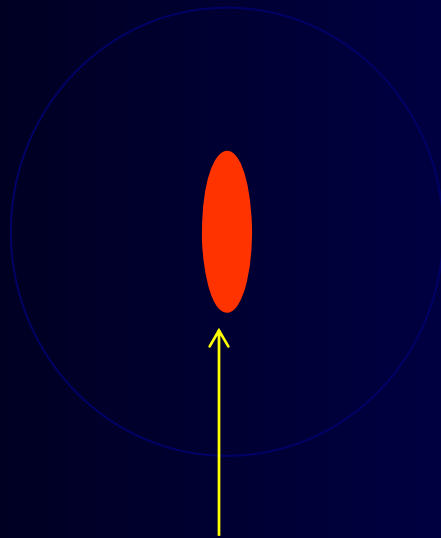


- Pinhole

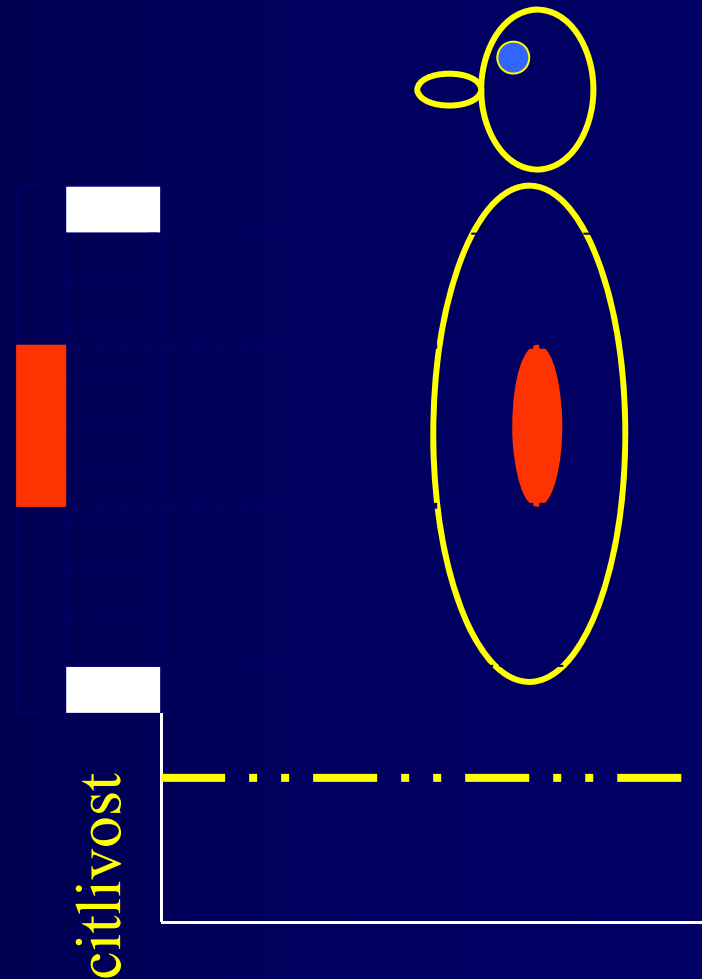


Paralelní kolimátor

Obraz

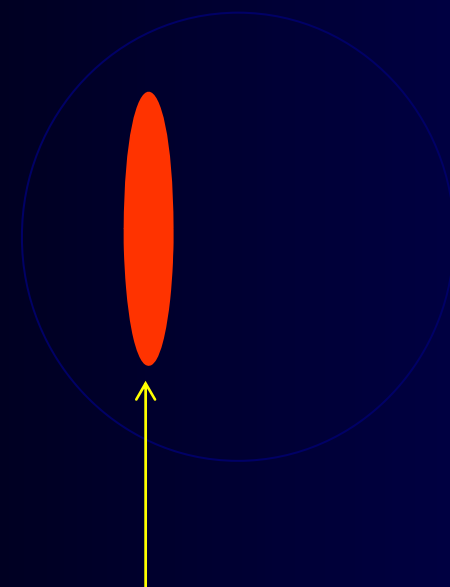


Shodná velikost
s objektem

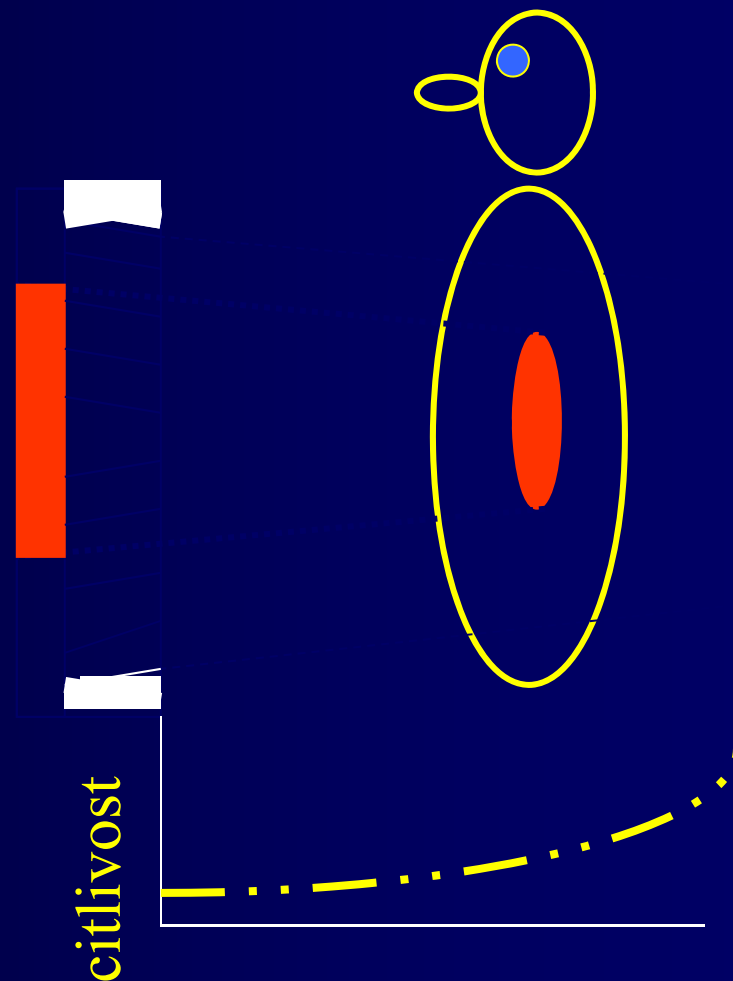


Divergentní kolimátor

Obraz

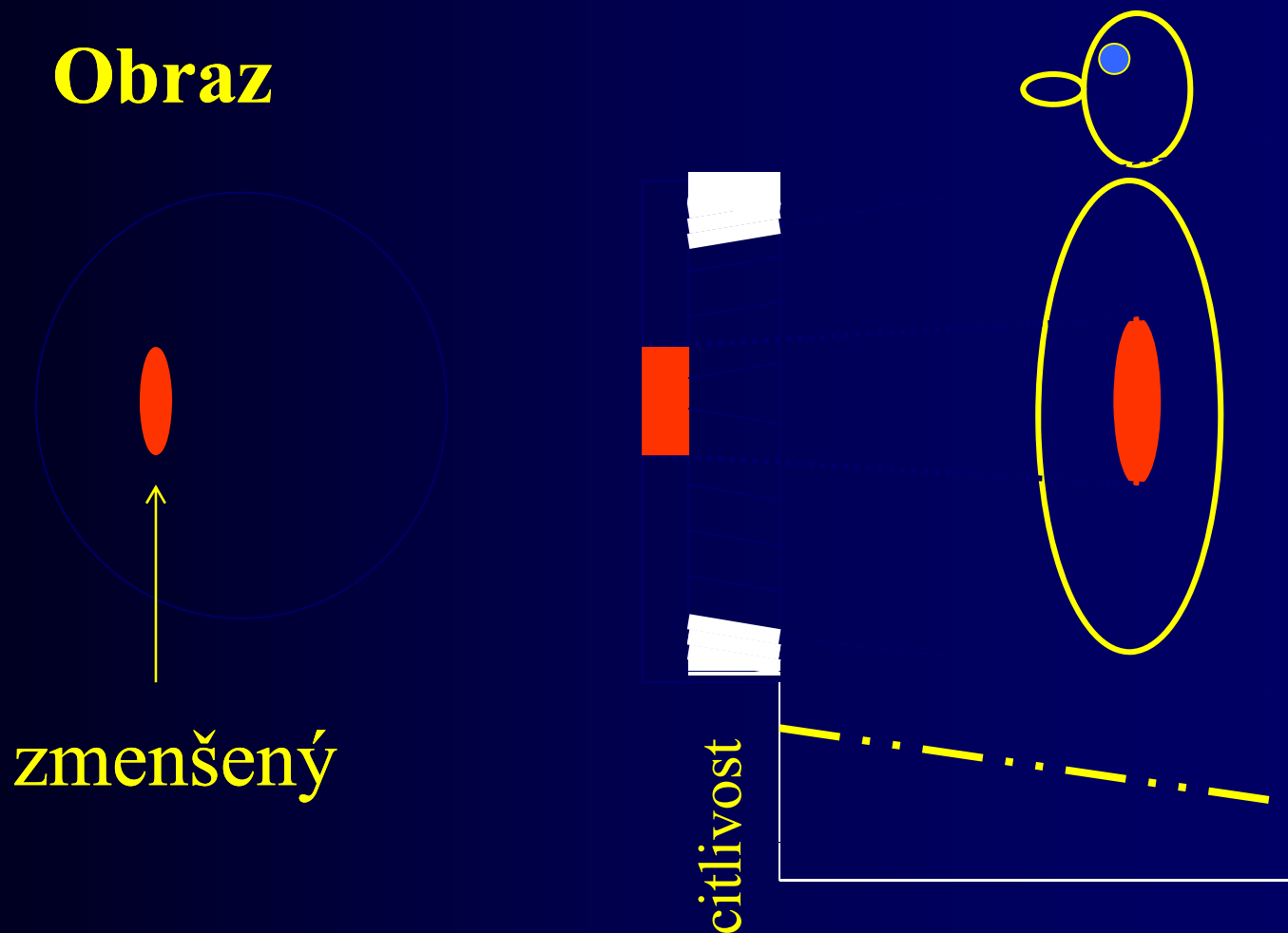


zvětšený

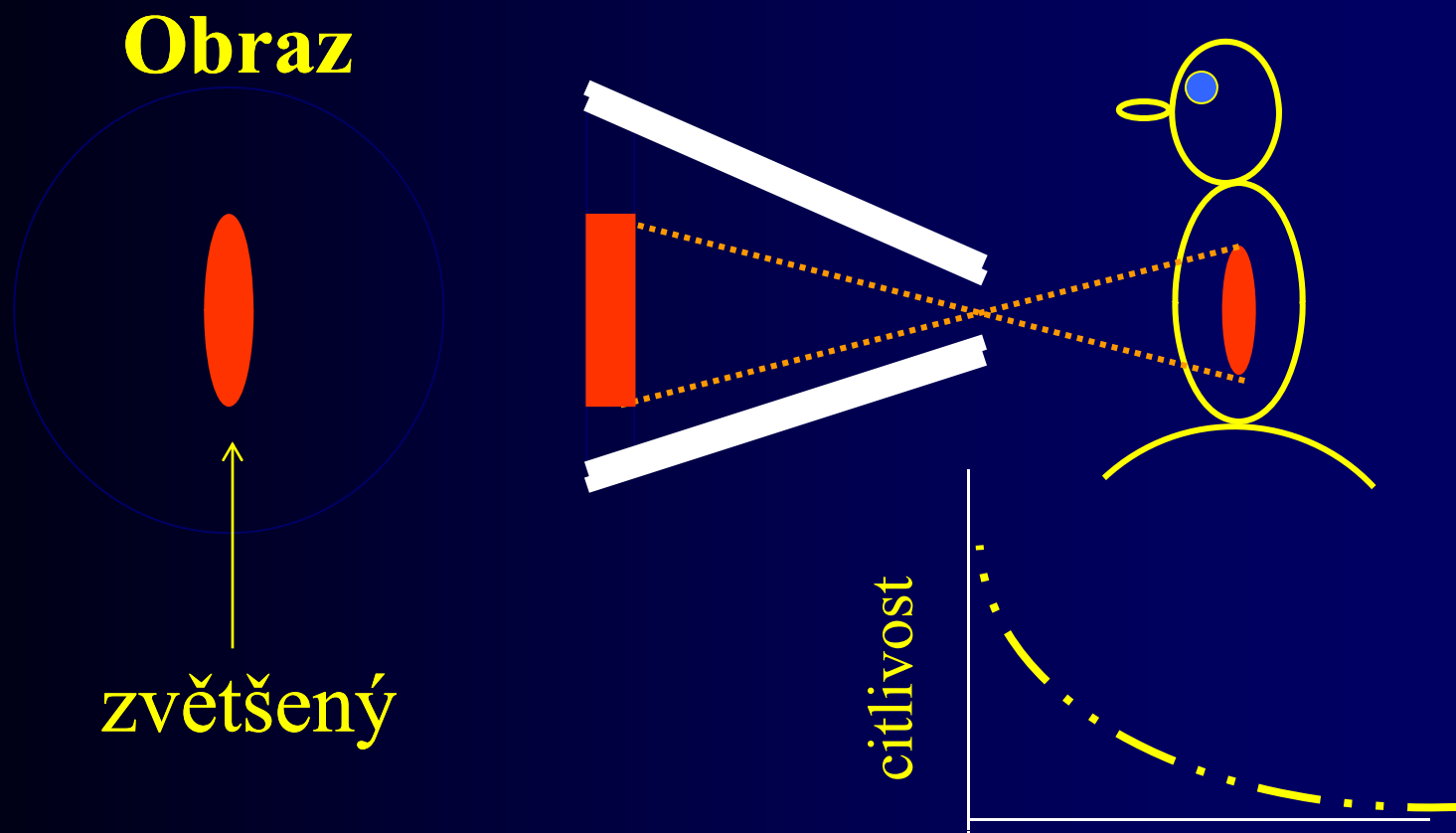


Konvergentní kolimátor

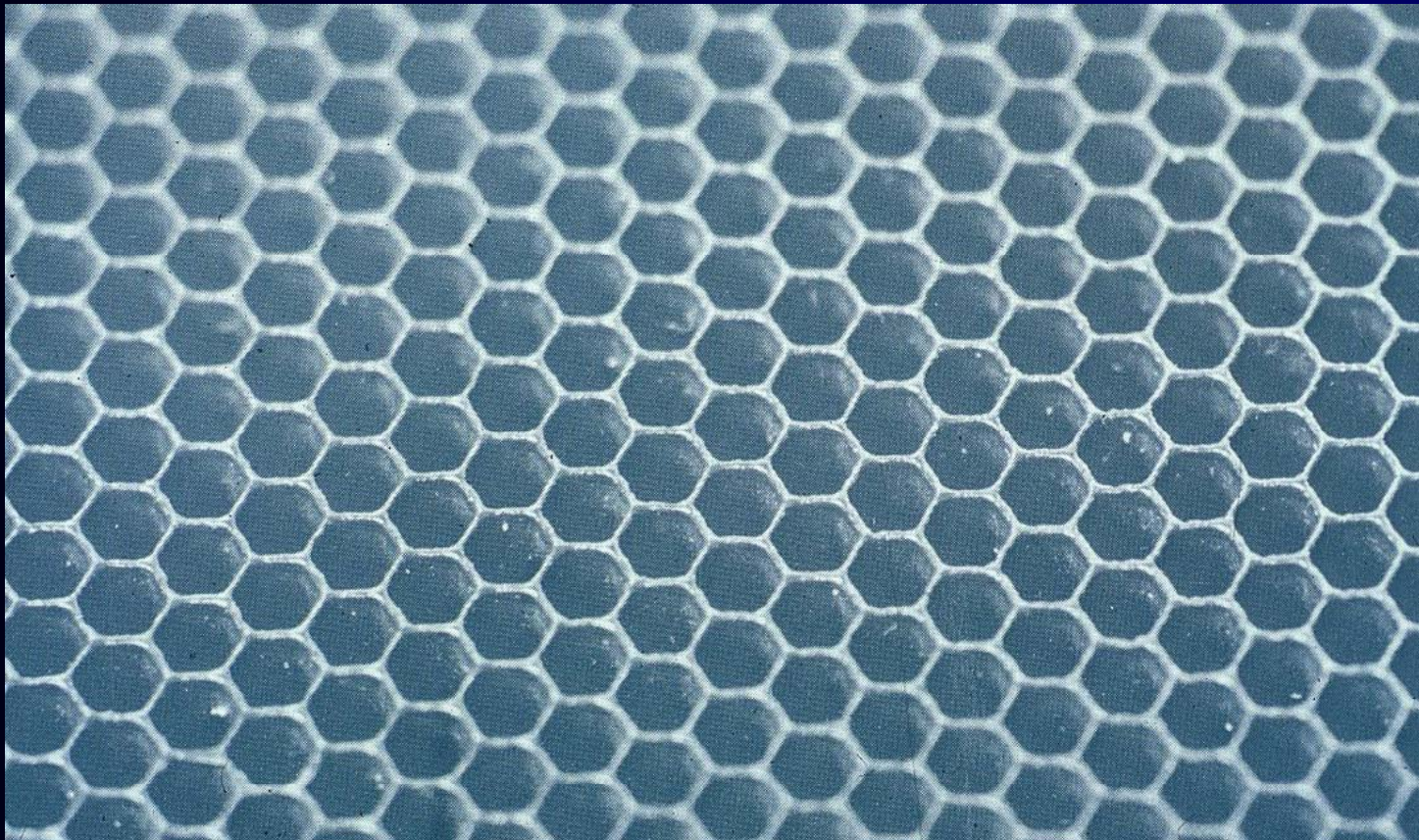
Obraz



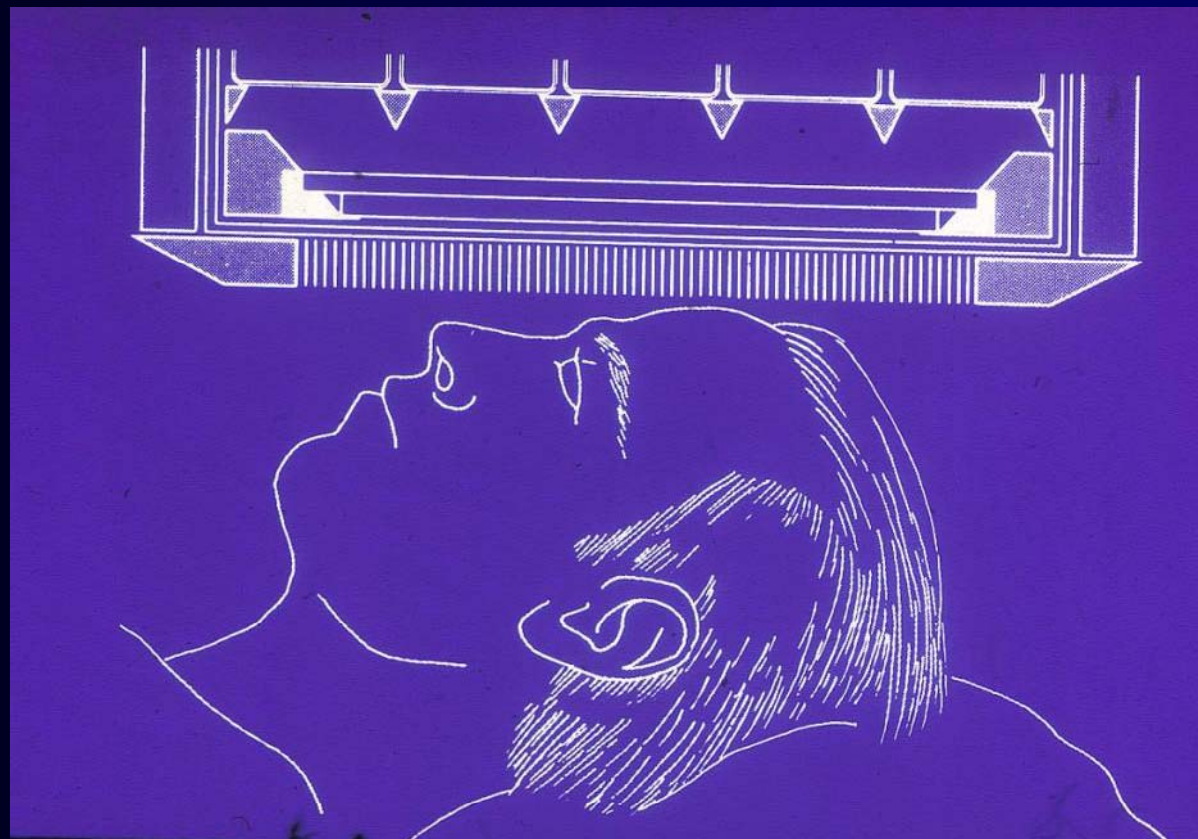
