

# ***Nukleáris medicina***

**Dr. Fröhlich Georgina**

Országos Onkológiai Intézet  
Sugárterápiás Központ  
Budapest



*Ionizáló sugárzások a gyógyításban  
ELTE TTK, Budapest*

# Bevezetés

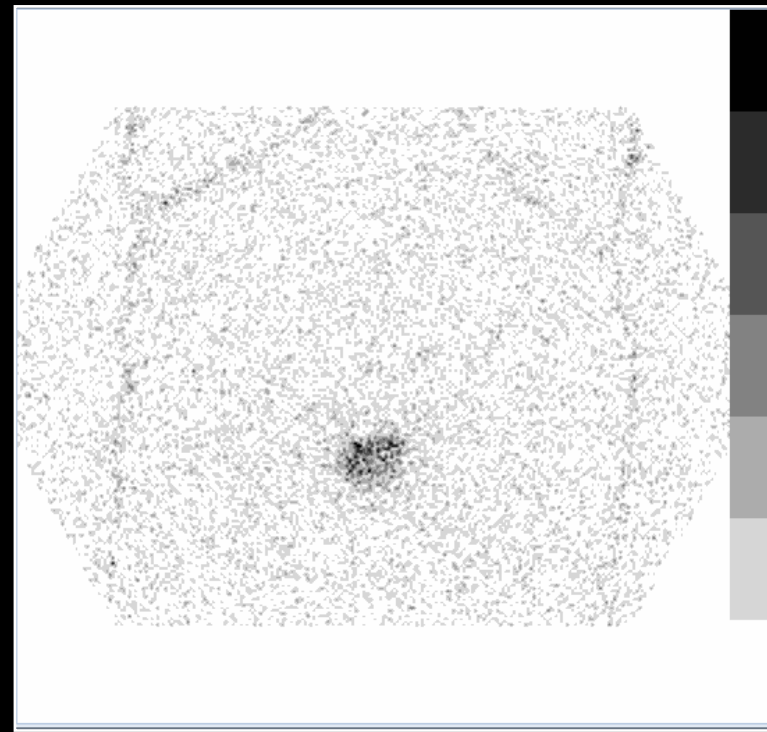
## Diagnosztika:

- **"In vivo" izotópdiagnosztika:** élő szervezetben végbemenő folyamatok nyomon követése a vizsgált egyednek beadott radioaktív készítmény segítségével
- **"In vitro" izotópdiagnosztika:** valamely anyag koncentrációjának mérése vérből, vizeletből vagy más preparátumból sugárzás-méréseken alapuló eljárás segítségével
- **SPECT, SPECT/CT, SPECT/PET**

## Terápia:

- izotópterápia (nyílt radioaktív preparátum beadása betegeknek terápiás céllal)

/Hevesy György,  
1943. Nobel-díj/



# Radionuklidok

Radionuklid	Diagnosztika	Terápia
Tiszta $\gamma$ -sugárzók Tc-99m, In-111, Ga-67, I-123	×	(-)
$e^+$ -sugárzók ( $\beta^+$ ) F-18	×	-
$\gamma$ , $\beta^-$ -sugárzók I-131, Sm-153	×	×
Tiszta $\beta^-$ -sugárzók Sr-89, Y-90, Er-169	-	×
$\alpha$ -sugárzók At-211, Bi-213	-	×

# Radionuklidok a diagnosztikában

Gamma-kamerával leképezhető legyen:

- $\gamma$ - / karakterisztikus RTG-sug.
- $E=80-400$  keV (alatta beteg teste elnyeli, felette átmegy detektoron is)

Néhány h-s felezési idő:

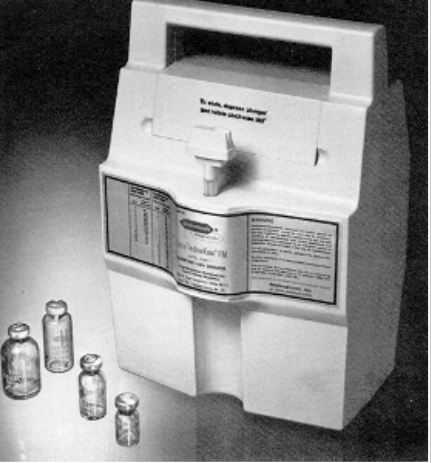
- rövidebb  $\rightarrow$  lebomlik preparálás közben
- hosszabb  $\rightarrow$  beteg felesleges sugárterhelése

Megfelelő farmakonhoz köthető

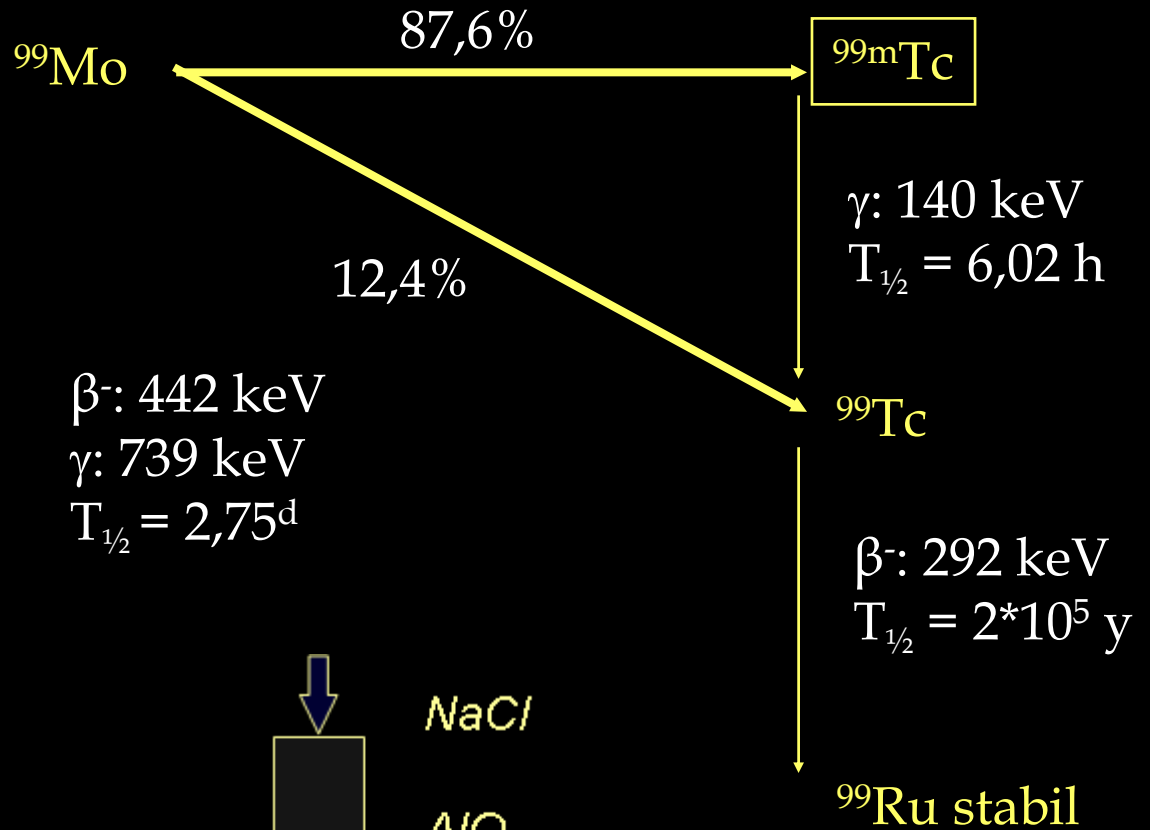
Ne bocsásson ki felesleges (gamma-kamerának láthatatlan), de a beteg sugárterhelését növelő ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) sug.-t

# Radionuklidok a diagnosztikában

Nuklid	Energia (keV)	Felezési idő	Felhasználás	Megj.
Tc-99m	141	6.03 h	sokféle	generátor
Tl-201	68-80	73.1 h	<u>szívizom</u>	ciklotron
I-131	364	8 nap	<u>pajzsmirigy</u>	+ <u>terápia</u>
I-123	159	13 h	<u>pajzsmirigy</u> fehérjék	ciklotron
Ga- 67	93, 185, 300	78.1 h	<u>tumor-keresés</u> <u>gyulladás</u>	ciklotron
In-111	172	2.81 nap	<u>tumor-keresés</u> <u>immunszcintigráfia</u>	ciklotron
I-125	27-35	60 nap	<u>"in vitro"</u>	készletekben
F-18	b+	109 min	PET	



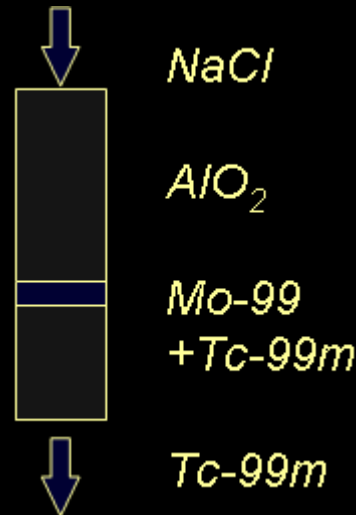
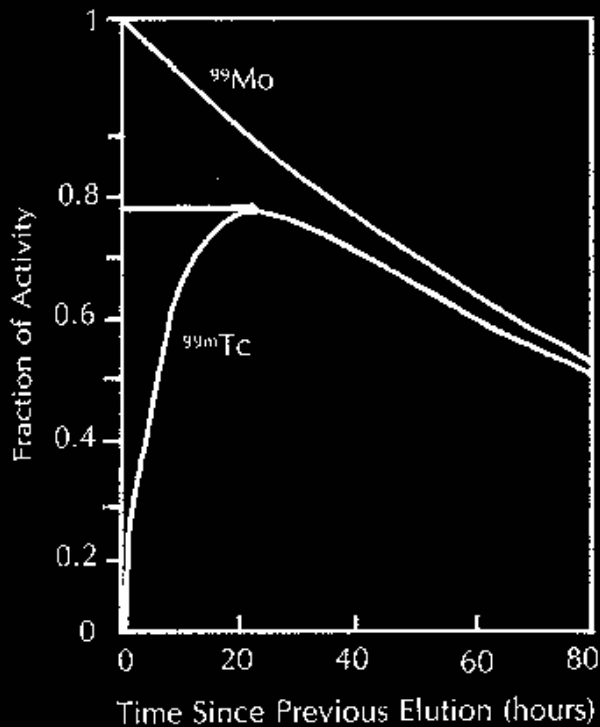
# $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ - generátor



$\text{Mo-99} \rightarrow \text{Tc-99m} \rightarrow \text{Tc-99}$

66 h

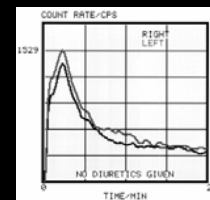
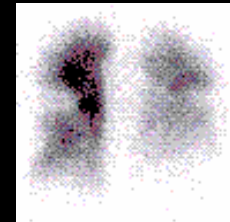
6h



# Radiofarmakonok

Radionuklid	Farmakon	Szerv	Paraméter
Tc-99m	+ colloid	máj	RES (immunrsz.)
	+ MAA	tüdő	regionális perfúzió
	+ DTPA	vese	vese-funkció

radiofarmakon (tracer)



# Radiofarmakonok

- használatra kész radiofarmakonok:

$^{131}\text{I}$ - MIBG,  $^{131}\text{I}$ -iodide,  $^{201}\text{Tl}$ -chloride,  $^{111}\text{In}$ - DTPA

- azonnali készletek a termék preparálásához:

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HIDA,  $^{111}\text{In}$ -Octreotide

- melegítést igénylő készletek:

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI

- komolyabb beavatkozást igénylő termékek:

vérsejtek jelölése → házilag készült radiofarmakonok szintézise és megjelölése





# Kockázati kategóriák

számítások alapján → súlyozás a radionuklid aktivitására és tevékenységre

<u>Súlyozott aktivitás</u>	<u>Kategória</u>
< 50 MBq	Alacsony kockázat
50-50.000 MBq	Közepes kockázat
> 50.000 MBq	Magas kockázat

## Radionuklid szerinti súlyozás:

Osztály	Radionuklid	Súlyfaktor
A	$^{75}\text{Se}$ , $^{89}\text{Sr}$ , $^{125}\text{I}$ , $^{131}\text{I}$	100
B	$^{11}\text{C}$ , $^{13}\text{N}$ , $^{15}\text{O}$ , $^{18}\text{F}$ , $^{51}\text{Cr}$ , $^{67}\text{Ga}$ , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , $^{111}\text{In}$ , $^{113\text{m}}\text{In}$ , $^{123}\text{I}$ , $^{201}\text{Tl}$	1,00
C	$^3\text{H}$ , $^{14}\text{C}$ , $^{81\text{m}}\text{Kr}$ $^{127}\text{Xe}$ , $^{133}\text{Xe}$	0,01



# Kockázati kategóriák

## Radionukliddal való tevékenység szerinti súlyozás

Kezelése típusa/területe	Súlyfaktor
tárolás	0,01
hulladékkezelés, leképező szoba (nincs inj.), váróterem, betegágyak (diagnosztika)	0,10
helyi elkészítő, radionuklid beadása, leképező szoba (inj.), egyszerű előkészítés, betegágyak (terápia)	1,00
komplex előkészítés	10,0

# Kockázati kategóriák

	11 GBq I-131 beadása	400 MBq Tc-99m vizsgálat	400 MBq Tc-99m váróterem
Súlyfaktor - radionuklid	100	1	1
Súlyfaktor – kezelése	1	1	0,1
Teljes súlyozott aktivitás	1.100 GBq	400 MBq	40 MBq

<u>Súlyozott akt.</u>	<u>Kategória</u>
< 50 MBq	Alacsony
50-50.000 MBq	Közepes
> 50.000 MBq	Magas

		Alacsony
	Közepes	
Magas		

# Kockázati kategóriák

## Betegek által nem látogatott helyiségek:

- magas kockázat: előkészítő szoba, radiofarmakon elkészítése, ideiglenes hulladéktároló
- közepes kock.: radionuklid tároló
- alacsony kock.: mintamérő szoba, radiokémiai munkák (RIA), irodák



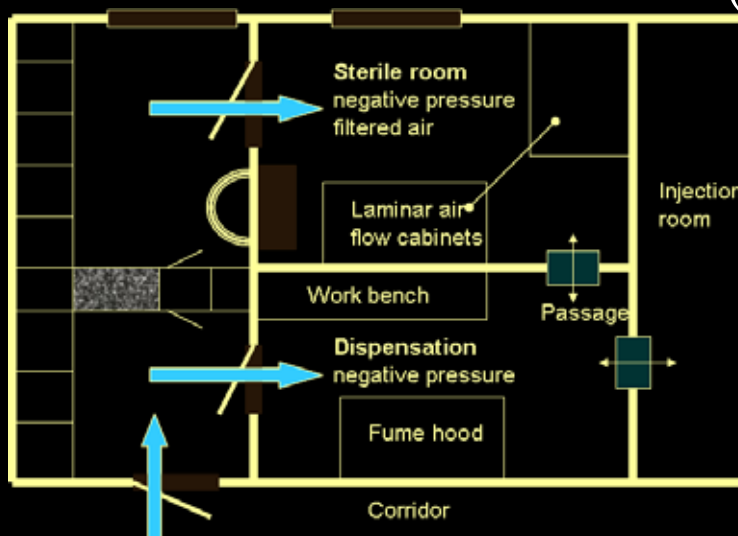
## Betegek által látogatott helyiségek:

- magas kockázat: radiofarmakon beadása, vizsgáló, elkülönítő
- közepes kock.: váróterem, betegmosdó
- alacsony kock.: recepció