Jednoděrový kolimátor (Pin-Hole)



Vnitřní struktura paralelního kolimátoru



Příklad využití paralelního kolimátoru



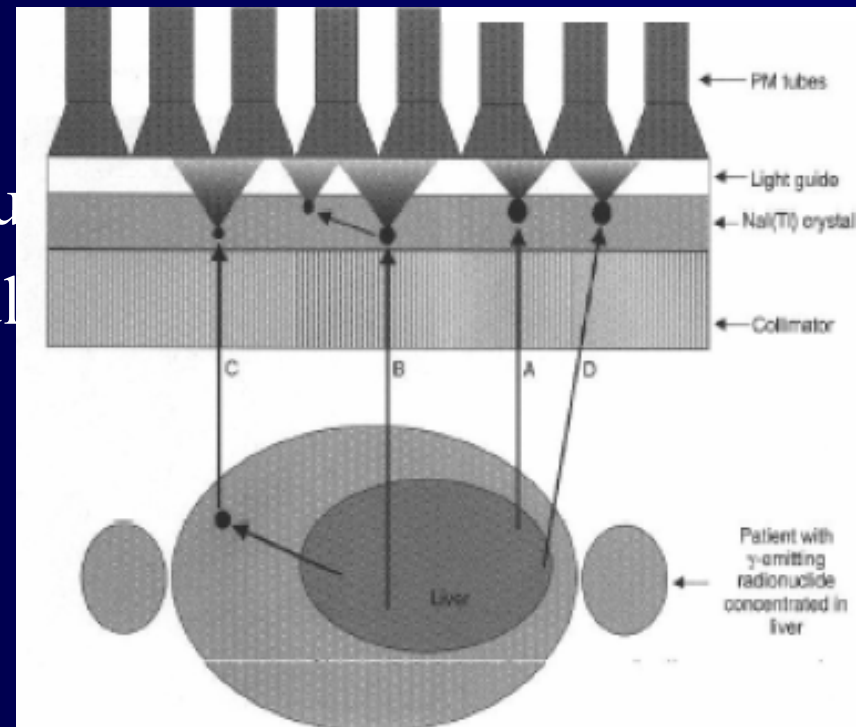
Nedostatky gama kamery

- Základní Angerova kamera má řadu nedokonalostí, které omezují finální kvalitu zobrazení. K nápravě nedokonalostí poskytují v současnosti výrobci:
 - on-line energetickou korekci
 - on-line korekci linearity
 - automatické nastavování zisku
 - záznam vyšších četností impulzů

A...“správná“
interakce

B... rozptyl v krystalu

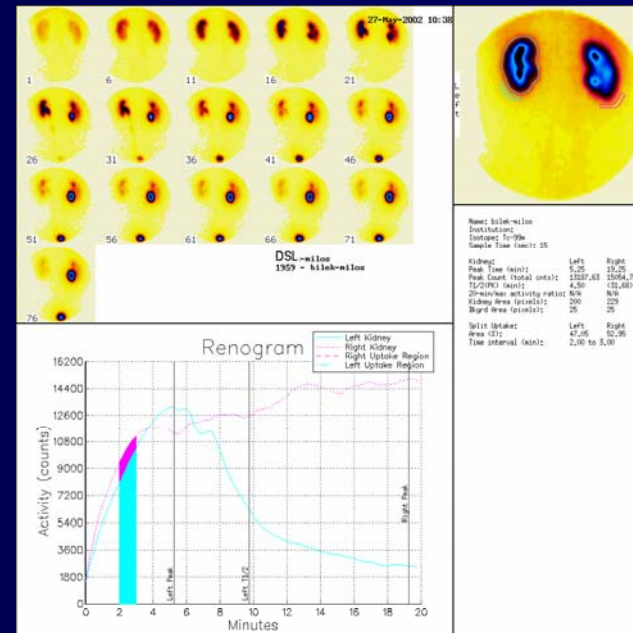
C... rozptyl v
pacientovi



Typy vyšetření na gama kameře

- Statické studie
 - celotělové
 - cílené
- Dynamické
 - dynamické
 - gated
- Tomografické
 - SPECT

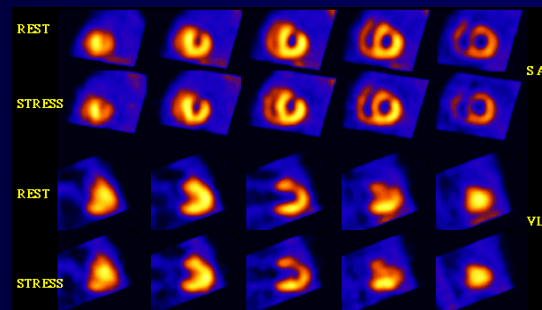
Dynamická renografie



Bone scinti



Gated study



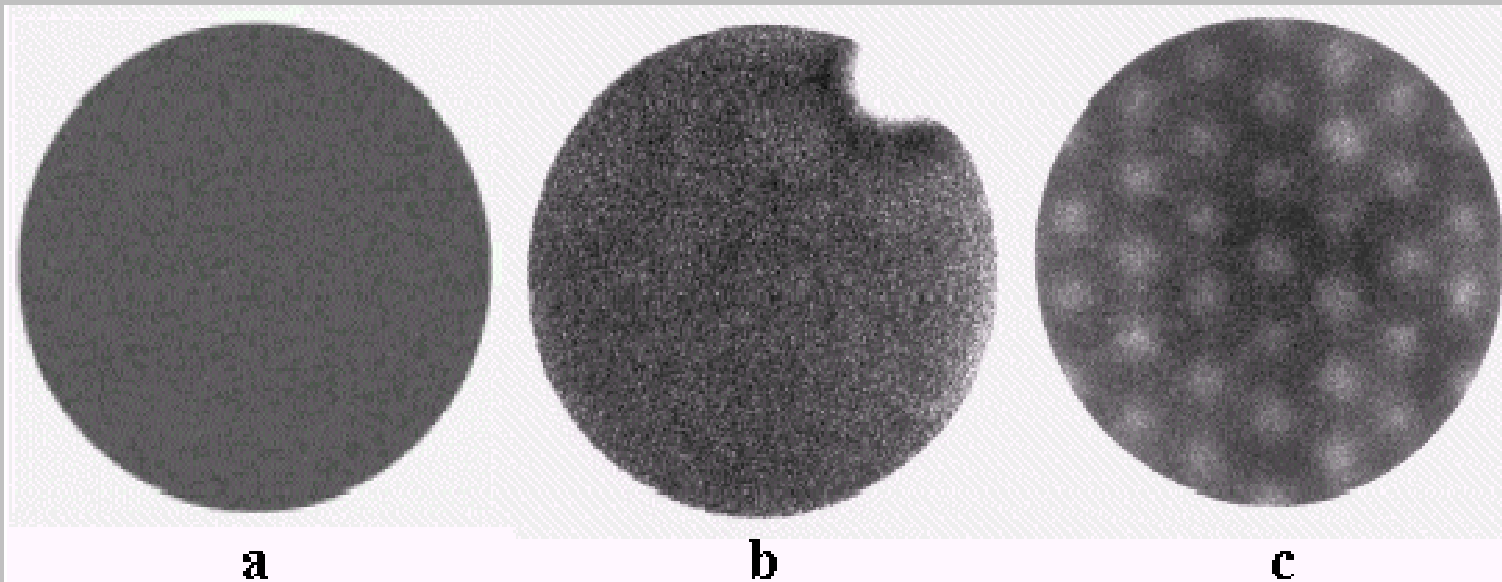
Radionuklidové zobrazování a radiační bezpečnost

- Na rozdíl od radiodiagnostiky a radioterapie, zařízení pro zobrazování v nukleární medicíně nevysílají záření.
- Laborant může pořídit libovolný počet snímků podle požadavků diagnostiky aniž se změní ozáření pacienta.

Radionuklidové zobrazování a radiační bezpečnost

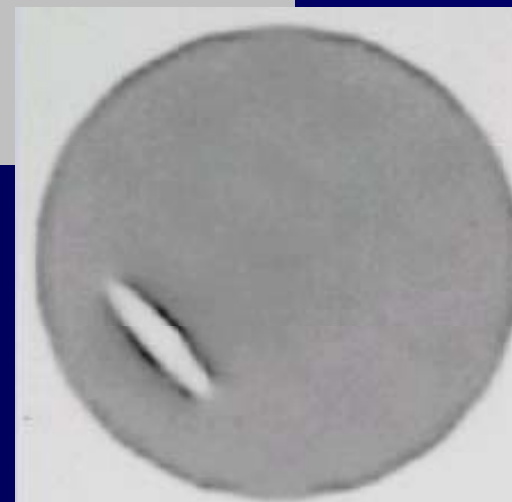
- Nesprávná funkce gama kamery však může způsobit chybnou diagnostiku nebo nečitelnost pořízené studie a pacient tak může být zcela zbytečně radiačně zatížen aplikovaným radiofarmakem.
- Musí se rutinně provádět **kontroly kvality** gama kamer a v případě potřeby je vyžádán servis.

Homogenita na gama kameře



Některé typické obrazy homogenity s plošným zdrojem či bodovým zářičem.
a) Normální obraz homogenity. b) Výpadek periferního fotonásobiče.
c) Celkově rozladěné fotonásobiče či fotopík nastavený mimo okénko analyzátoru.

Defekt krystalu
způsobený nárazem
nebo proražením



Kontrola jakosti gama kamery

- Quality Control of Nuclear Medicine Instruments
- IAEA Tecdoc 602 1991
- Doporučení SÚJB pro zajištění jakosti u přístrojové techniky v nukleární medicíně

Kontrola jakosti gama kamery

- Musí být jednoduše a rychle proveditelná
- Přesnost není hlavní
- Reprodukovatelnost je velmi důležitá
- Doporučené kontroly vycházejí z protokolu NEMA

(NEMA = National Electrical Manufacturers Association)

Kontrola jakosti gama kamery

- Denní testy:
 - Stejnoměrnost zobrazení - homogenita
 - Četnost pozadí (detekuje možnou kontaminaci)
 - Citlivost systému
- Týdně nebo měsíčně (záleží na kameře)
 - Rozlišovací schopnost a linearita

Kontrola jakosti gama kamery

Homogenita zobrazení

- musí se provádět denně před vyšetřováním pacientů
- může se provádět s kolimátorem nebo bez něj
- hrubé změny mohou být detekovány vizuálně
- postupné změny mohou být zjištěny jen pomocí počítačové kvantifikace homogenity

SPECT

- Single Photon Emission Computed Tomography poskytuje:
 - Zlepšený kontrast zobrazení
 - 3 rozměrné zobrazení
 - SPECT vyžaduje dodatečné kontroly kvality

SPECT

akvizice obrazu a rekonstrukce

- 1) sběr dat (akvizice):
 - Hlava kamery rotuje kolem pacienta a je nabírána řada obrazů.
 - Typický je počet 60 nebo 120 obrazů získaných za 20 až 30 minut.