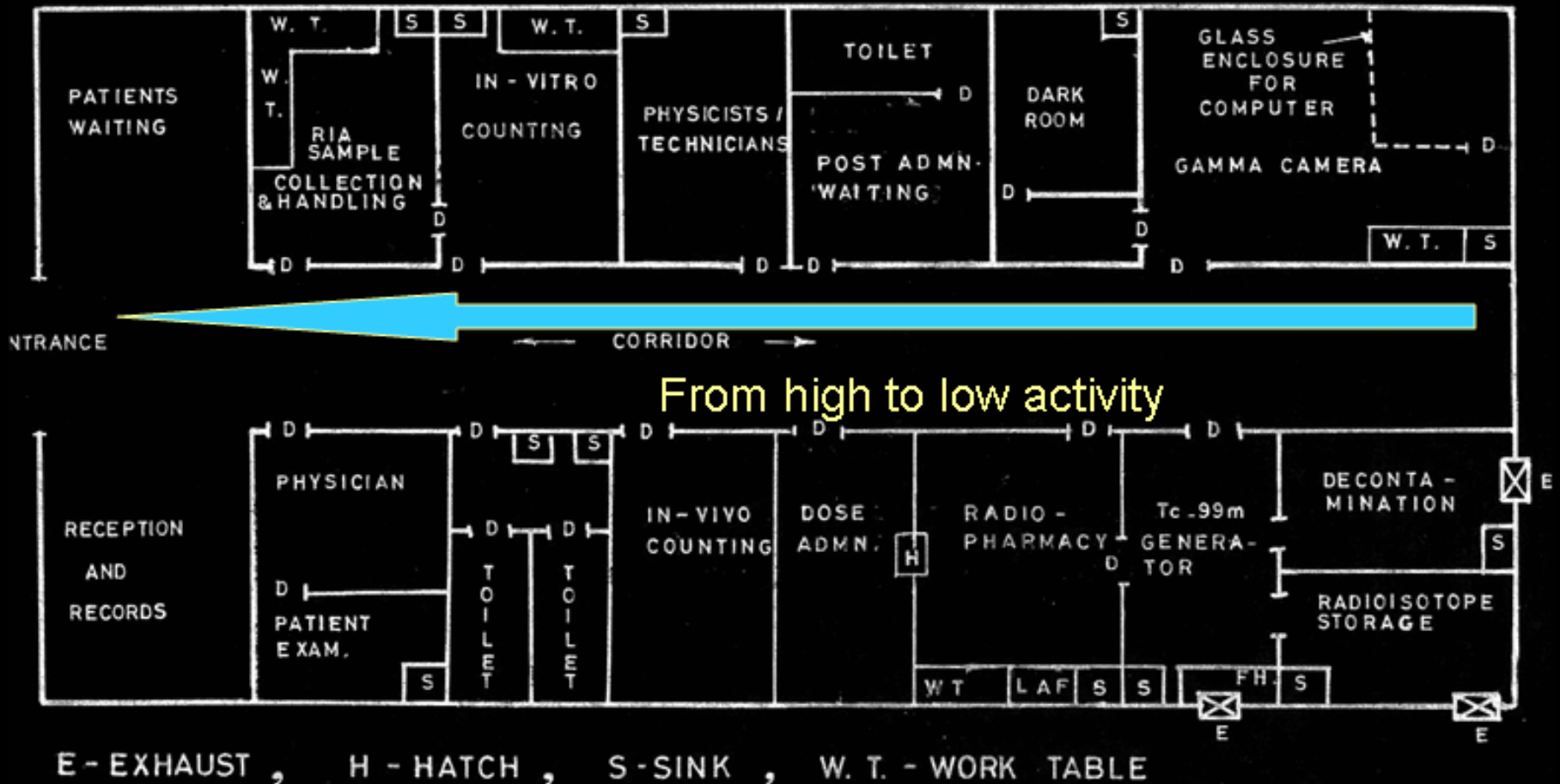
# Épületi követelmények

Kockázati kategória	Árnyék	Burkolat	Füstelvezető	Szellőzés	Elsősegély
Alacsony	nem	tisztítható	nem	normál	le mosás
Közepes	nem	folytonos lap	igen	jó	le mosás, dekontamináció
Magas	talán	folytonos lap falra felhajtva	igen	spec. szellőztetés	le mosás, dekontamináció (vésszuhanyzó)



# Épületi követelmények

Nukl. med. osztály:



# "In vivo" izotópdiagnosztika

Élő szervezetben végbemenő folyamatok nyomon követése a vizsgált egyednek beadott radioaktív készítmény segítségével

## Radioizotópos leképezések

- **Sztatikus vizsgálat:** a radiofarmakon beadása után megvárjuk az egyensúlyi eloszlás kialakulását, amely a leképezés ideje alatt számottevően már nem változik
- **Dinamikus vizsgálat:** a radiofarmakon beadása után egy kiválasztott nézetből felvétel-sorozatot készítünk, amely (a farmakontól függően) valamilyen anyagcsere-, kiválasztási vagy más folyamat különböző fázisait tükrözi
- **SPECT:** a keresztmetszeti síkok radioizotóp-eloszlásának számítógépes előállítását sok irányból készült vetületi képekből („egyfotonos”)
- **PET:** pozitron-sugárzó radioizotóppal jelzett farmakon eloszlásának számítógépes előállítását keresztmetszeti síkokban gyűrű alakban elhelyezett detektorsereg mérési adataiból („kétfotonos”)

# "In vivo" izotópdiagnosztika

A radioizotópos leképezés minden esetben **funkcionális információt** nyújt, azt jelzi, ha az érintett szerv működése megváltozik



- gyakran jóval **korábbi fázisban felismerhető** egy kóros folyamat
- olyan folyamat, állapot is kimutatható, amelynek **felismerésére a morfológiai leképező eljárások nem alkalmasak**
- emellett a radioizotópos leképezés **alacsony kockázattal** jár (non-invazív), **egyszerűen** kivitelezhető (a beteg szempontjából általában egyetlen iv. injekciót és a vizsgáló ágyon fekvést jelent)
- a beadott radiofarmakon molárisan olyan kis anyagmennyiséget jelent, amely **allergiás reakciót sem vált ki**, és a vizsgálni kívánt funkciót nem befolyásolja



# Csontszcintigráfia

Az egyik leggyakrabban alkalmazott sztatikus szcintigráfia.

A malignus daganatok **csontmetasztázisainak kimutatásában** a legérzékenyebb képalkotó eljárás

**Szűrővizsgálatként** javasolt emlő- és prosztatadaganat műtete után; tünetmentes esetben is, a **beteg követésében** néhányszor (kb. éves időközökkel) hasznos megismételni

*Farmakon:* [Tc-99m] difoszfónátok (MDP, HEDP)

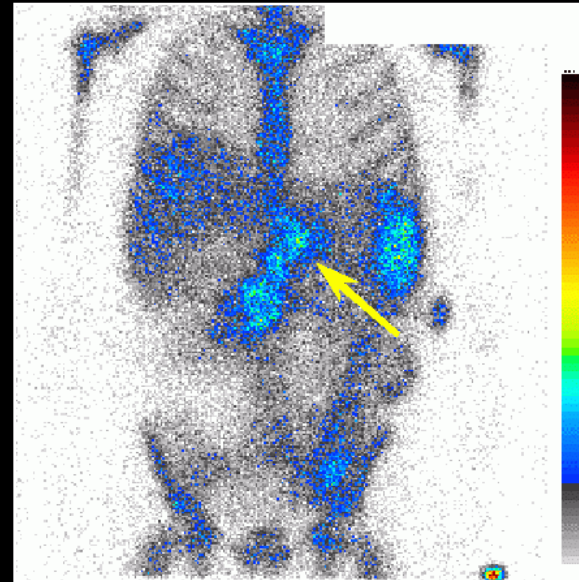
*Felhasznált jelenség:* Vérellátás és osteoblast aktivitás

*A leképezés időpontja:* Az injekció beadása után 2-3 órával

# Egyéb szcintigráfiás eljárások

## Sztatikus szcintigráfiás vizsgálatok:

- Emlőszcintigráfia
- Csontvelő-szcintigráfia
- Gyulladás-keresés →
- Sztatikus agyszcintigráfia
- Agyi vérátfolyás SPECT
- Pajzsmirigy-szcintigráfia
- Mellékpajzsmirigy-szcintigráfia
- Tüdőszcintigráfia
- Szívizom-perfúzió szcintigráfia
- Májszcintigráfia
- Szervek vértartalom-vizsgálata
- Lépszcintigráfia
- Hereszscintigráfia
- Sztatikus vesezcintigráfia
- Nyirokút és nyirokcsomó szcintigráfia
- Liquor-szcintigráfia



# Egyéb szcintigráfiás eljárások

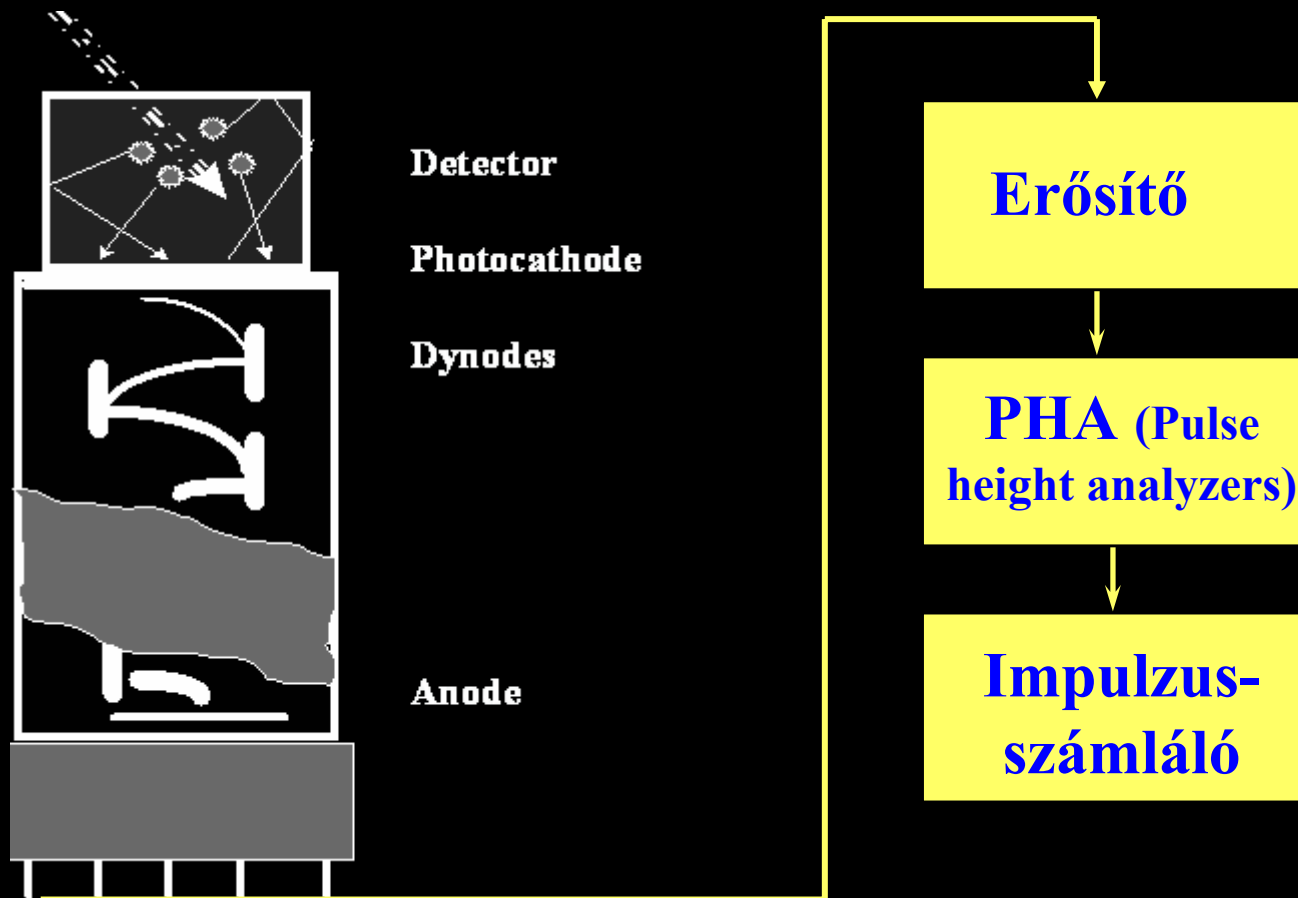
## Dinamikus szcintigráfiás vizsgálatok:

a radiofarmakon beadása után egy kiválasztott nézetből felvételsorozatot készítünk, amely valamilyen anyagcsere-, kiválasztási vagy más folyamat (=funkció) különböző fázisait tükrözi

- Dinamikus agyszcintigráfia
- Egyensúlyi, EKG-val kapuzott ventrikulográfia
- Első átfolyásos szívvizsgálat
- Dinamikus epeút-szcintigráfia
- Dinamikus veseszcintigráfia
- Radioizotópos vese-clearance (tisztítási hányados) vizsgálatok
- Dinamikus nyelőcső-szcintigráfia
- Nyálmirigy szcintigráfia [Tc-99m] pertechnetáttal
- A kéz keringésének vizsgálata
- Testtájék radioaktivitásának mérése
- A betegtől levett minták radioaktivitásának mérése
- "In vitro" izotópdiagnosztika

# SPECT

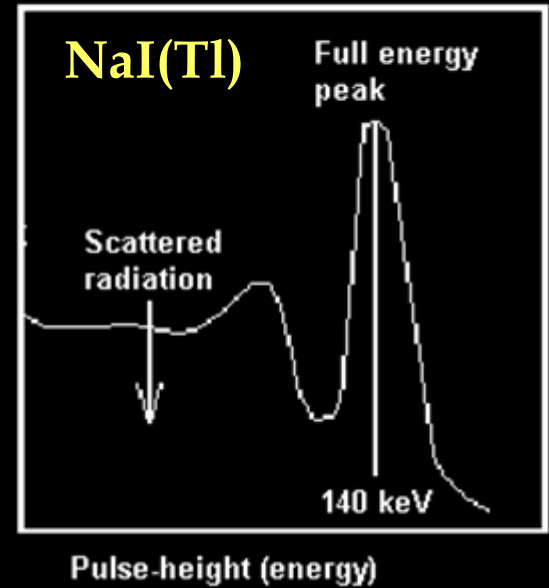
- **SPECT**: Single Photon Emission Computed Tomography = **Gamma-kamera(k)** tomografikus alkalmazása  
szcintillátor detektor