SPECT

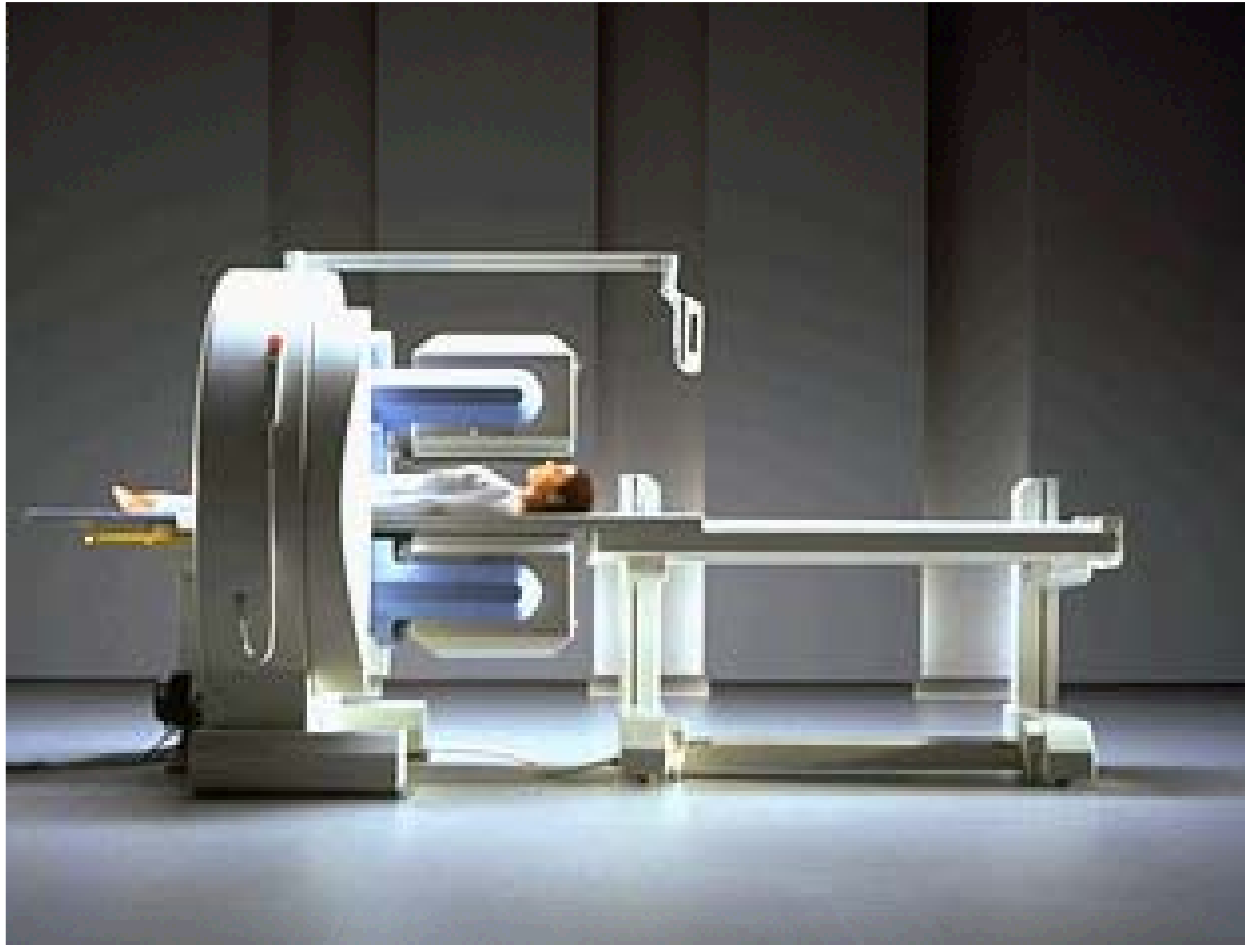
akvizice obrazu a rekonstrukce

- 2) Rekonstrukce obrazu:
 - Pomocí techniky zvané *Filtered Backprojection* (filtrovaná zpětná projekce) - která poskytuje řadu transverzálních řezů.
 - *Iterativní algoritmy*
- Sagitální řezy jsou vypočteny z transverzálních řezů.

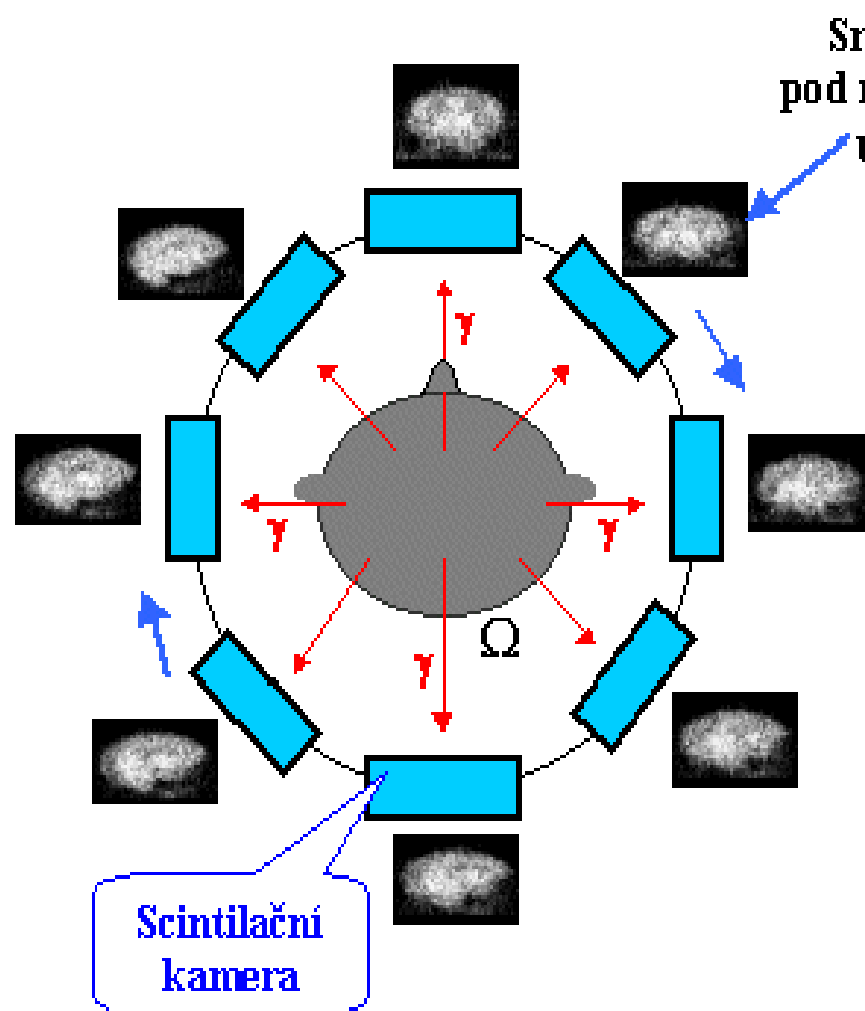




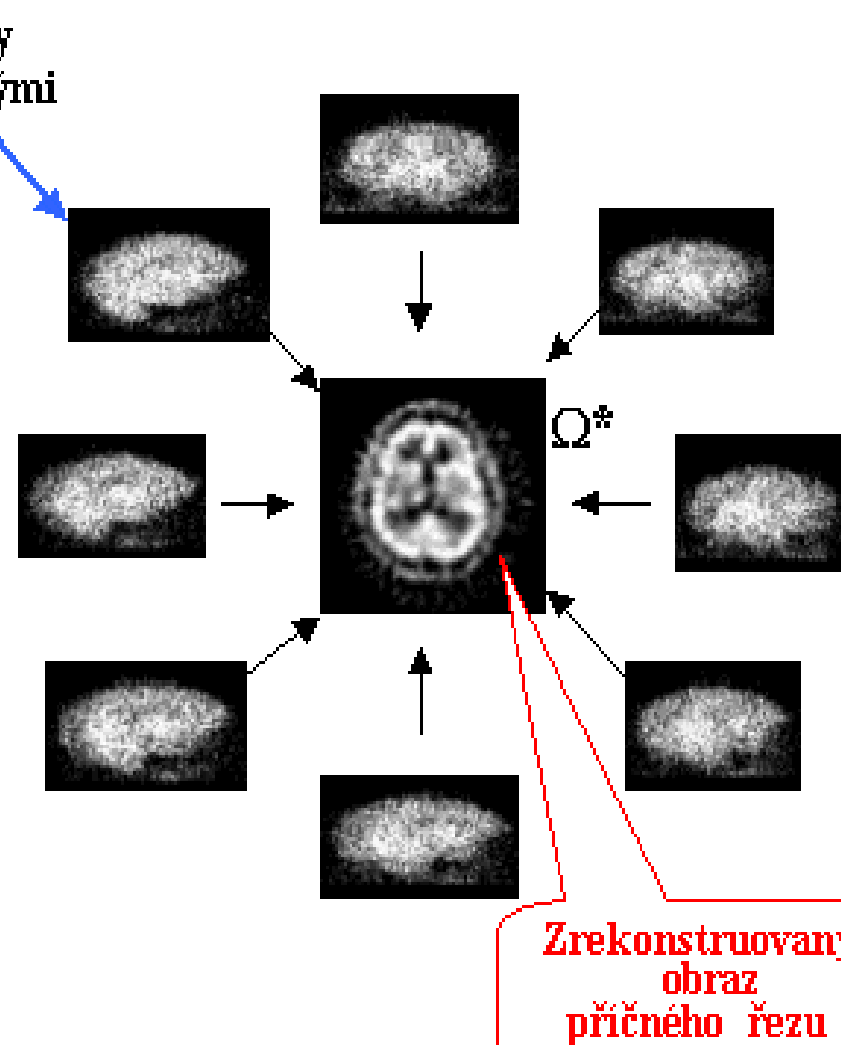
SPECT



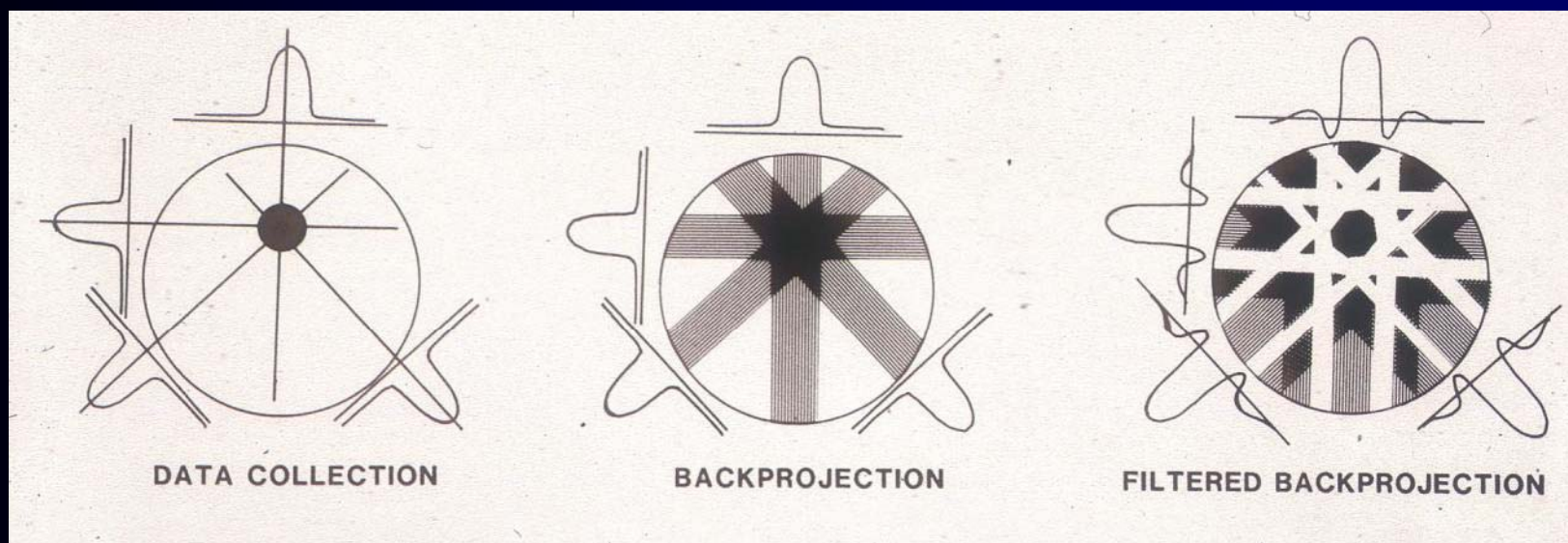
Akvizice SPECT



Rekonstrukce SPECT



Princip rekonstrukce SPECT obrazů s použitím filtrované zpětné projekce



Analýza dat je prováděna
výpočetním systémem



Kontrola kvality SPECT

- Přísná kontrola kvality je zásadní jinak dojde ke vzniku artefaktů.
- Musí se používat kontrola kvality jako u planární kamery, konkrétně test homogeneity
- Kalibrace centra rotace se musí provádět pro každý kolimátor používaný pro SPECT.
- U starších SPECT systémů se musí provádět kontrola rotační stability
- Celková kvalita zobrazení SPECT se stanovuje pomocí SPECT fantomů, při přejímací zkoušce a po jakékoliv hlavní opravě.

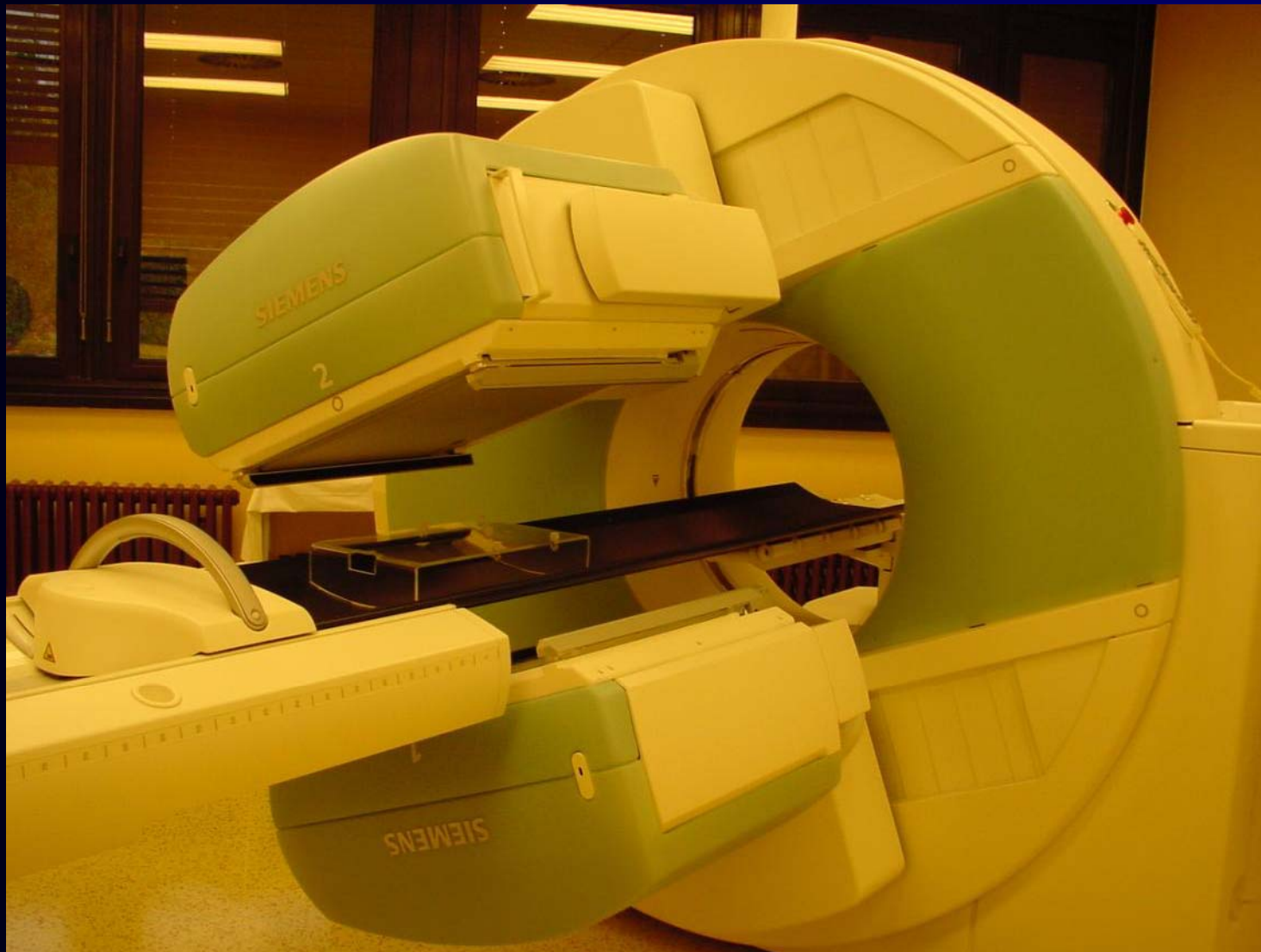
SPECT 3D zobrazování



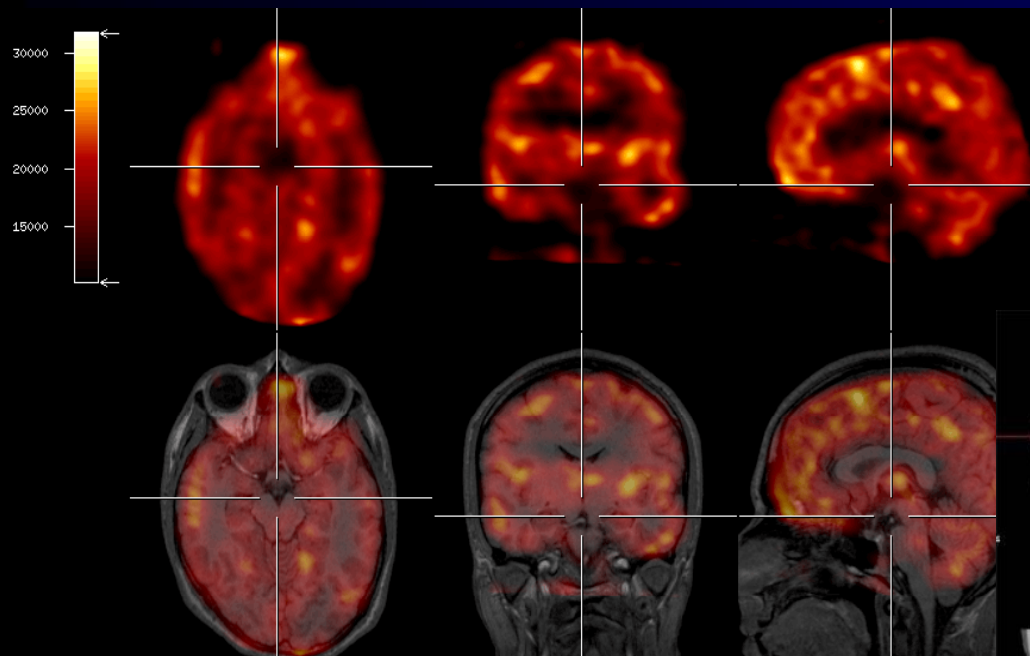
Hybridní kamera SPECT/CT



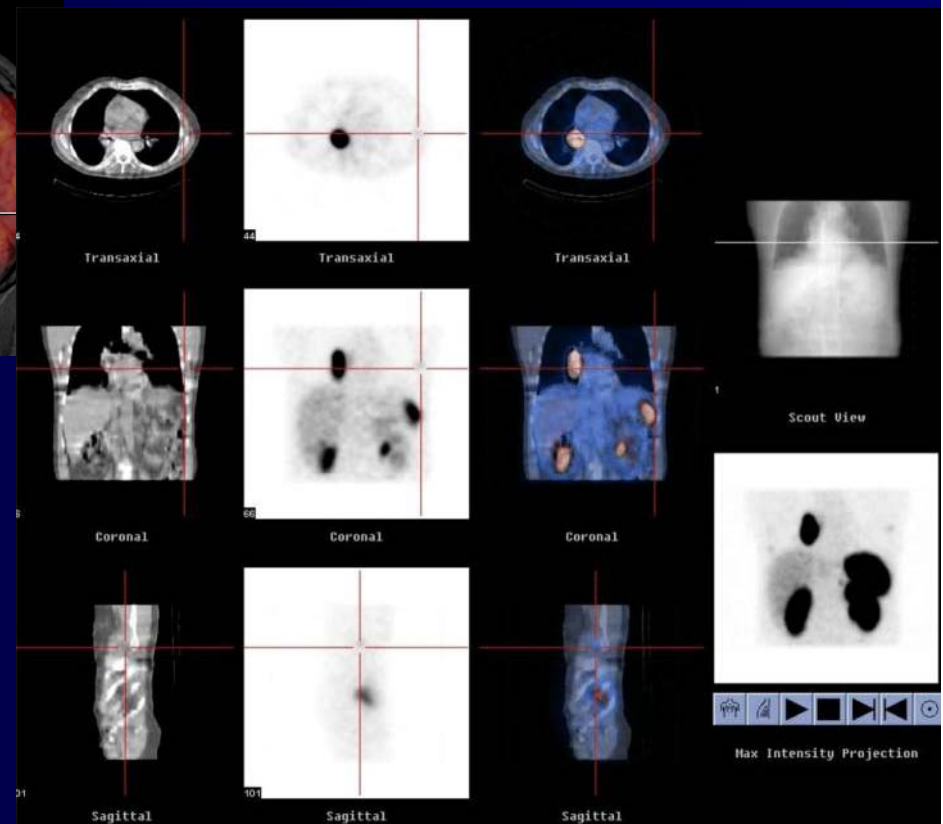
Hybridní kamera SPECT/CT



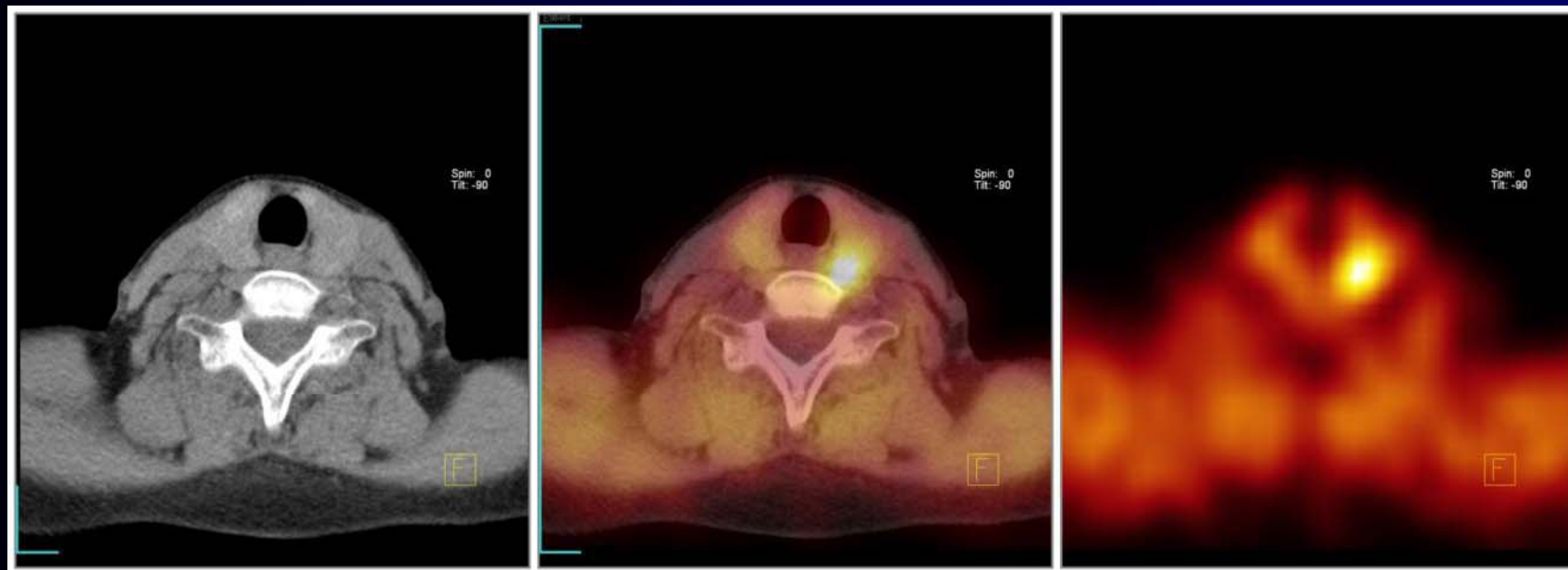
Zobrazení SPECT/CT



- Lokalizační diagnostika
- Korekce na atenuaci (při průchodu záření tkání dochází k zeslabení)



Zobrazení SPECT/CT



PET

Positron Emission Tomography

Pozitronová emisní tomografie PET

- Positron Emission Tomography (PET).
- Používá se ke studiu fyziologických a biochemických procesů v těle
- Umožňuje sledovat procesy jako je krevní průtok, metabolismus kyslíku, glukózy a mastné kyseliny, transport aminokyselin, pH and hustoty neuroreceptorů.