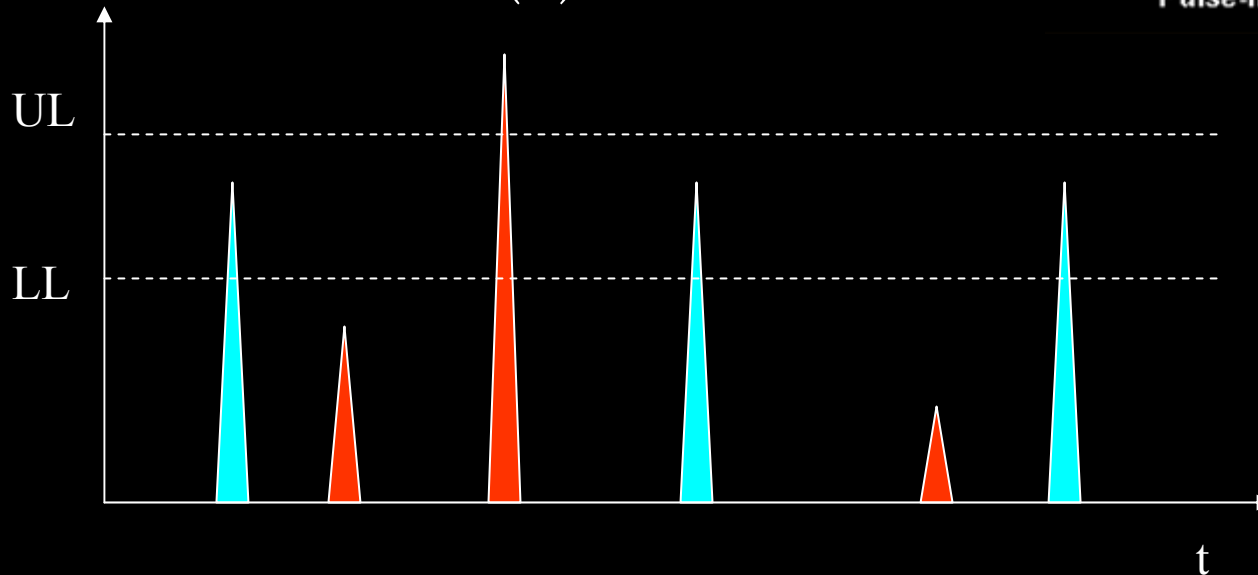
# PHA

csak bizonyos mérettartományba (E)  
eső pulzusokat enged számlálni

Count rate



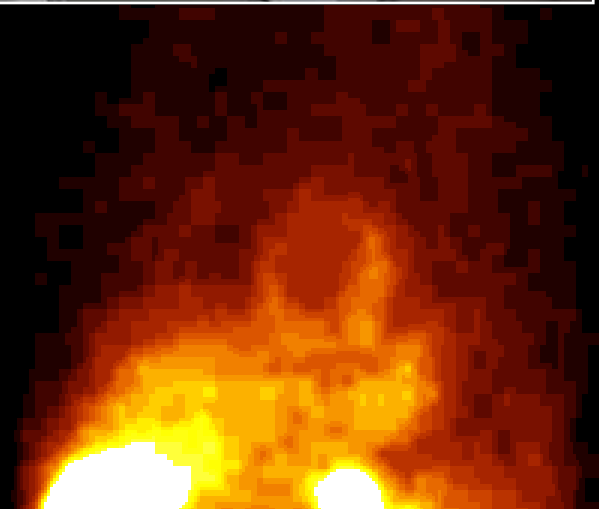
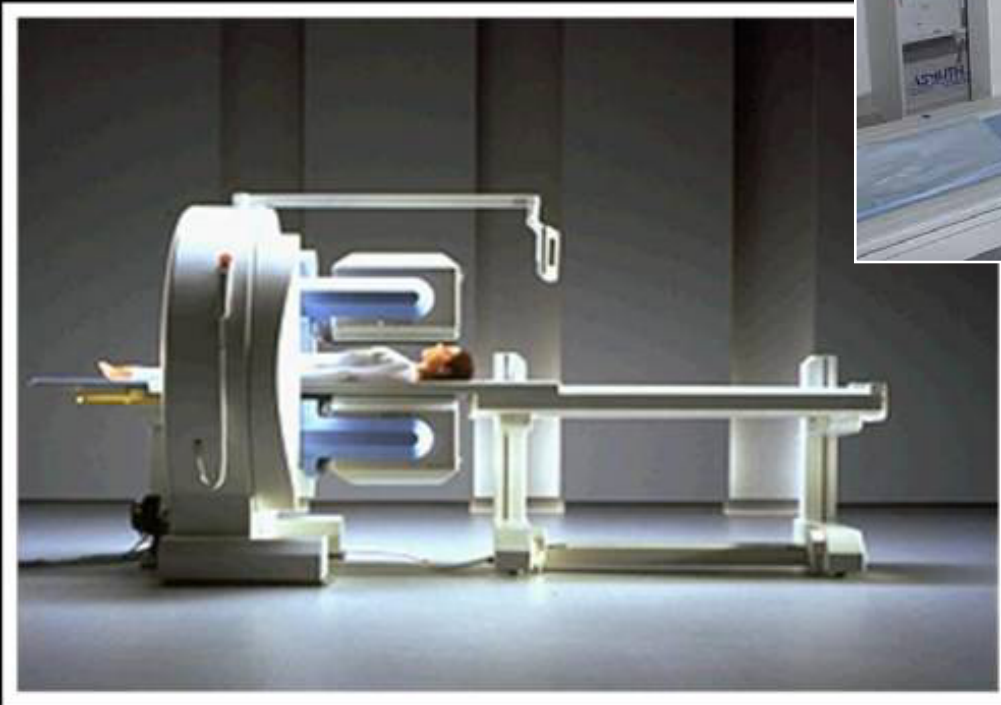
Pulzus mérete (V)



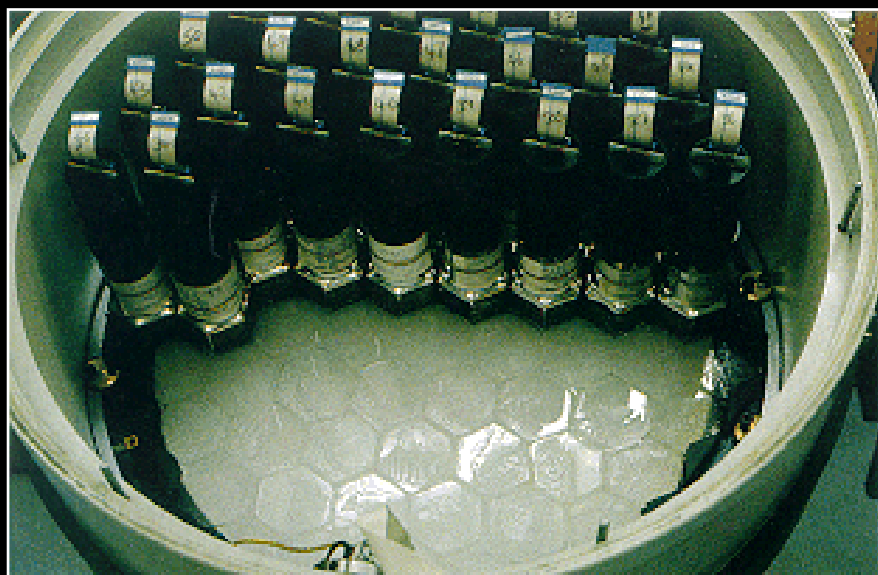
● számolt ● nem számolt

# Gamma-kamera

radiofarmakon tér- és időbeli eloszlását méri

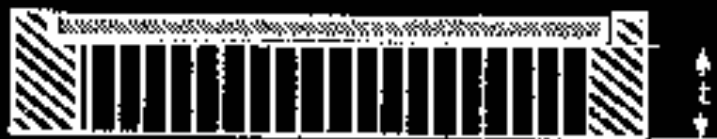


# PMT-k

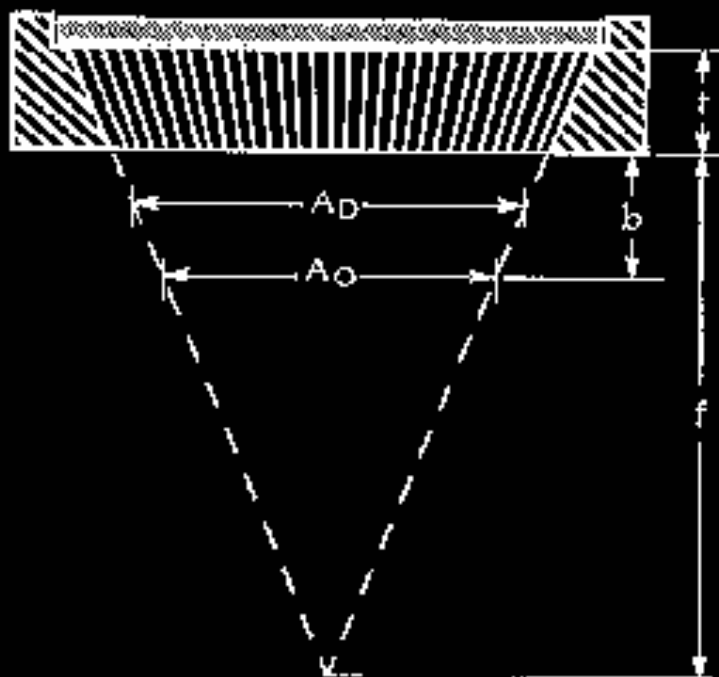


# Kollimátorok

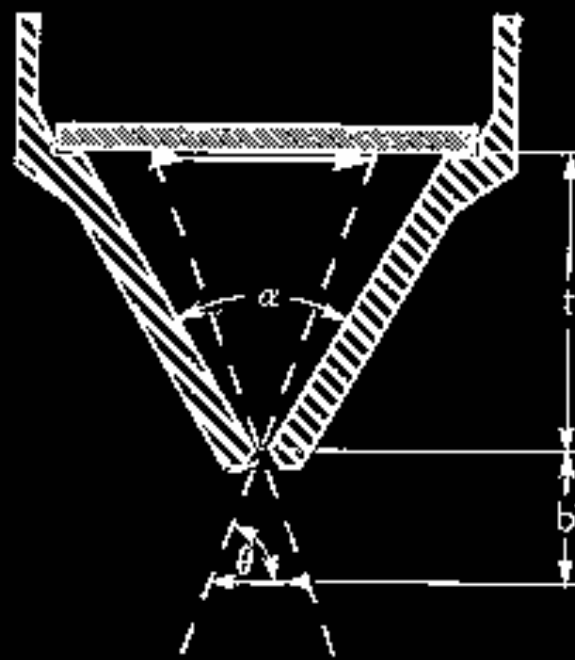
## Parallel-hole



## Converging

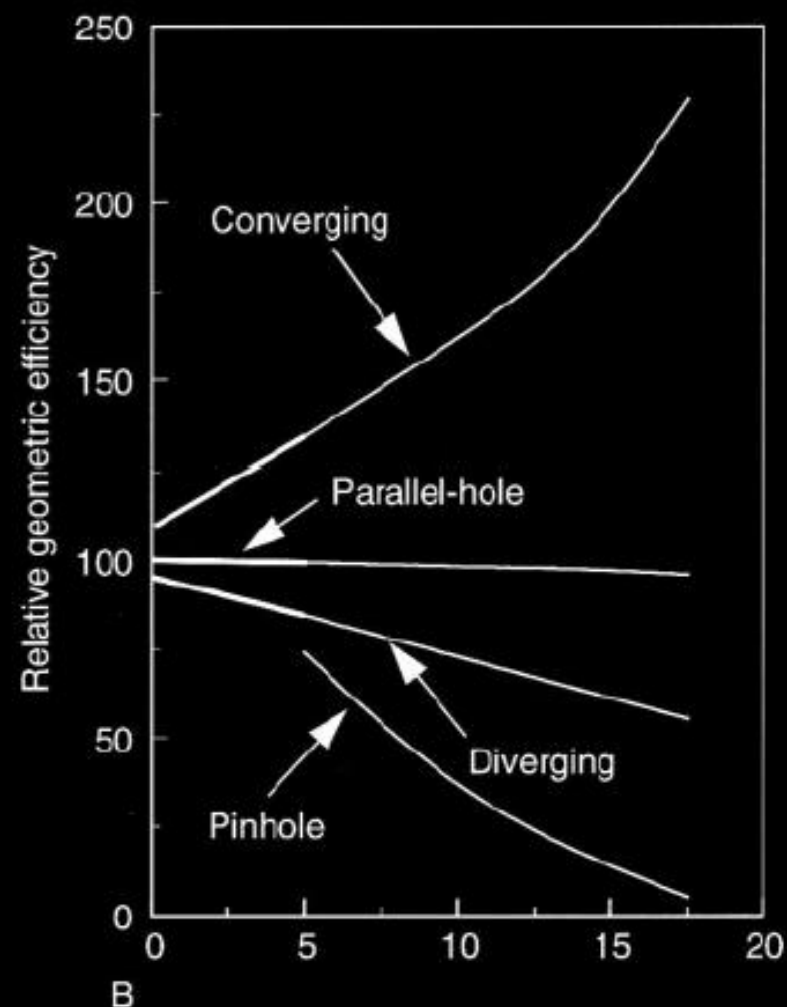
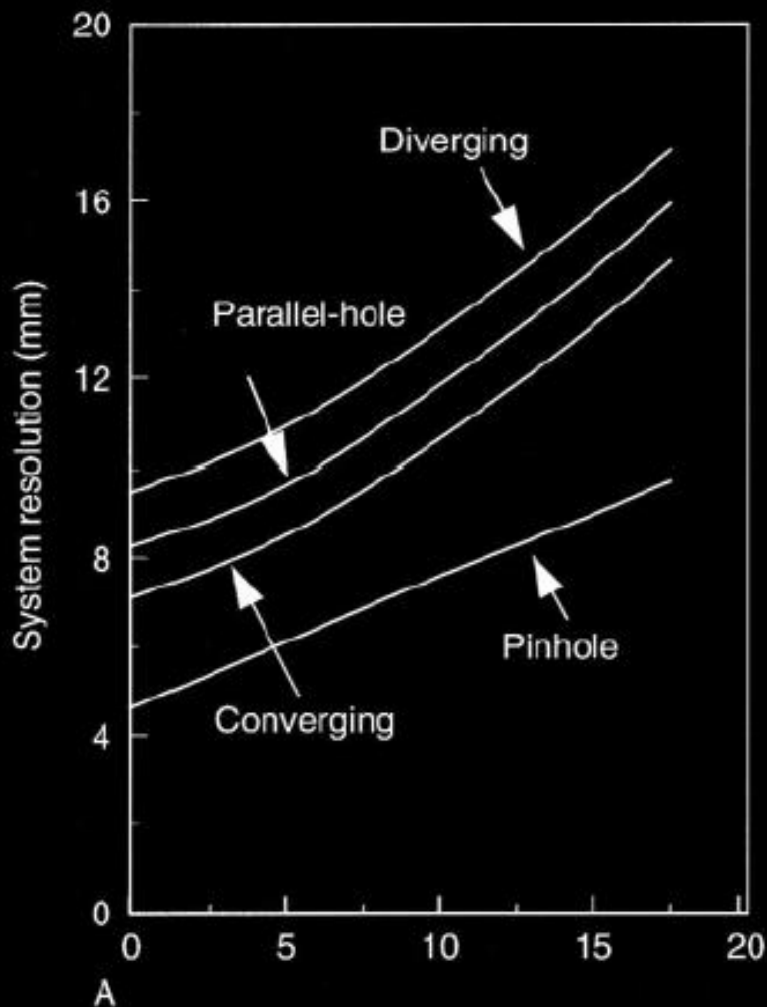


## Pinhole





# Kollimátorok

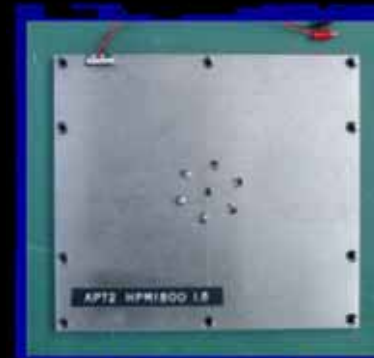


Source-to-collimator distance (cm)

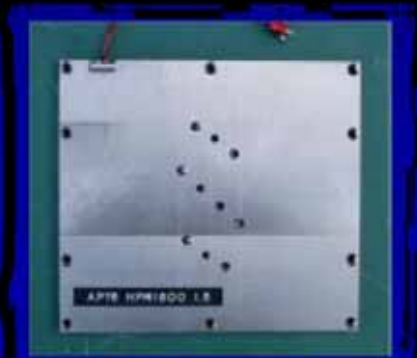
# Kollimátorok

multi-pinhole koll.:

→ kisállat-SPECT



7-pinhole  
 $\text{Ø}=1.5\text{mm}$



10-pinhole  
 $\text{Ø}=1.5\text{mm}$

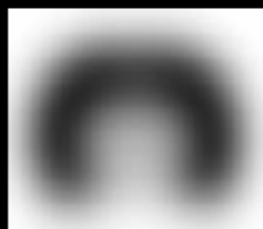
# Kollimátorok

klinikai SPECT térbeli felbontása: ~ 15 mm

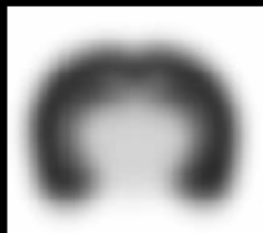
kisállat SPECT, PET: 1-2,5 mm

mikro-SPECT: 0,2-0,4 mm

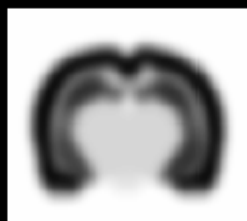
Felbontás hatása patkányagy-fantomra:



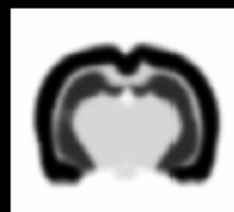
2 mm



1 mm



0.5 mm



0.25 mm

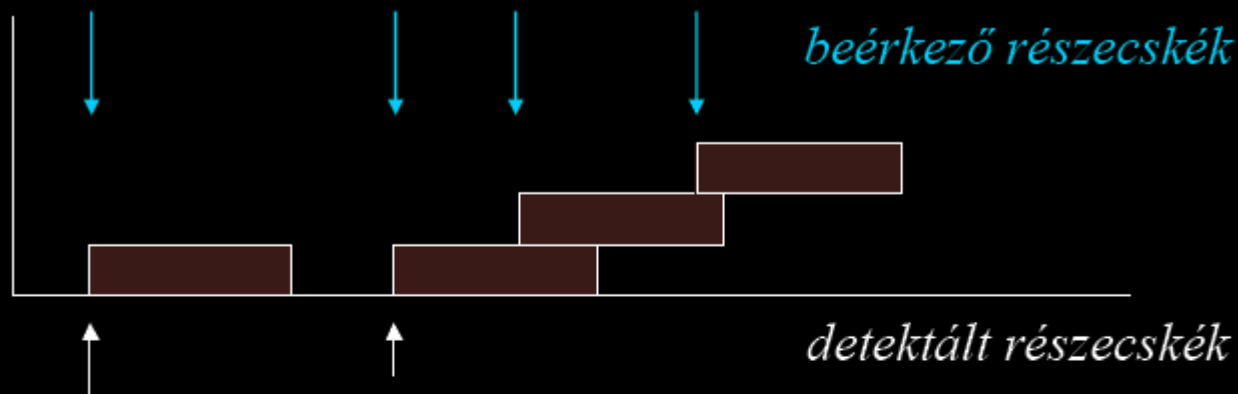


0 mm

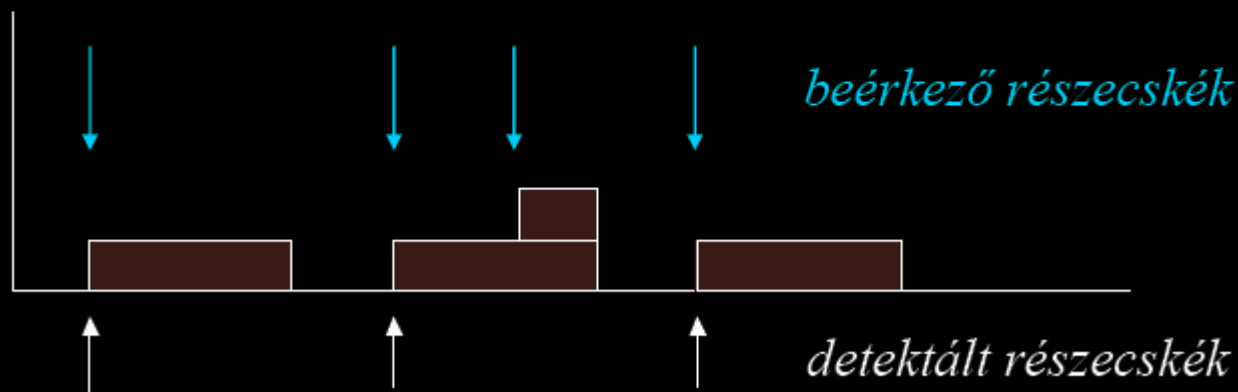
# Kollimátorok

Kollimátor	Energia (keV)	Falvastagság (mm)	Izotópok
Alacsony en. (LE)	140-200	0,2 - 0,3	Tc-99m, Tl-201, Xe-133, I-123
Közepes en. (ME)	<300	1,1 - 1,4	Ga-67, In-111, I-123
Magas en. (HE)	360-500	1,3 – 3,0	I-131
Ultra-magas en. (UHE)	511	3,0 – 4,0	pozitron-sugárzók

# Holtidó

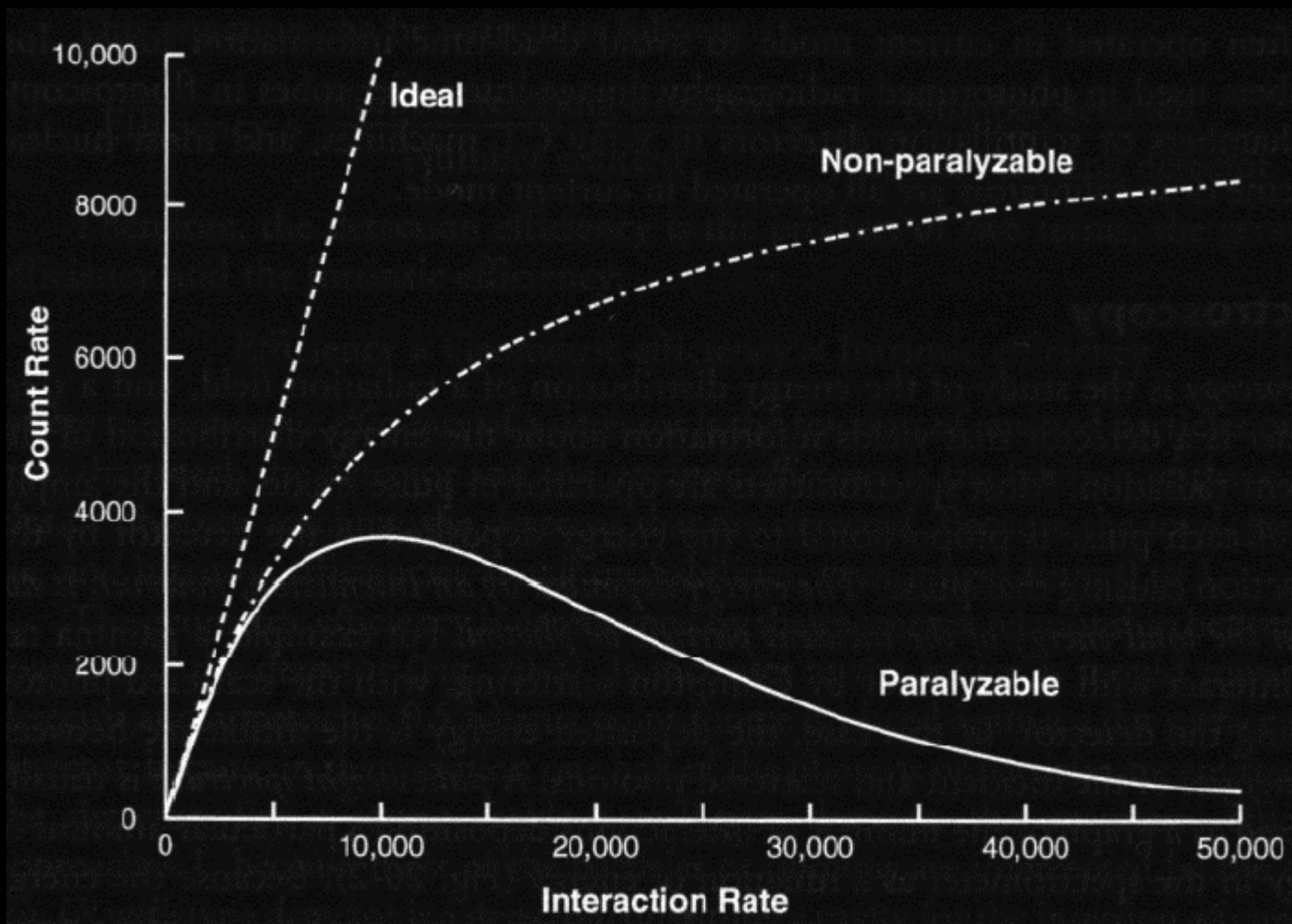


bénítható

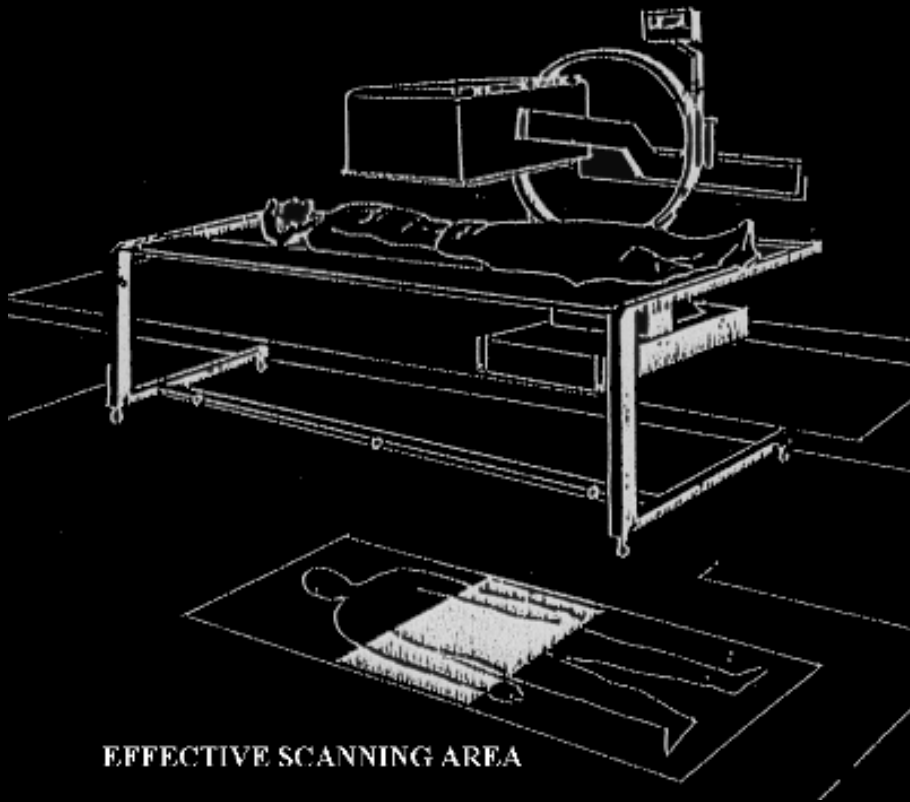


nem bénítható

# Holtidő – számlálási sebesség



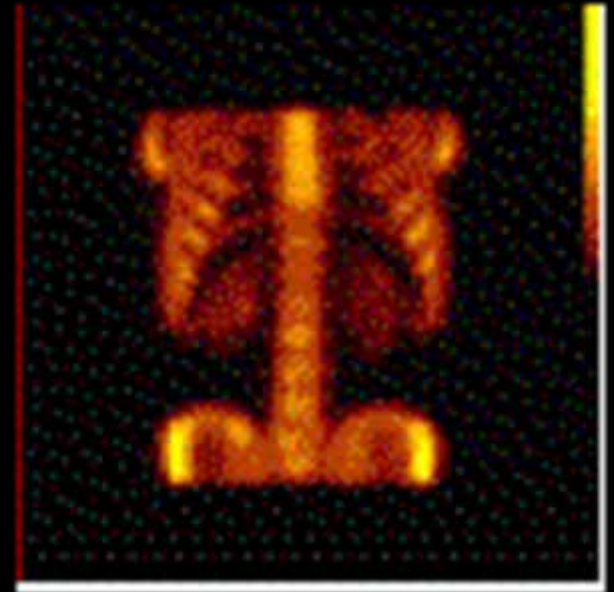
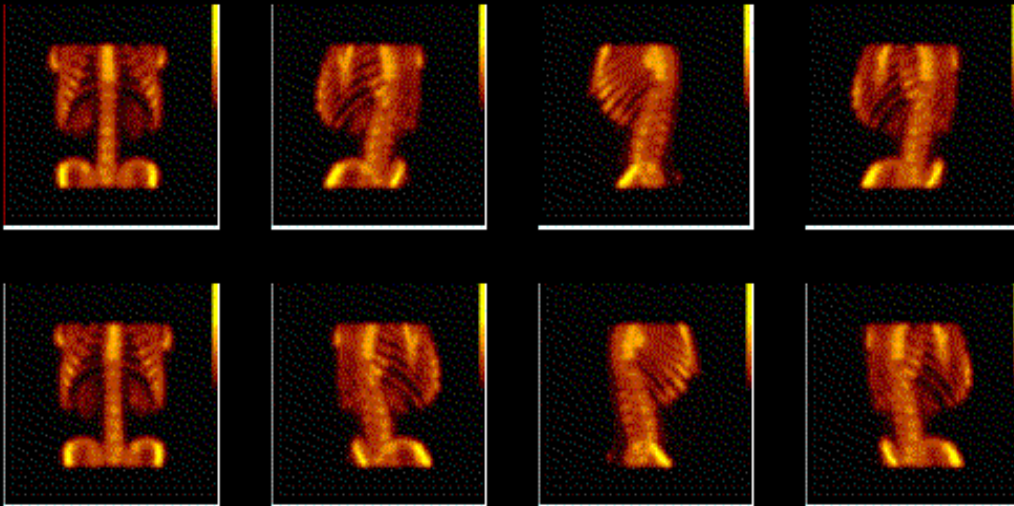
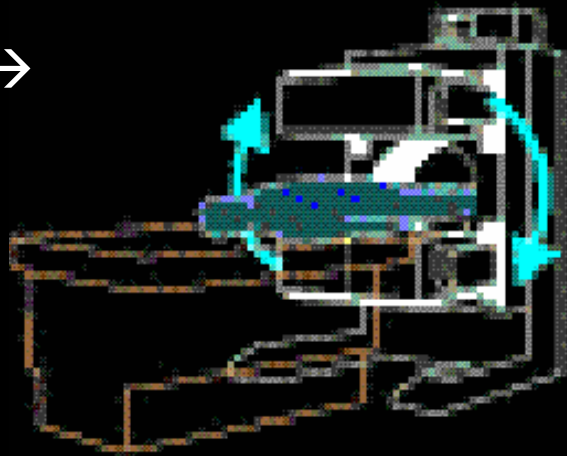
# Adatgyűjtés



- sztatikus
- dinamikus
- EKG-kapuzott
- egésztest-scan
- tomográfia
- EKG-kapuzott tomográfia
- egésztest tomográfia

# Adatgyűjtés – tomografikus

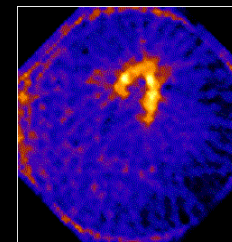
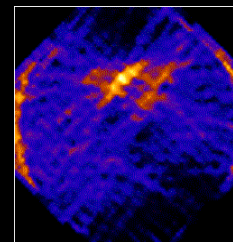
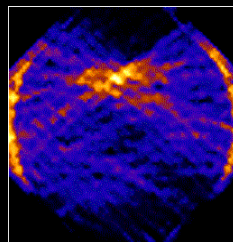
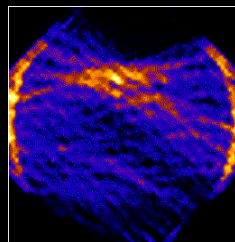
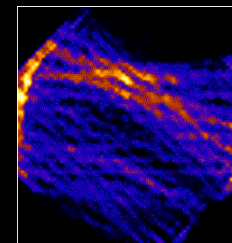
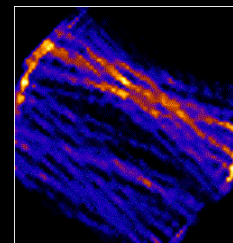
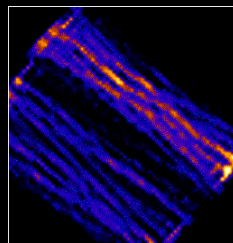
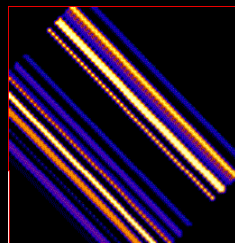
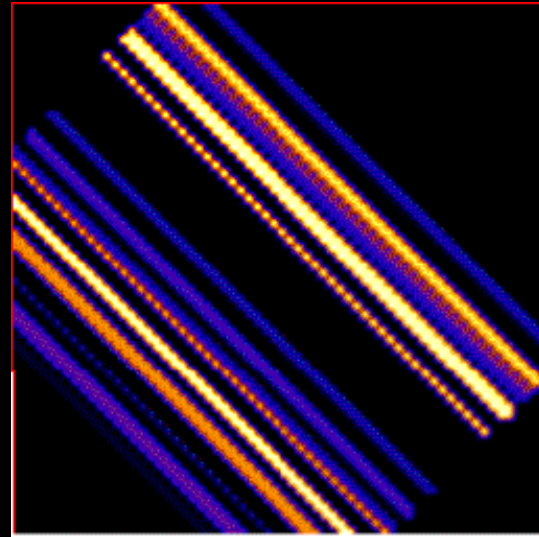
3D-s info kell →