Pozitronová emisní tomografie PET

- Využívá pozitronové zářiče, v České republice ^{18}F ve formě ^{18}F -FDG
- Je nezbytný cyklotron pro výrobu pozitronových zářičů (Řež, PET Centrum Na Homolce)
- Detekují se fotony anihilačního záření

PET

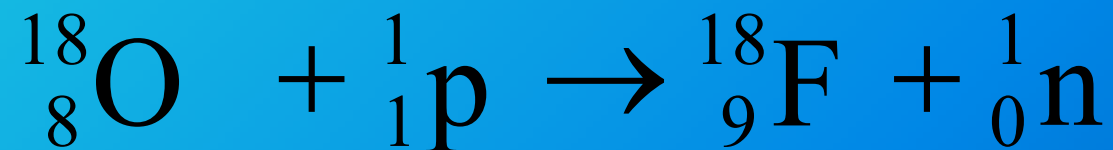


Pozitronové zářiče

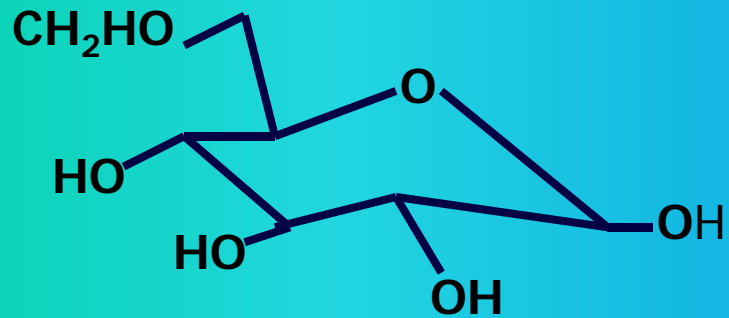
^{18}F	109.8 min	$^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$ $^{20}\text{Ne}(\text{d},\alpha)^{18}\text{F}$
^{11}C	20.3 min	$^{14}\text{N}(\text{n}, \alpha)^{11}\text{C}$
^{15}O	122 s	$^{14}\text{N}(\text{d},\text{n})^{15}\text{O}$ $^{16}\text{O}(\text{p},\text{pn})^{15}\text{O}$
^{13}N	9.96 min	$^{16}\text{O}(\text{p},\alpha)^{13}\text{N}$ $^{13}\text{C}(\text{p},\text{n})^{13}\text{N}$

Výroba ^{18}F

- proton je v cyklotronu urychlen
- dopadne na terč ^{18}O
- spojí se s jádrem ^{18}O
- z jádra je vymrštěn neutron
- kyslík je transmutován na ^{18}F

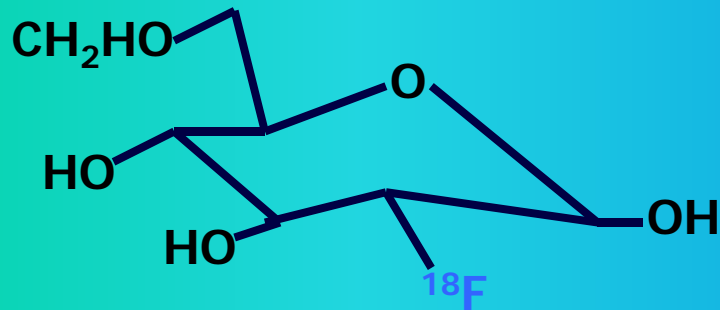


FDG



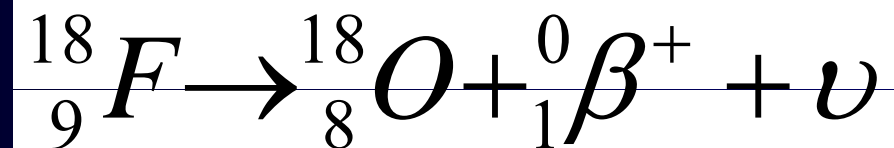
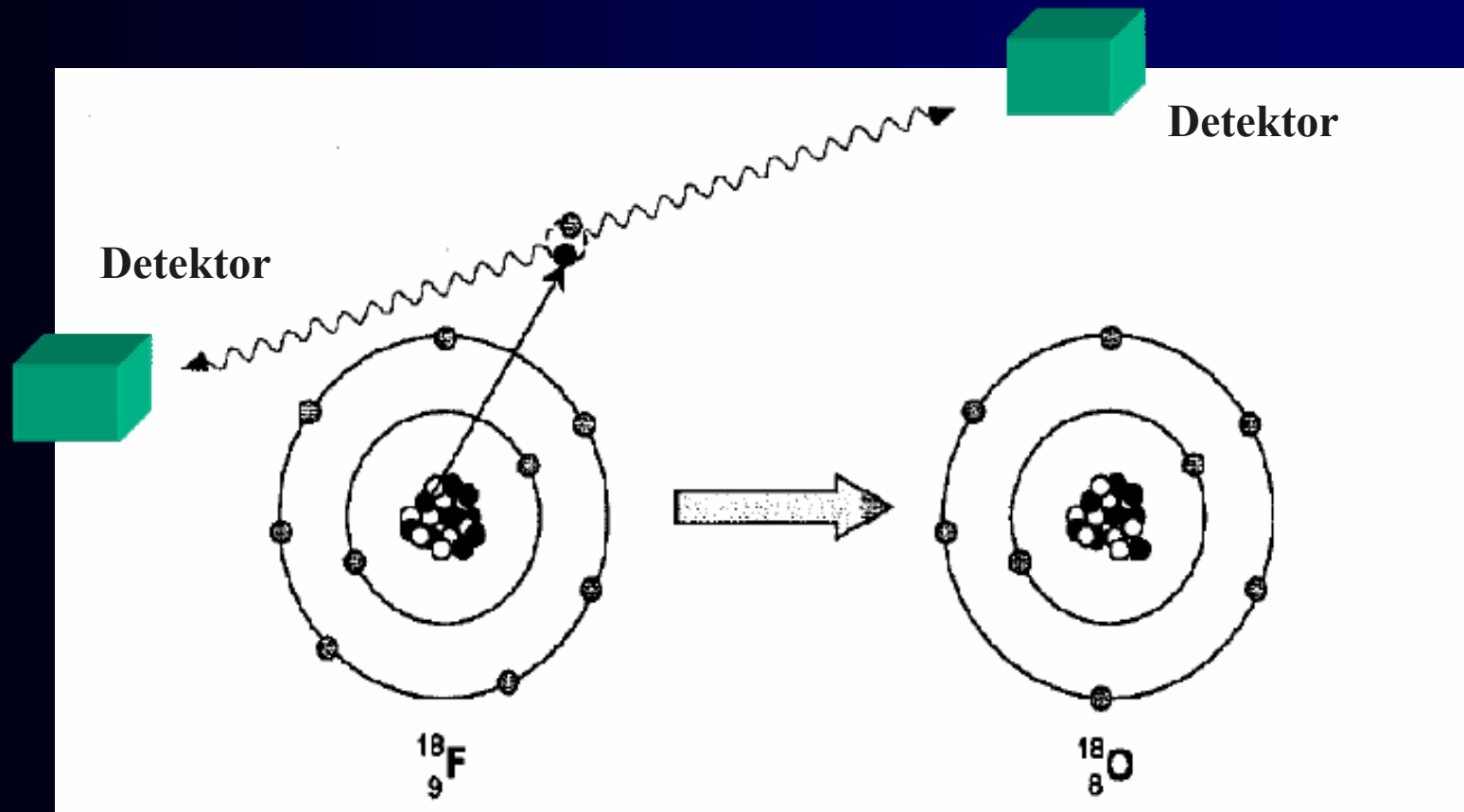
glukóza

- Nejrozšířenější radiofarmakum pro PET
- Využití glukózy
- Dychtivě vychytávána většinou nádorů

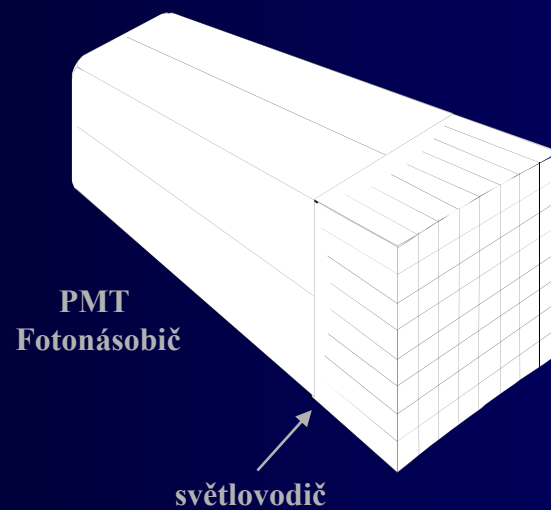
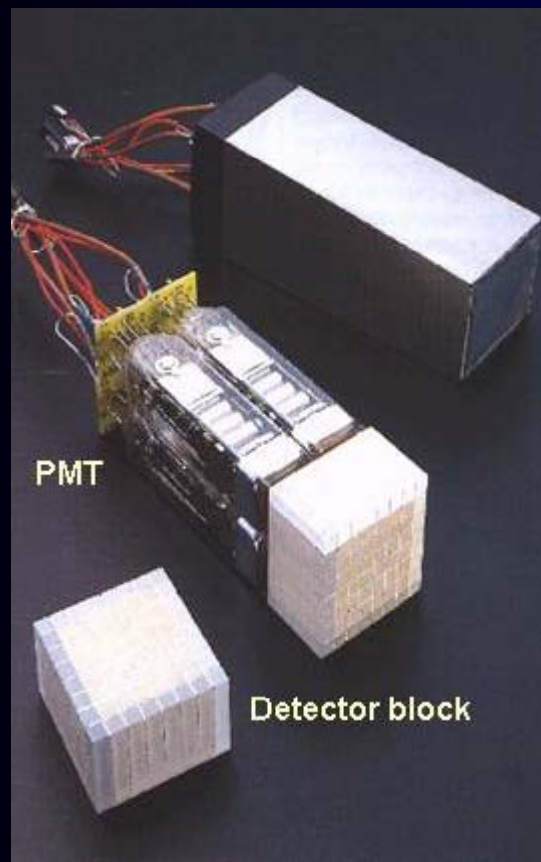


2-deoxy-2-(F-18) fluoro-D-glukóza

PET – anihlační záření



PET – scintilační detektory

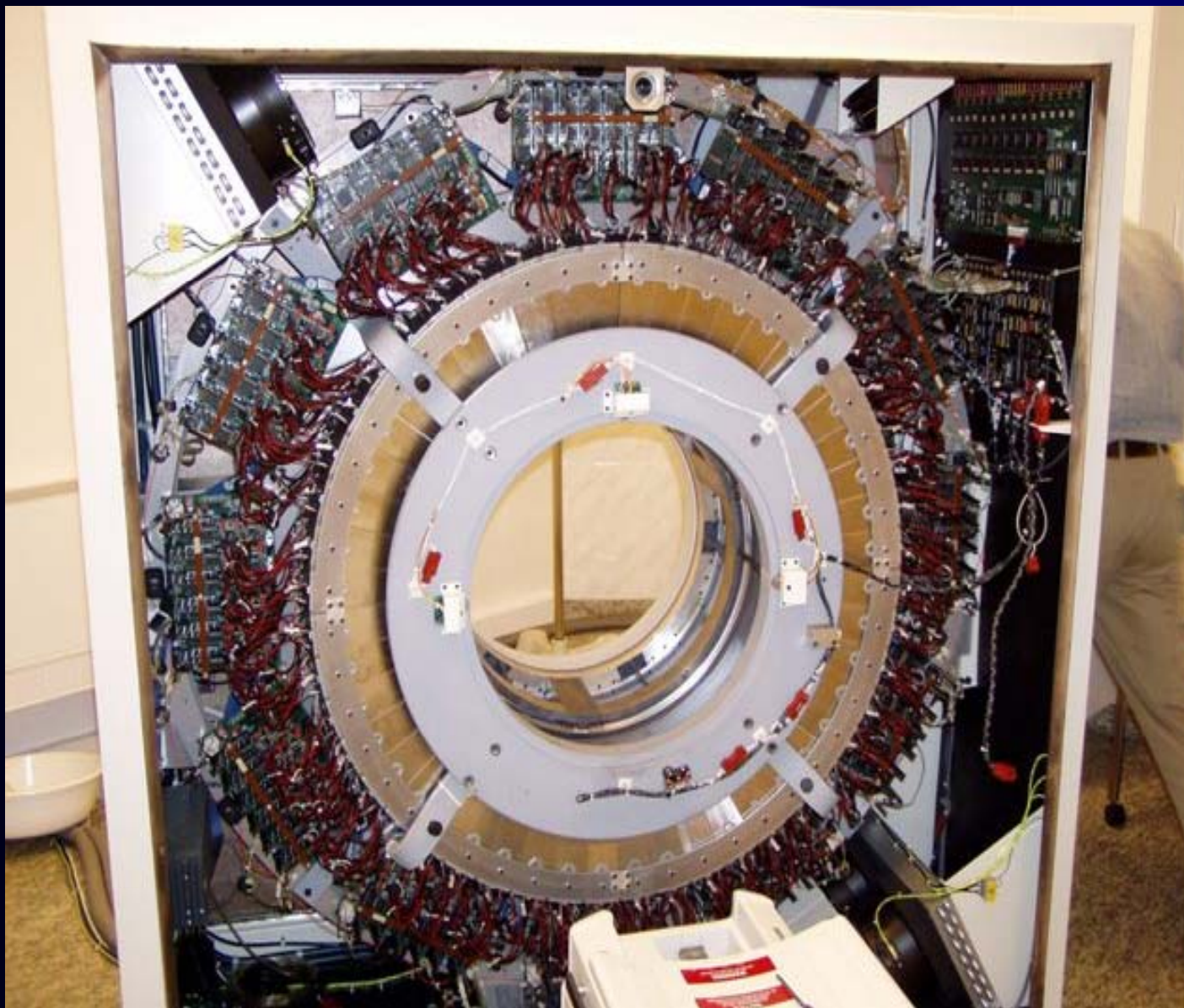


PET – scintilační detektory

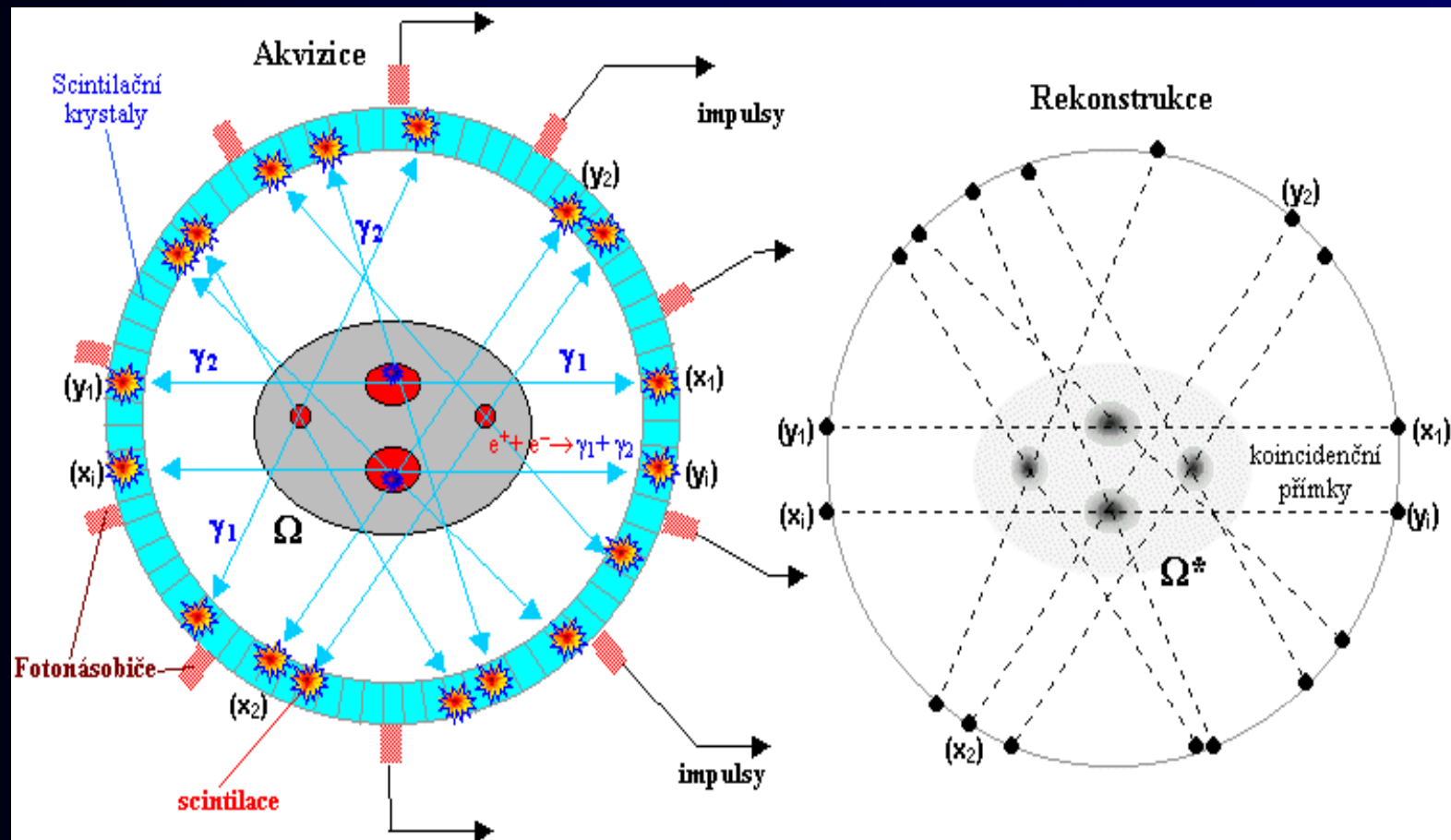
**PET scanner with
BGO scintillation
detector modules**