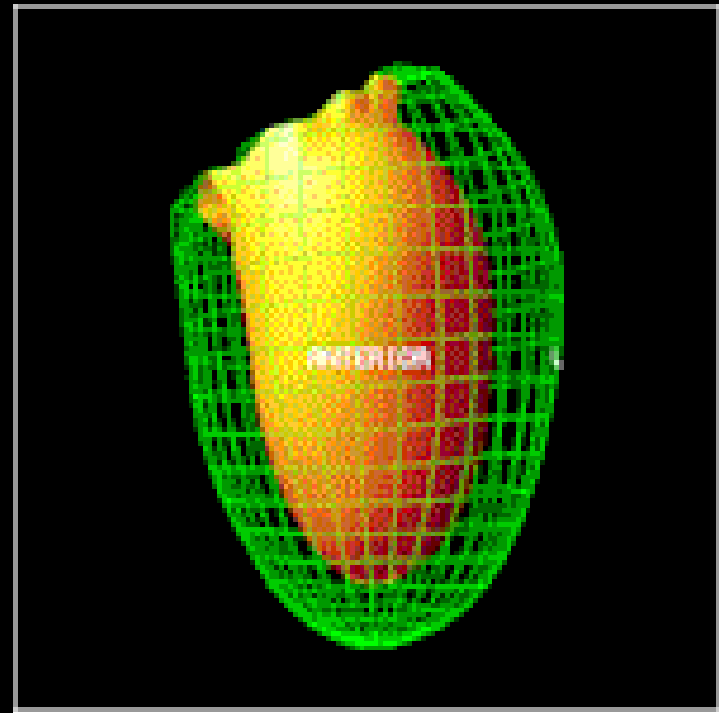
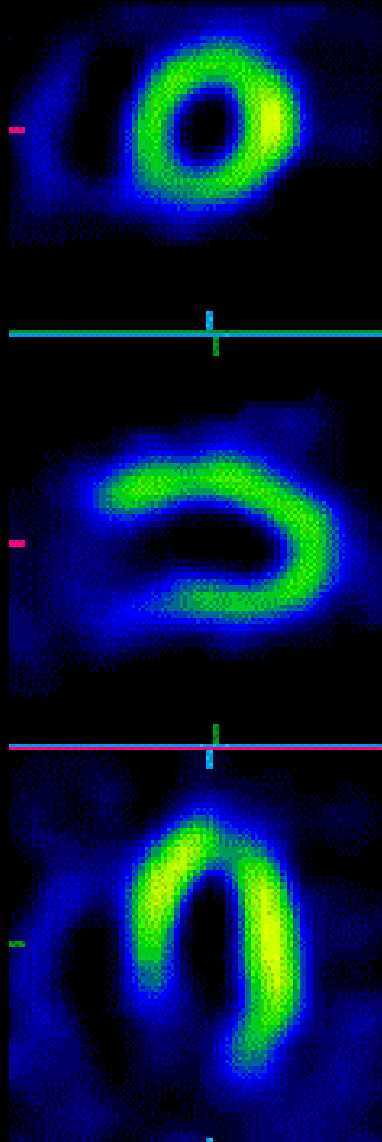


# Adatgyűjtés – tomografikus

tomografikus  
rekonstrukció



# Adatgyűjtés - EKG-kapuzott



# Képinformáció



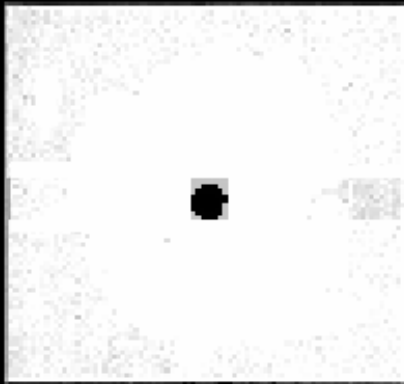
- radiofarmakon eloszlása
- kollimátor típusa és érzékenysége
- térbeli felbontás
- E-felbontás
- egyenletesség (uniformity)
- „count rate” teljesítmény
- térbeli pozicionálás különböző E-kon
- forgás-központ
- szórt sug.
- gyengülés
- zaj

# Képinformáció

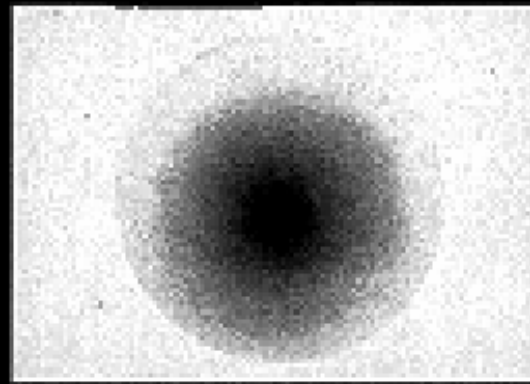
térbeli felbontás:

- **belső:** detektor vastagsága, PMT-k száma,  $E_{\text{foton}}$
- **kollimátor:** méret, alak, lyukak hossza

Objekt



Bild

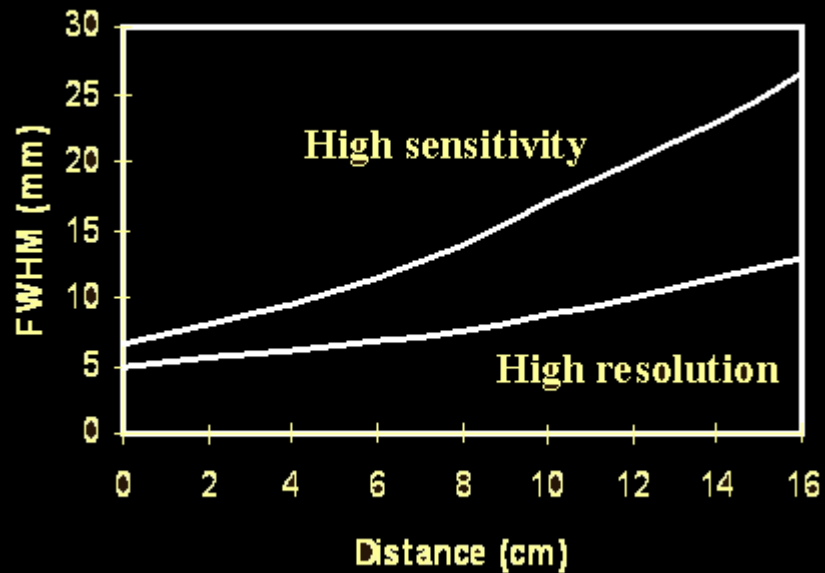
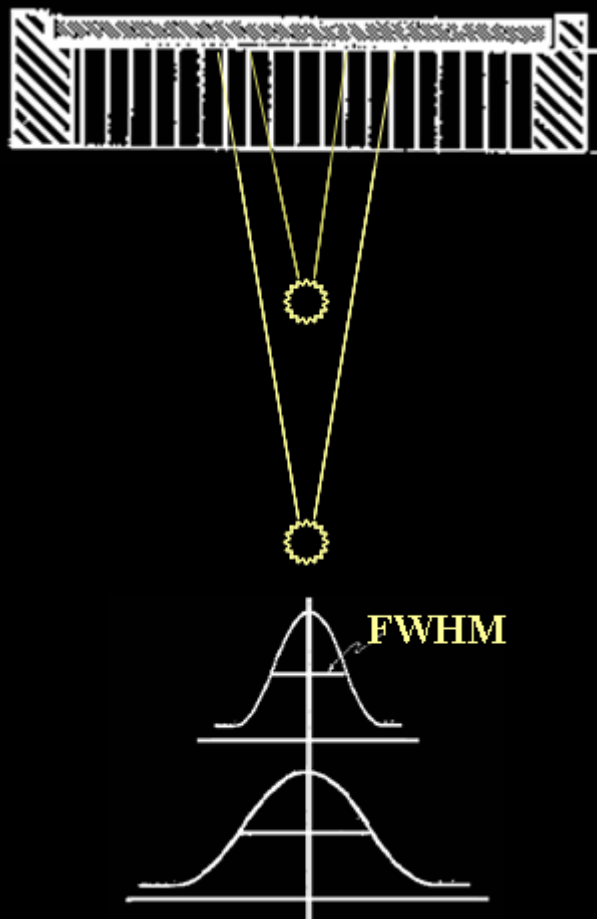


Intensitet



# Képinformáció

térbeli felbontás:



optimális

nagy távolság

# Képinformáció

## Érzékenység:

= Egységnyi aktivitásnál mért számlálási sebesség

Forrás:	átmérő	> 15 cm
	vastagság	~ 3 mm
	aktivitás	~ 40 MBq
Begyűjtött beütésszám:		>= 10 000

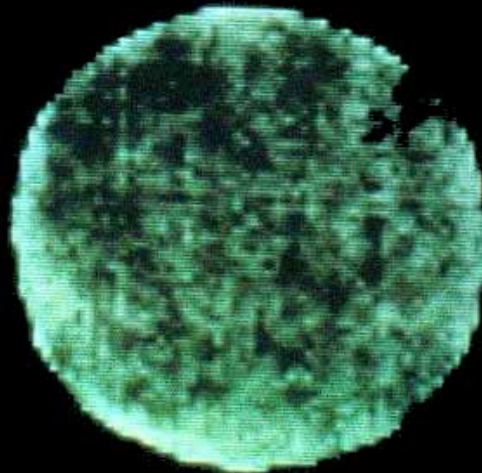
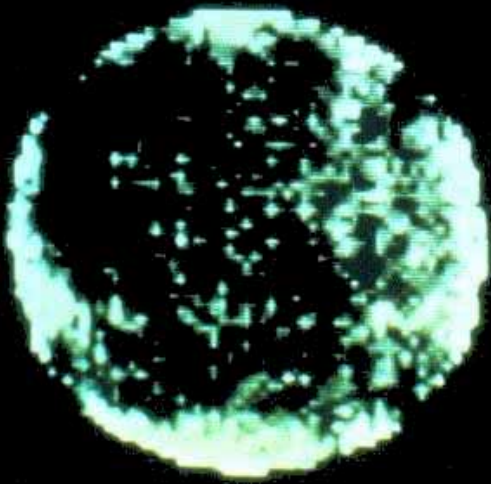
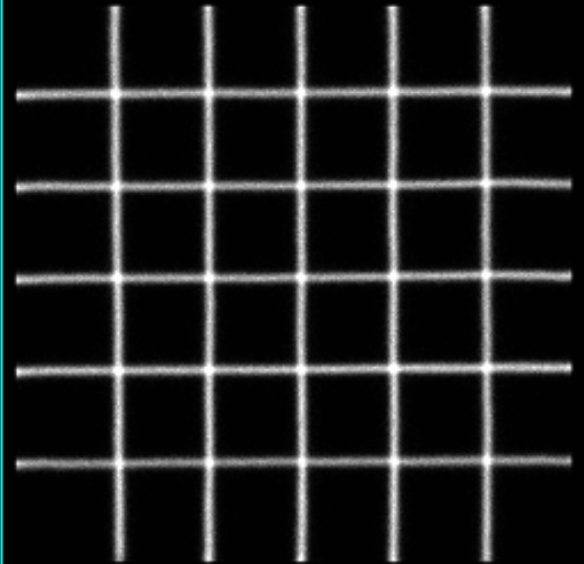
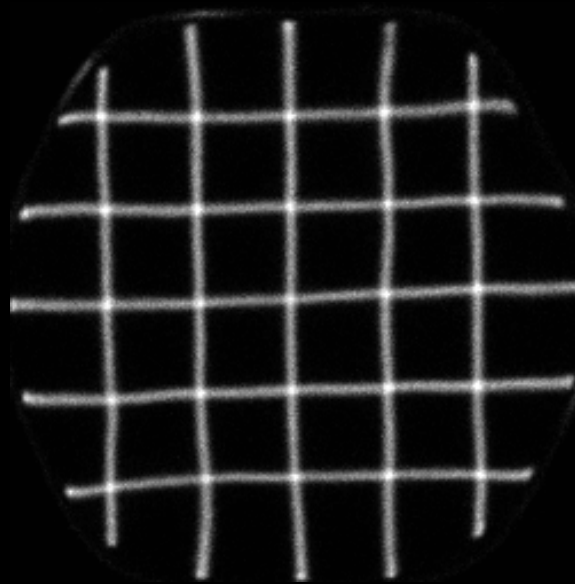
$$\text{érzékenység} = \frac{\text{számlálási sebesség (cps)}}{\text{forrás aktivitása (MBq)}}$$

Tipikus értékek Tc-99m-re:

- LEGP (alacsony energiájú általános célú): 150-200 cps/MBq
- LEHR (alacsony energiájú nagy felbontású): 60-80 cps/MBq
- LEHS (alacsony energiájú nagy érzékenységű): 200-300 cps/MBq

# Képinformáció

linearitás:

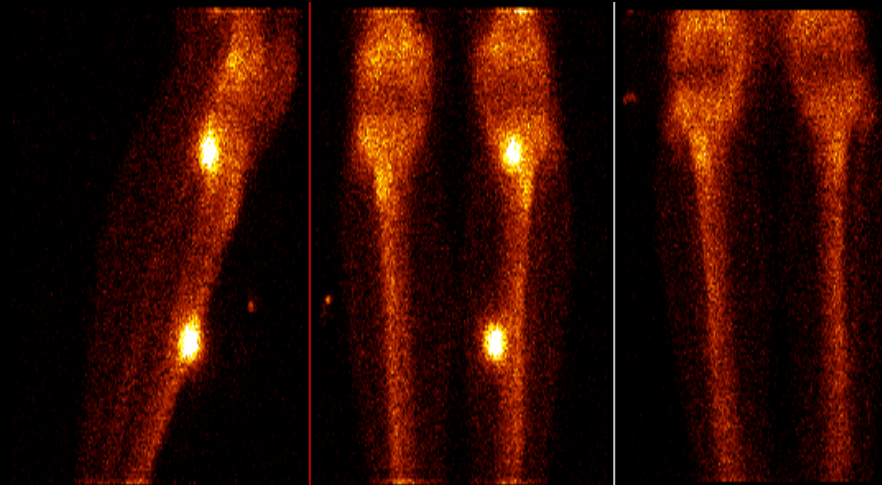
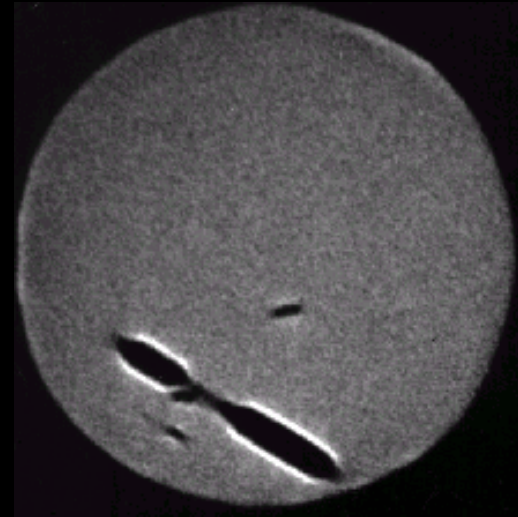


egyenletesség:

# Képinformáció

egyenletesség:

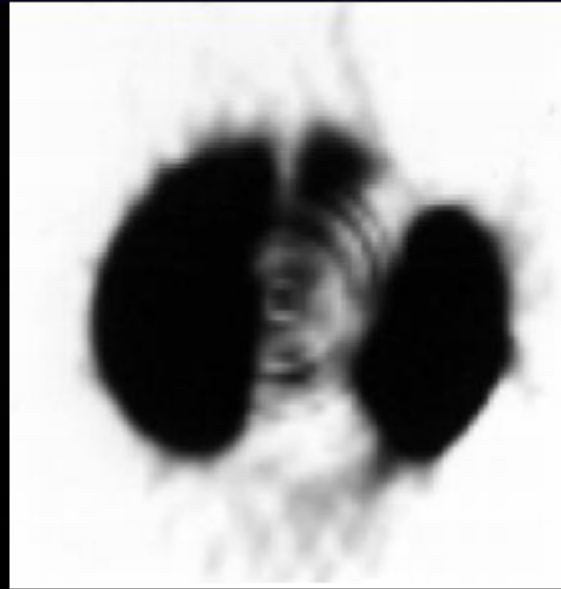
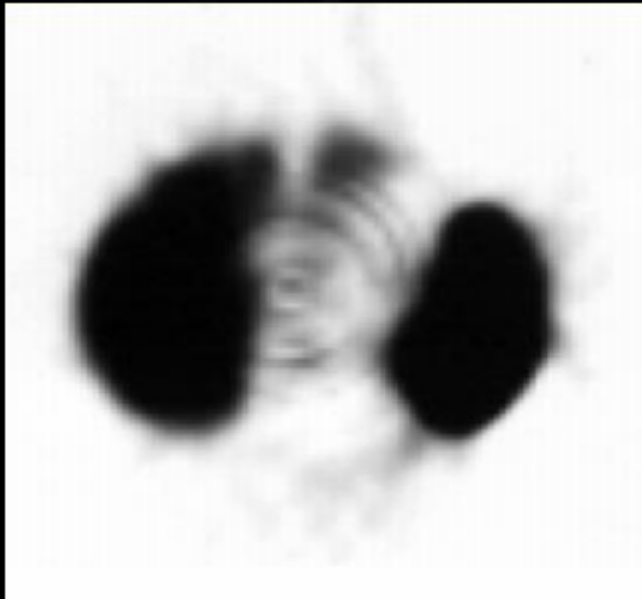
törött kristály:



kollimátor szennyezettsége:



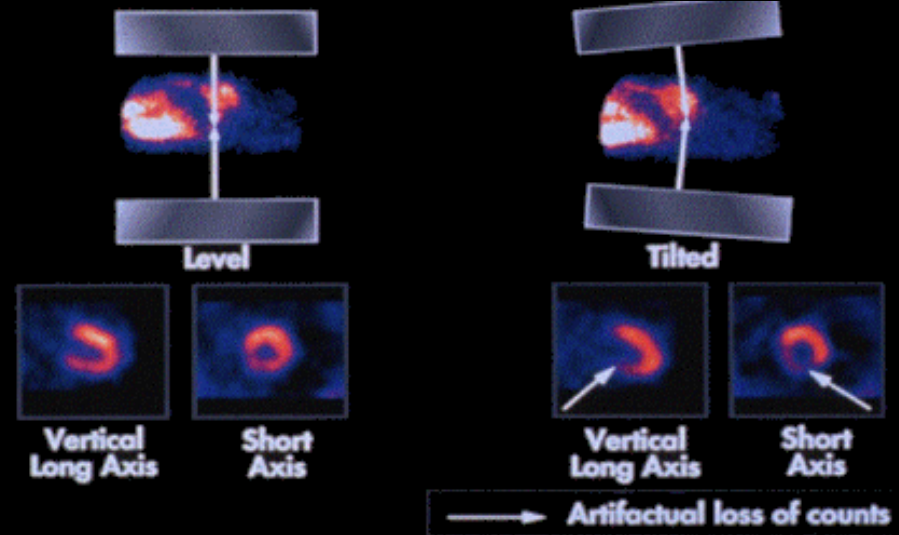
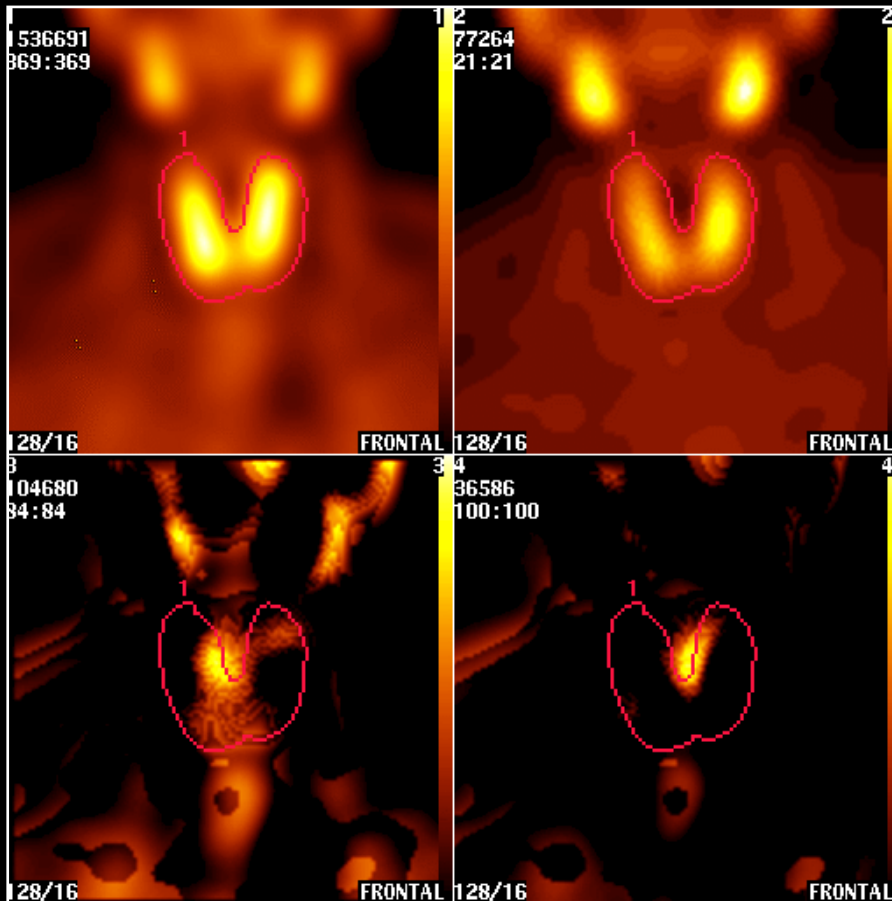
# Képinformáció



Nem megfelelő homogenitás **gyűrű-műterméket** okoz a rekonstruált metszeteken!

# Képinformáció

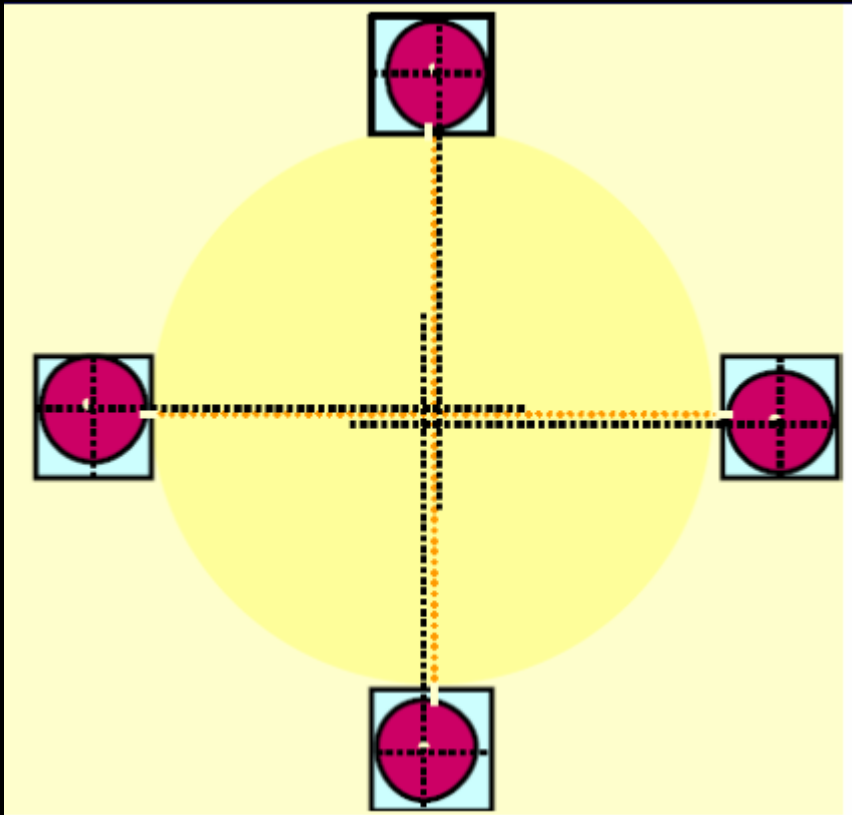
térbeli pozicionálás különböző E-kon:



ferde detektor

# Képinformáció

középpont-vándorlás:



„Center of Rotation” (COR) :

a látómező közepéből induló, a detektorra merőleges egyeneseknek:

- egy síkba kell esni
- egy közös forgásközépponton kell áthaladni
- minden detektorra egyformán

# Képinformáció

középpont-vándorlás:

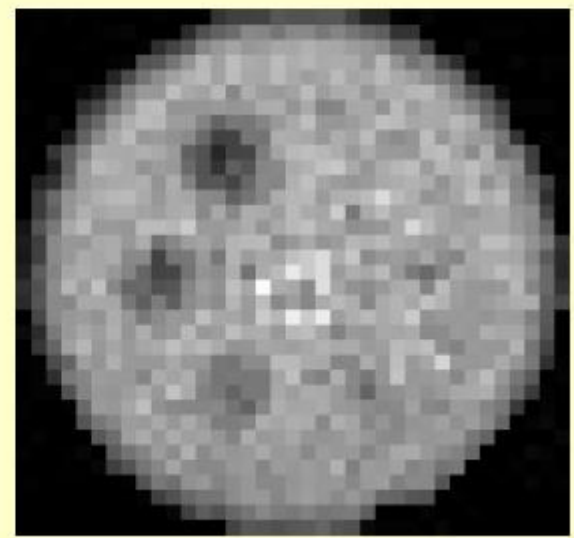
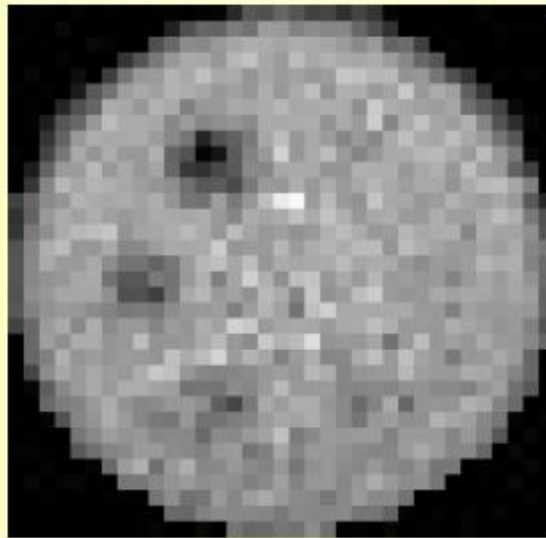
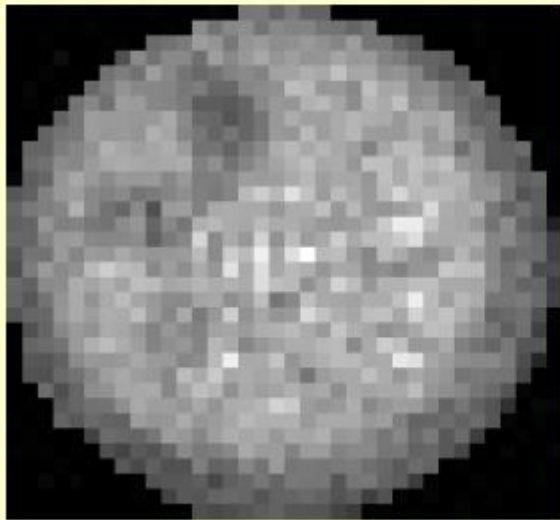
9 mm error



3 mm error



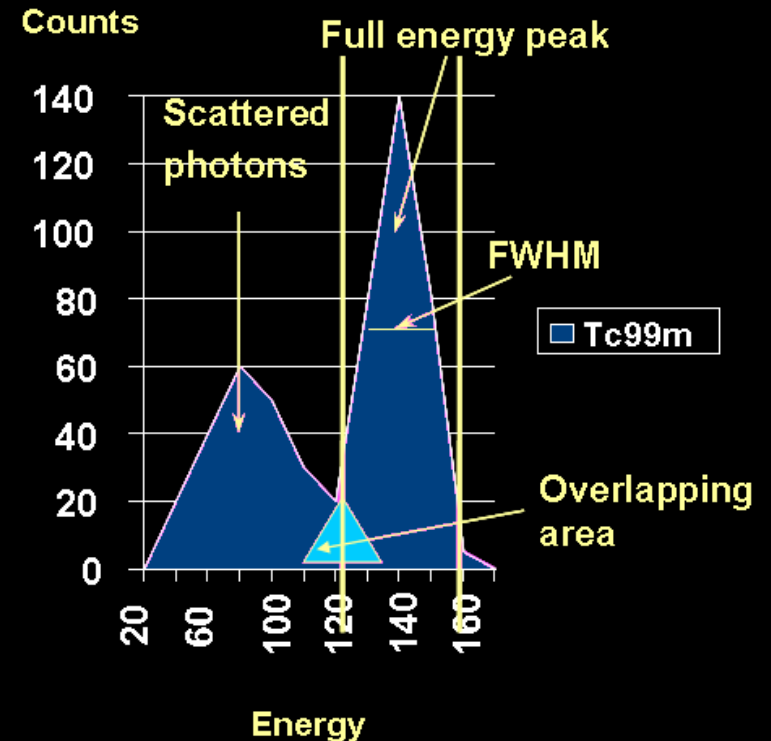
0 mm error



# Képinformáció

szórt fotonoktól származó hiba:

- páciens mérete
- a gamma-kamera E-felbontása
- ablak beállítása



20%

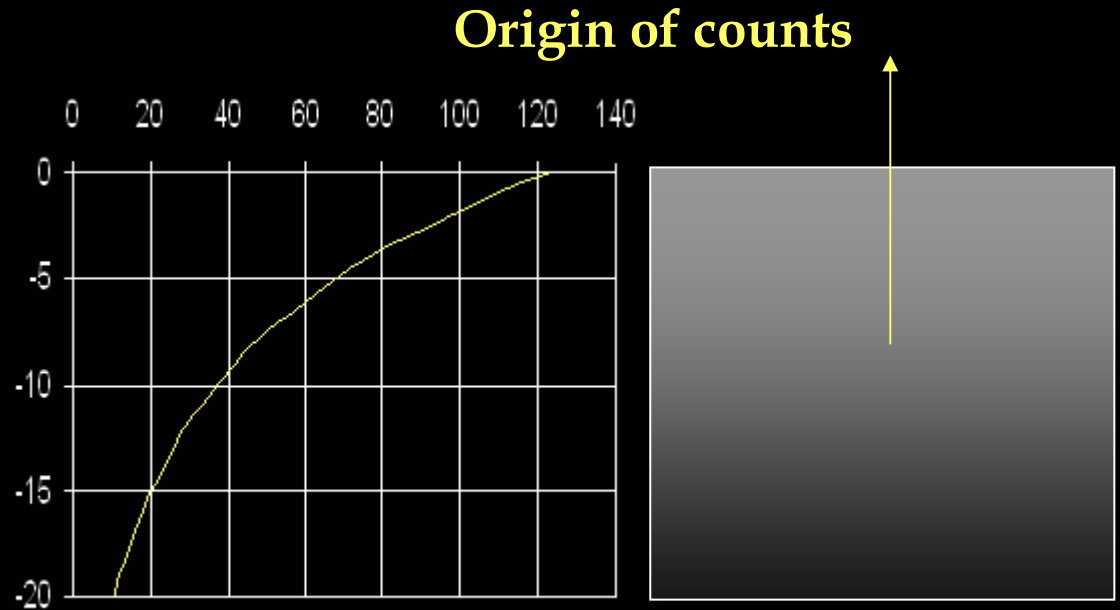
40%

10%

# Képinformáció

gyengülés:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$



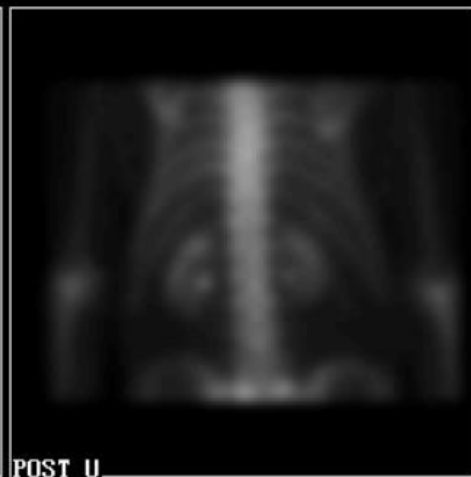
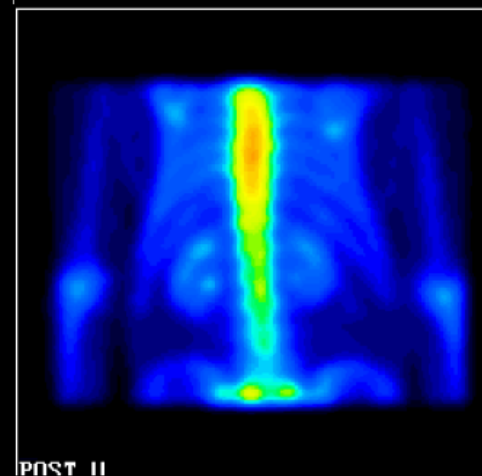
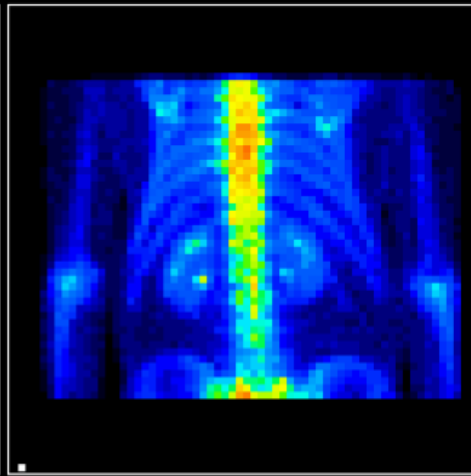
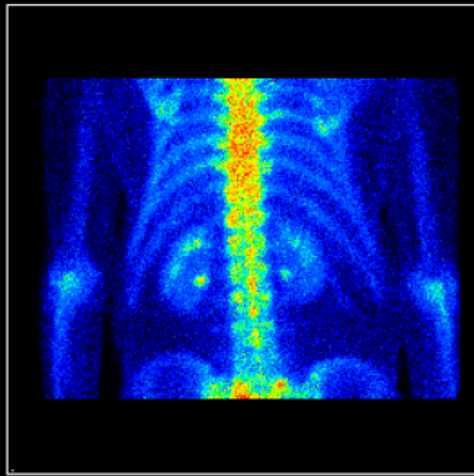
→ **korrekció:** transzmissziós mérések