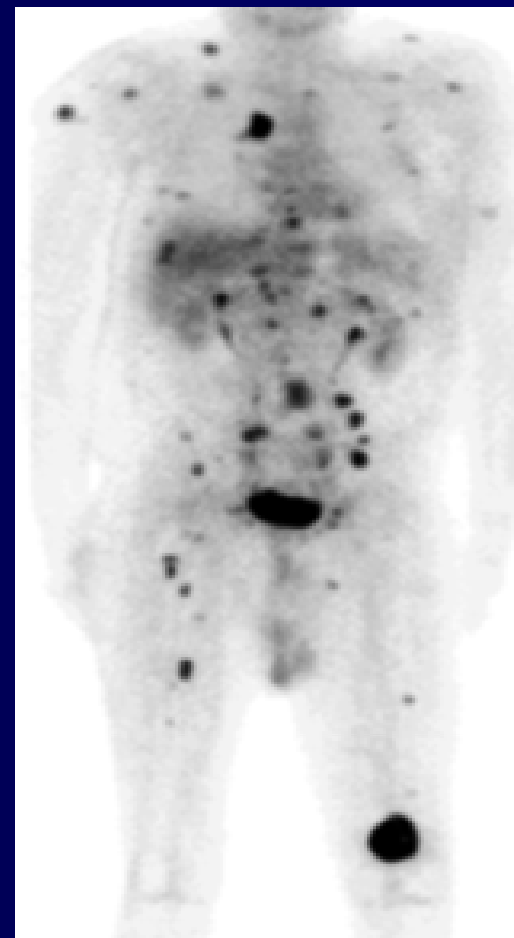
PET – scintilační detektory



PET – akvizice a rekonstrukce

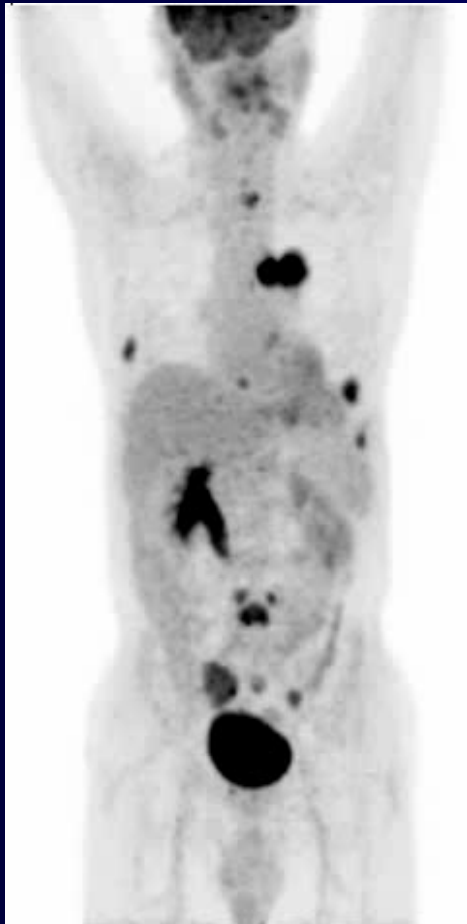


PET - celotělové zobrazování

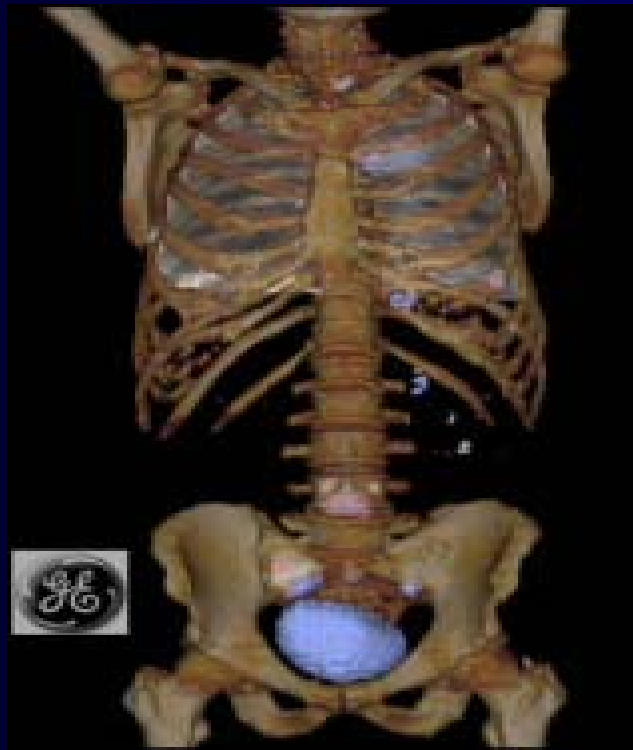


Whole body PET scan of patient with metastatic disease

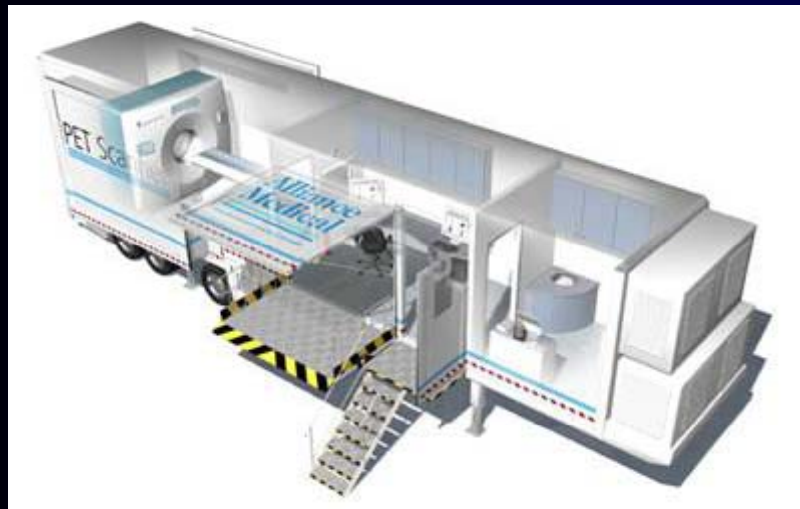
PET 3D zobrazování



3D kombinace PET/CT



Mobile PET



Prostorová rozlišovací schopnost lékařských zobrazovacích prostředků

Prostředek	D (mm)	Komentář
Plochý rentgenový film	0,08	dána velikostí ohniska a rozlišením detektoru
Digitální radiografie	0,17	dána velikostí detekčních prvků
Fluoroskopie	0,125	dána velikostí detektoru a plochy ohniska
Plochý mamografický film	0,03	má nejvyšší rozlišení v radiologii
Digitální mamografie	0,05 – 0,1	dána velikostí detekčních prvků
Výpočetní tomografie (CT)	0,4	pro asi 1/2 mm pixely
Planární scintigrafie	7	se vzdáleností od detektoru rychle klesá
SPECT	7	zhoršuje se směrem k centru příčného řezu
PET	5	nejlepší rozlišení ze zobraz. prostředků NM
MR	1	rozlišení se zlepšuje s vyšším magnet. polem
Ultrazvuk	0,3	omezení dáno vlnovou délkou zvuku

Další informace

Česká společnost nukleární medicíny ČLS JEP

<http://www.csnm.cz>

Česká společnost nukleární medicíny - Windows Internet Explorer


http://www.csnm.cz/

Norton Karty a přihlašovací údaje

Oblíbené položky TuneUp America - Downl... HTC Touch Pro2 - Mobild... HTC Touch Pro 2 Cz SUN... Navrhované weby Galerie oblastí Web Slice

Česká společnost nukleární medicíny

Privátní část pro členy ČSNM

 **ČESKÁ SPOLEČNOST NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY**
ČLEN ČESKÉ LÉKAŘSKÉ SPOLEČNOSTI JANA EVANGELISTY PURKYNĚ

Vítáme Vás
na internetových stránkách České společnosti nukleární medicíny, člena České lékařské společnosti JEP.

Najdete zde především informace určené pro členy společnosti, jako jsou články, recenze přístrojů, kontakty na členy výboru ČSNM a na oddělení nukleární medicíny v České republice. Důležitým zdrojem informací pro Vás určitě budou stránky věnované PET nebo schválená koncepte nukleární medicíny a doporučené standardy. Nezapomínáme ani na nové trendy, jako je například telemedicína, PACS a další.

Nelze také zapomenout na aktuální informace, kalendář akcí, konferencí a seminářů, případně komerčních prezentací.

Samozřejmě je doplňovaný seznam odkazů na ostatní web servery.

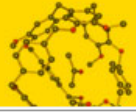
O nukleární medicíně
Koncepte nukleární medicíny
Seznam pracovišť NM
Členové
Sekce
Odkazy
Napište nám
Archív
Molecular Imaging

Hledat na csnm.cz

[Najít >](#)

Nejbližší akce
Podzimní konference ČAS a ČSNM
22. - 23. 10. 2009, Brno
16. ledna 2010 - Bad Hofgastein
Radioactive Isotopes in Clinical Medicine and Research
14. Mezinárodní symposium Radionuclides in Nephrourology v Mikulově
květen 2010
[Zobrazit všechny >](#)

Aktuality
Výroční zprávy - dle sekcí
[Zobrazit všechny >](#)

MOLECULAR IMAGING
Vzhledem k velkému nárůstu těchto vyšetření ve světě, zejména v 

Internet | Chráněný režim: Zapnuto 100%

Další doporučené informace

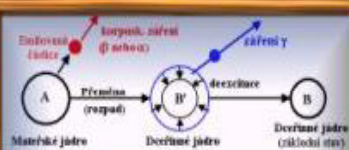
RNDr. Vojtěch Ullmann

<http://sweb.cz/AstroNuklFyzika/Fyzika-NuklMed.htm>

Autor :

Vojtěch Ullmann

fyzik



Jaderná fyzika
 Nukleární medicína
 Scintigrafie
 Matematická analýza
 Software - OSTNUCLINE



Astrofyzika – kosmologie
 Teorie relativity, prostoročas
 Gravitace, černé díry
 Antropický princip
 Vesmír a Bůh



Cílem těchto www-stránek je
 podělit se s případnými zájemci o
 poznatky a postřehy ve čtyřech
 základních oblastech uvedených v
 rámech vlevo.

Struktura www-stránek:

Kliknutím na některý ze čtyř
tématických rámců se otevře
 příslušná stránka, na níž je v užším
 levém rámečku uveden **obsah**
 (seznam materiálů) konkrétního
 okruhu. Jednotlivé materiály
 spouštíme klikáním na příslušná
 hesla v levém pásu - vybrané téma
 se otevře a zobrazí se v širokém
 hlavním rámečku.

Chceme-li přejít na jinou základní
 oblast, klikneme na "**Titulní
 strana**", což je tato strana, na níž
 volbou opět jednoho z tématických
 rámců vybereme novou základní
 oblast.

Pozn: Při přechodu z úvodní stránky se
 spolu se seznamem vlevo nejprve

Odborné
 texty jsou
 níže



Jaderná fyzika, nukleární medicína

[Co je nukleární
medicína?](#)

F y z i k a
[a nukleární
medicína](#)

[Jaderná a radiační
fyzika](#)

[Detekce záření](#)

[Applikace záření](#)

[Scintigrafie](#)

[Radiační ochrana](#)

[Jaderná alchymie](#)

[Paprsky života i smrti](#)

[Matematické
algoritmy](#)

[Filtry](#)

[Fantomy](#)

[OSTNUCLINE
Komplexní
vyhodnocování
scintigrafie](#)

[Radiační ochrana](#)

Relativita- Astrofyzika - Kosmologie -

[Antropický princip
aneb
kosmický Bůh](#)

Kniha:
**"Gravitace,
černé díry
a fyzika
prostor času"**

[Kosmická alchymie](#)

[Jsme potomky
hvězd!](#)

[Černé díry](#)

[Kosmologie](#)

[Relativistická
astrofyzika a
kosmologie](#)

Hudba - Elektronika - Chalupa -

[Chalupa pro
kulturní rekreaci](#)

[Pergola-krb-udirna](#)

Elektronika :
[Chvála minidisků](#)

Hudba :

[Indická](#)

[Čínská](#)

[Tibetská](#)

[Japonská](#)

[Pravoslavná](#)

[Západo-křesťanská](#)

[Islámská](#)

Fotografie
příroda

[Život na venkově](#)

Společnost-Filosofie - názory - postoje -

Filosofie - věda -
náboženství
[Buddhismus,](#)
[Hinduismus, Taoismus](#)

[Kosmický Bůh](#)

[Věda a náboženství](#)

[Jsme potomky hvězd!](#)

Společenské postoje
a názory:

[Restituce jsou
zvěrstvo](#)

[Socialismus:
Totalita nebo
humanita?](#)

[Křesťanství a
komunismus](#)

[Československo -
naše vlast](#)

[Chvála internetu](#)

[Agrese proti
Jugoslávii](#)

[Agrese proti Iráku](#)

4. Radioisotopová scintigrafie

4.1. Podstata a metody scintigrafie. Pohybový scintigraf.

[4.2. Scintilační kamery](#)

[4.3. Tomografická scintigrafie](#)

[4.4. Hradlovaná scintigrafie](#)

[4.5. Fyzikální parametry, kontrola kvality a fantomová scintigrafická měření](#)

[4.6. Vztah scintigrafie a ostatních zobrazovacích metod](#)

[4.7. Matematická analýza a počítačové vyhodnocování v nukleární medicíně](#)

[4.8. Radionuklidy a radiofarmaka pro scintigrafii](#)

4.1. Podstata a metody scintigrafie

Úloha a definice scintigrafie ; nukleární medicína

Ústřední metodou nukleární medicíny je **radioisotopová diagnostika in vivo**: aplikujeme vhodnou chemickou látku s navázaným radionuklidem - tzv. **radioindikátor** či **radiofarmakum** - do organismu, tato látka vstoupí do metabolismu a **distribuuje** se v organismu podle farmakokinetiky daného radioindikátoru. Nejznámějším příkladem je aplikace radioaktivního jodidu sodného NaJ^{131} , který se jako každý jód vychytává (akumuluje) ve štítné žláze. Byla vyvinuta řada druhů radiofarmak s afinitou k ledvinám, játrům, kostem, myokardu, některým nádorovým či zánětlivým tkáním, pro jejichž funkci je daná látka indikátorem. Míra lokální akumulace radiofarmaka závisí na intenzitě místních metabolických a funkčních dějů v orgánech a tkáních. Případné poruchy funkce lze pomocí scintigrafického zobrazení lokalizovat a kvantifikovat. Nebo se radionuklid vstříkne do krevního oběhu a sleduje se **dynamika** jeho **průchodu** srdcem, plicemi a velkými cévami (v tomto případě bez metabolické vazby na konkrétní orgán či tkáň).

Distribuce radioindikátoru tedy odráží konkrétní fyziologický či patologický stav nebo funkci příslušných orgánů a tkání. V nejjednodušších případech stačí prosté změření intenzity vycházejícího záření γ z určitého místa (např. ze štítné žlázy - pro stanovení její akumulace) kolimovanou sondou. Pro komplexnější diagnostiku však potřebujeme změřit - zmapovat - zobrazit - celou distribuci radioindikátoru, včetně lokálních detailů a anomálií. K tomu slouží metoda zvaná **scintigrafie** či **gamagrafie** *).

Scintigrafie :

Scintigrafie či gamagrafie je fyzikálně-elektronická metoda zobrazení distribuce radioindikátoru v organismu na základě zevní detekce vycházejícího záření gama

Konec
úvodu do
fyzikálně – technických základů nukleární medicíny