- zárt forrással
- CT (épp ezt méri)



# Képinformáció

felbontás és zaj:



POST U

POST U

POST II

Wiener-szűrt (128)

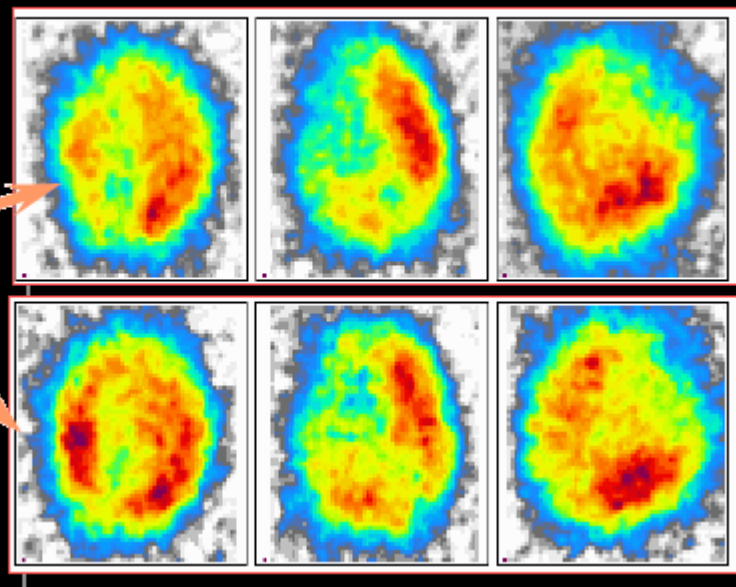
# Képinformáció

palettaválasztás:

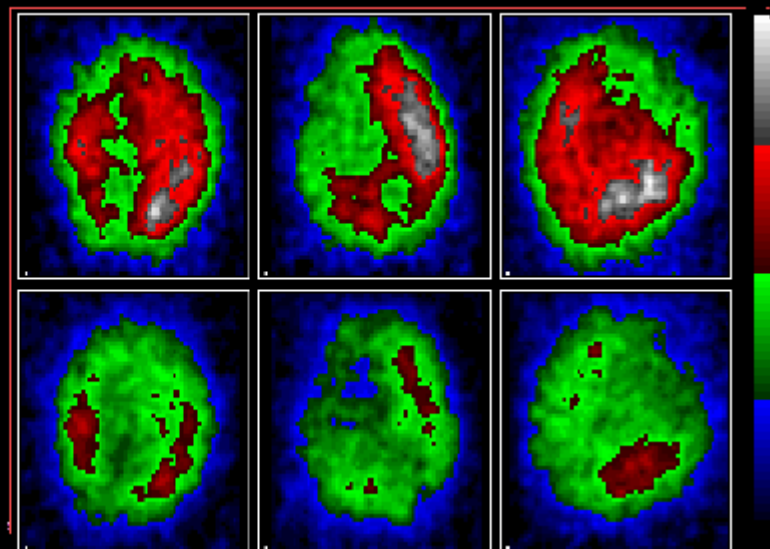
(tudni kell  
értelmezni a  
megjelenített  
képet!)

Terh.

Nyug.



Nem  
folytonos  
paletta





# QC – minőség-ellenőrzés

	Acceptance	Daily	Weekly	Yearly
Uniformity	P	T	T	P
Uniformity, tomography	P			P
Spectrum display	P	T	T	P
Energy resolution	P			P
Sensitivity	P		T	P
Pixel size	P		T	P
Center of rotation	P		T	P
Linearity	P			P
Resolution	P			P
Count losses	P			P
Multiple window pos	P			P
Total performance phantom	P			P

P: physicist, T: technician

# QC - minőség-ellenőrzés

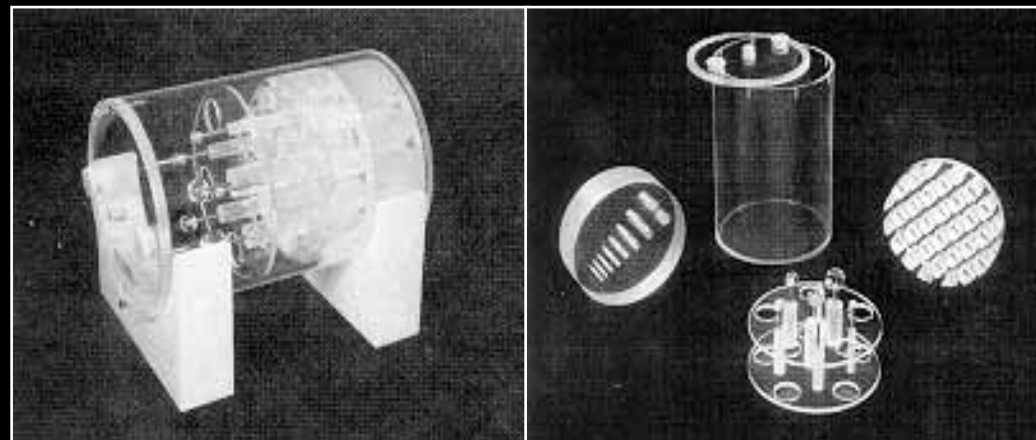
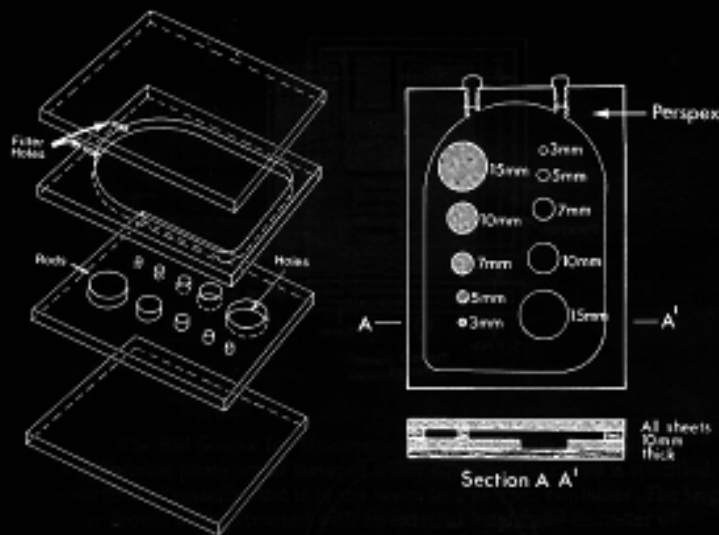
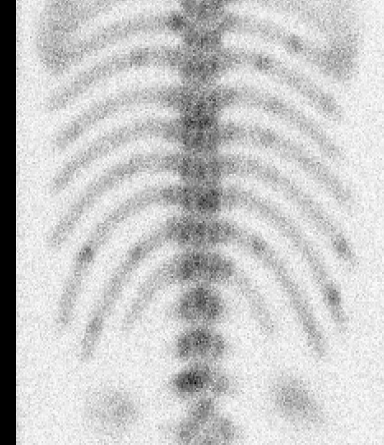
## sugárforrások:

- pontforrás
- vonalf.
- kollimált vonalf.
- folyékony f.

Tc-99m, Co-57, Ga-67

## fantomok:

- sáv fantom
- rés f.
- ortogonális lyuk f.
- teljes teljesítmény f.
- Jaszczak SPECT-f.:



# QC - minőség-ellenőrzés

fantomok:

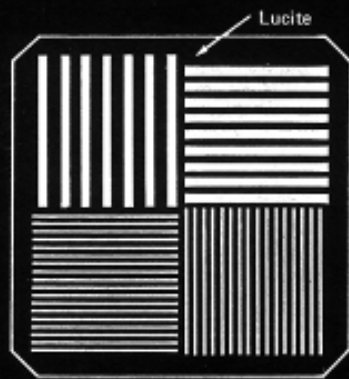
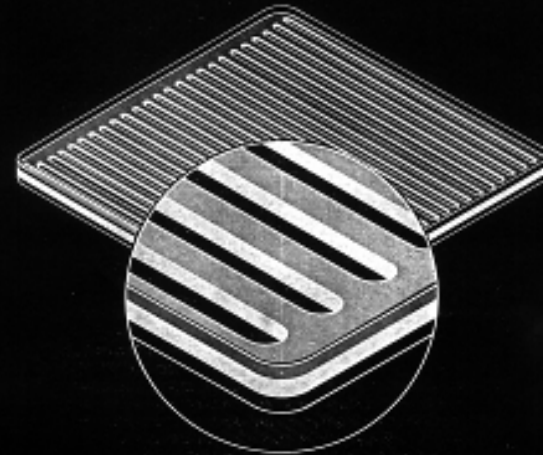
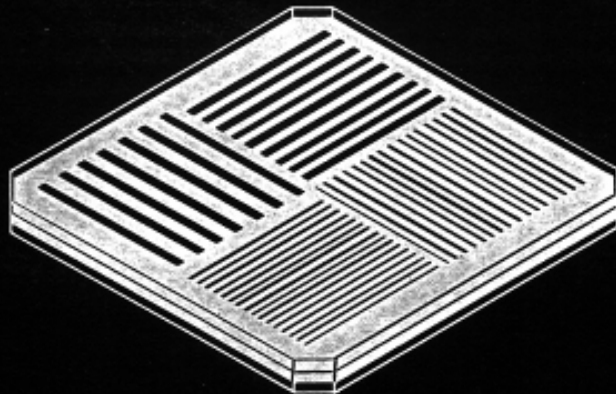
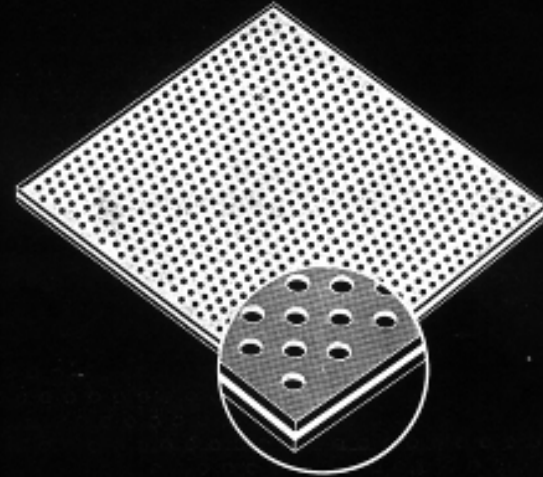
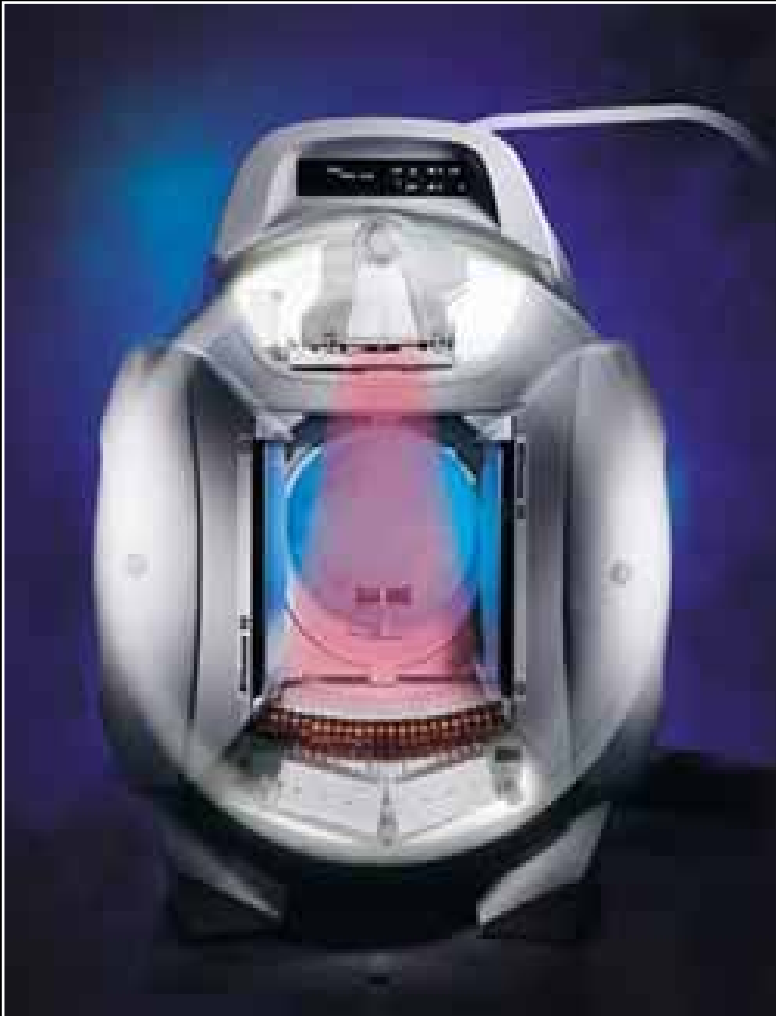


Figure A.5.a. 90° Bar quadrant phantom.



# SPECT/CT



2-detektoros **SPECT** + 1/4/64  
szeletes **CT** - közös gantry-n

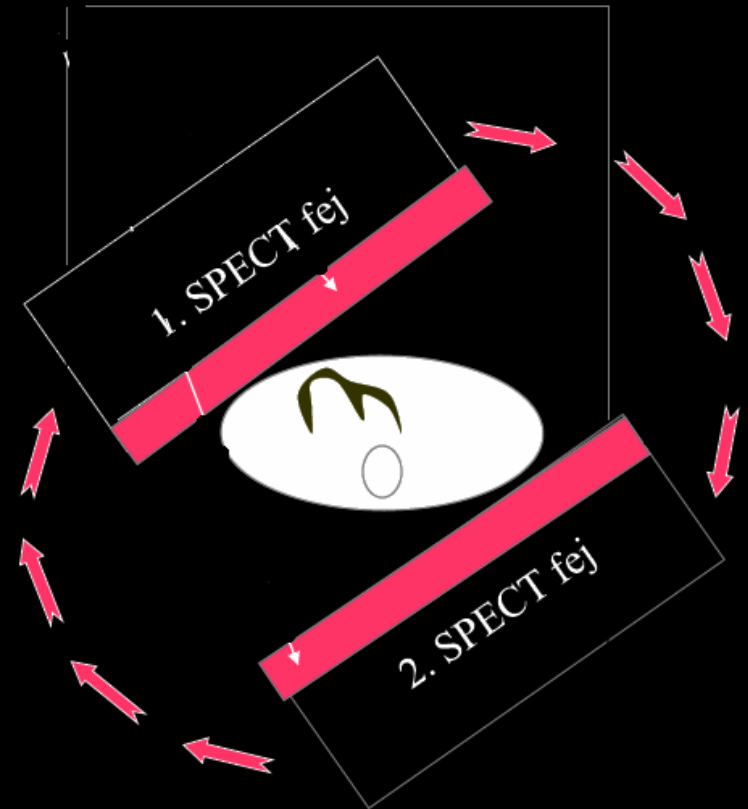
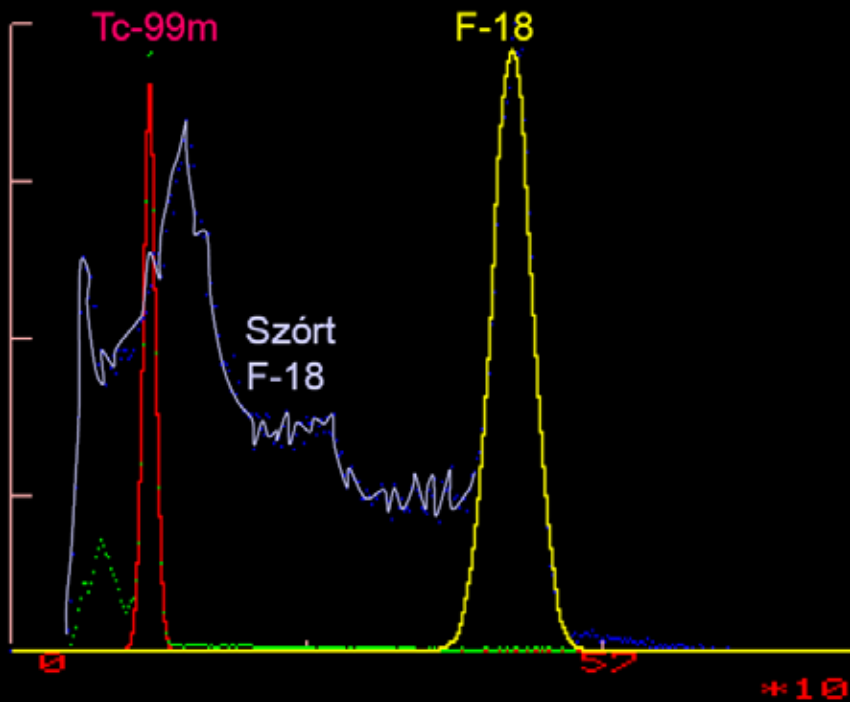
- pontos képfúzió

- CT-adatok → gyengülés-korrekción

→ SPECT/PET, SPECT/MR...

# „DISA” SPECT

dupla izotóp („Double isotope, simultaneous acquisition”):  
Tc-99m és F-18 egyidejű impulzusgyűjtés

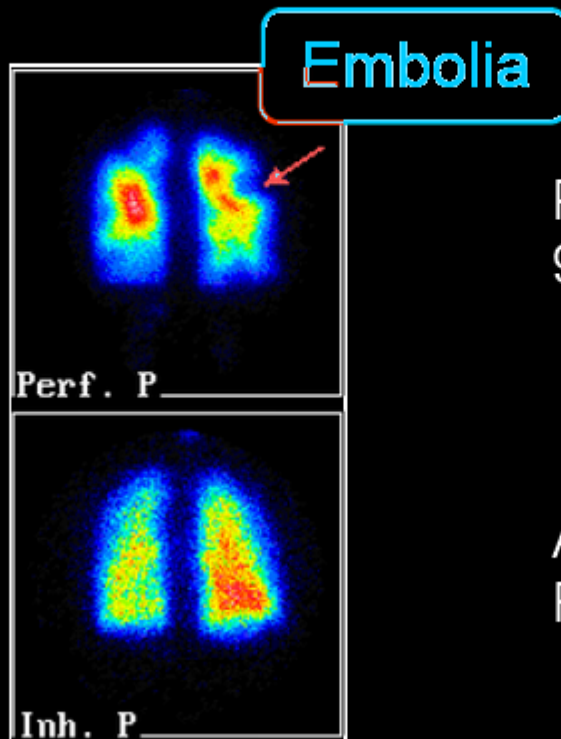


# Kettős jelzéses vizsgálatok

- Tüdő perfúzió és ventilláció

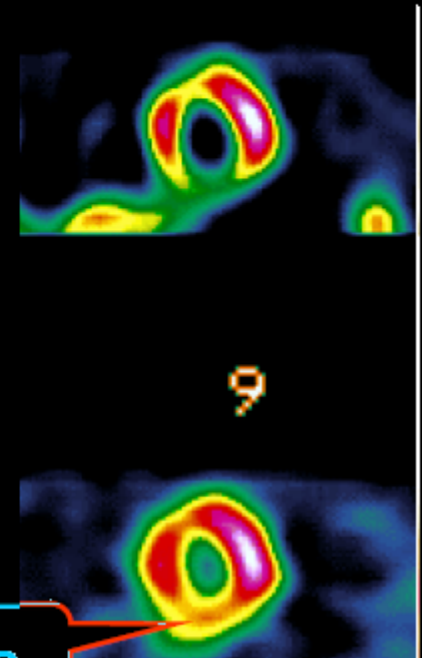
- Szívizom perfúzió és anyagcsere SPECT (nagy energiájú kollimátorral)

Perfúzió:  
99m-Tc MAA



Ventilláció:  
Kr-81m gáz


Perfúzió:  
99m-Tc MIBI



Anyagcsere:  
F-18 FDG

**Életképes**

# Pozitron-sugárzók leképezése

- **Gammakamera nagy energiájú kollimátorral:**
  - igen alacsony érzékenység
  - rossz felbontás
- **Dedikált PET kamera**
  - a legjobb képminőség
  - drága
- **Gammakamera-detektorok koincidencia-módban:**
  - a kezelhető fluxus korlátozott
  - ||  gyengébb képminőség
- - kedvezőbb ár a PET-nél

# Képfeldolgozás

Emissziós leképezés behatároló tényezői:

- korlátozott felbontás → résztérfogat-hatás (távolságfüggő)
- sugárgyengítés
- szórás
- a vizsgált szerven kívüli nagy aktivitás (pl. szívvizsgálatnál a májban)
- fiziológiás mozgás (légzés, szívverés)



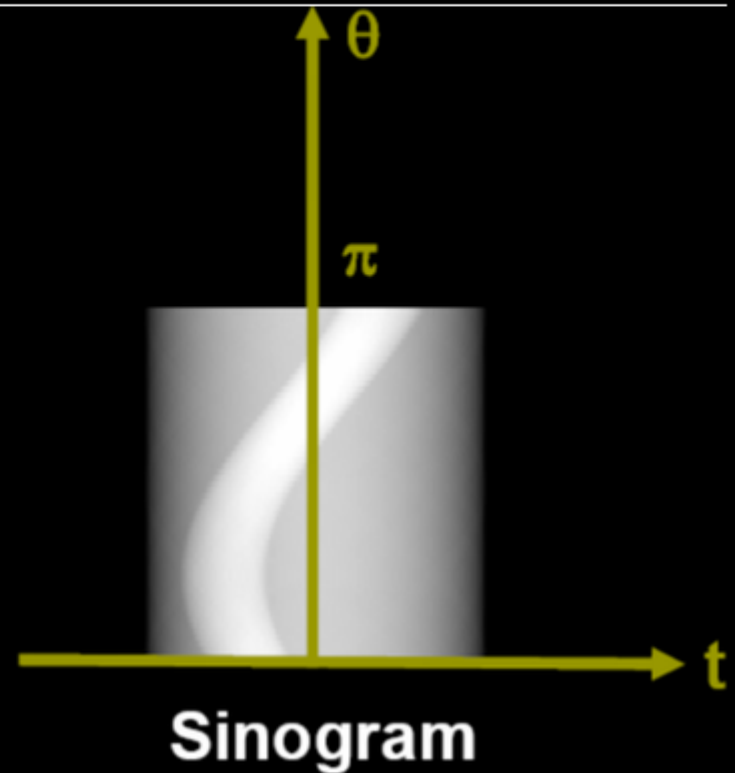
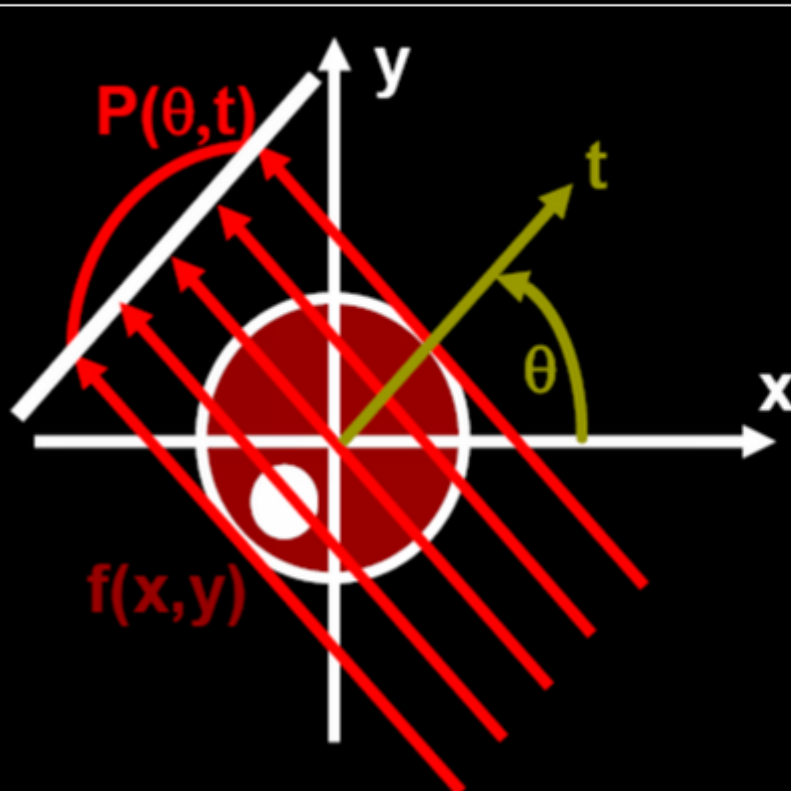
# Képfeldolgozás

- a kijelzés javítása: paletták, normalizálás, küszöbök, interpolálás
- képszűrés: zajcsökkentés, részletgazdagság javítása
- számszerű eredmények nyerése: részterületekből, görbék, különbségek, összevetés normál tartománnyal, viszonyítás...
- változások elemzése: idő-aktivitás görbék, parametrikus képek és részterületek átlaga, változás
- képek összekapcsolása: egésztest-leképezés, hibrid leképező eszközök, térbeli illesztés (regisztráció), együttes kijelzés (fúzió)
- térbeli eloszlás: rekonstrukció és korrekciói, újraszeletelés, metszetek, 3D pont metszetei

# Képfeldolgozás

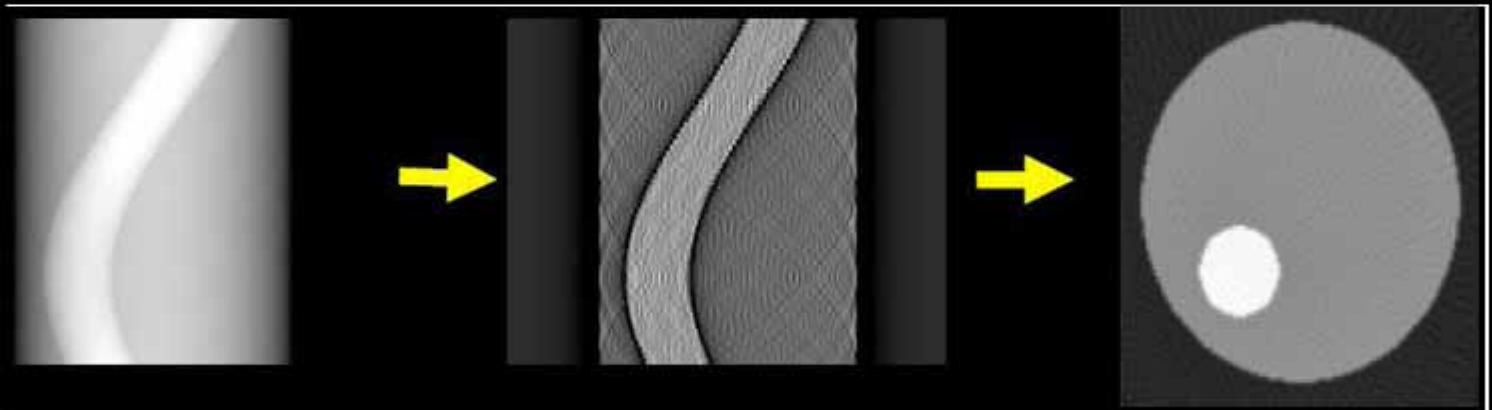
**Vetület:** összeg egymással párhuzamos vetítési egyenesek mentén

**Sinogram:** különböző irányú vetületek együtt



# Szűrt visszavetítés

Visszavetítés szűrés nélkül  
⇒ „szétkent” kép



Ramp (=emelkedő, rámpa)  
szűrés a sinogramon

# Szűrők

Az ablak-függvény megadja, milyen frekvenciákat „engedünk át”.

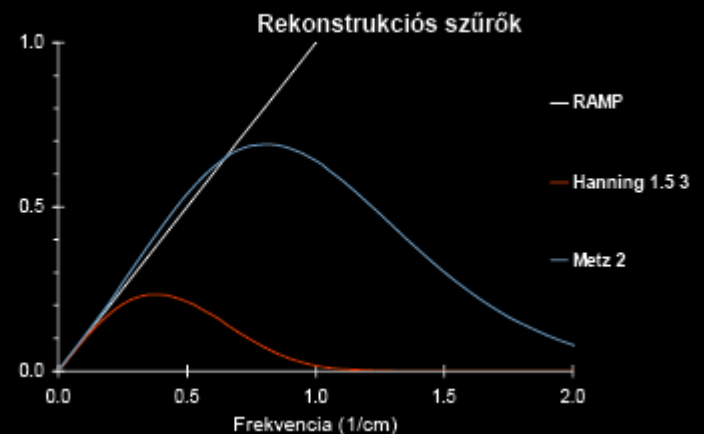
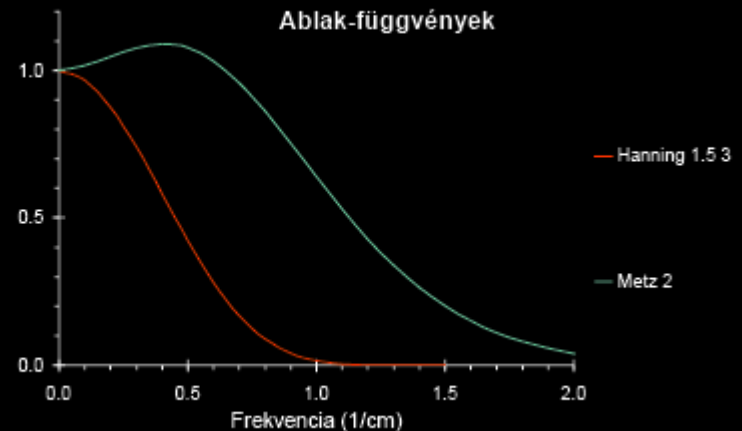
Fourier-térben: komponensenkénti szorzás

→ elnyomjuk a magas frekvenciákat

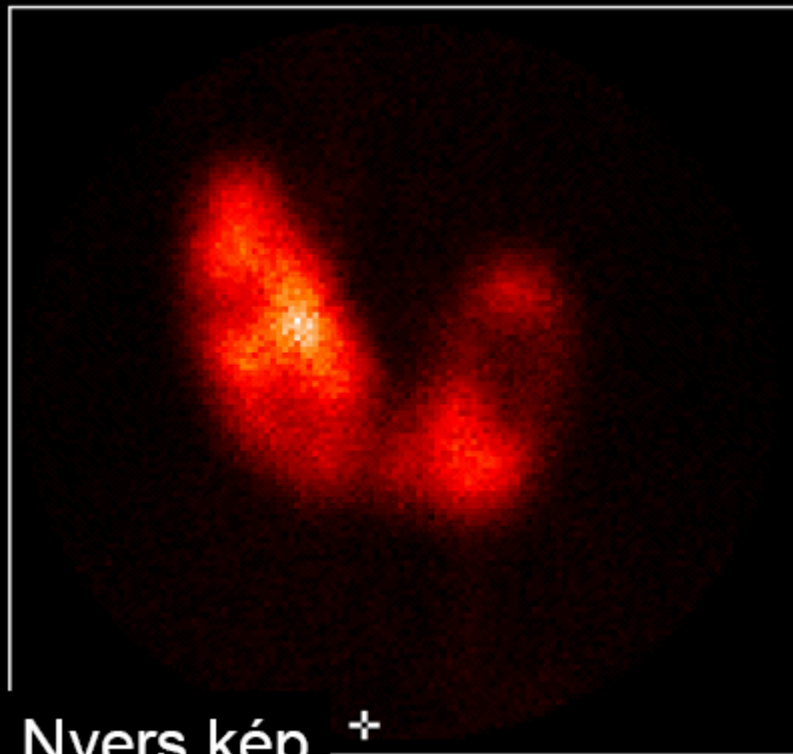
- Hann, Hamming, Butterworth, Shepp-Logan, Parzen
- helyreállító szűrő:  $>1$  lehet az ablak-fv. (Metz, Wiener)

A ramp-szűrő felerősíti a ZAJT

→ az ablak-függvénnyel szorozzuk



# Szűrők



# Iteratív rekonstrukció

## Elv:

- az eloszlás becslése
- vetületek számolása a becsült eloszlásból
- a becsült vetület kivonása a mértből
- az eloszlás módosítása a különbséggel

## Módszerek:

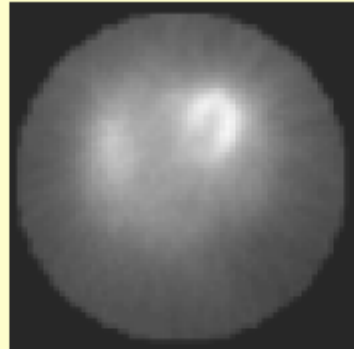
- EM: „expectation maximization”
- ML-EM: maximum likelihood EM
- OS-EM: ordered subsets EM

# Iteratív rekonstrukció

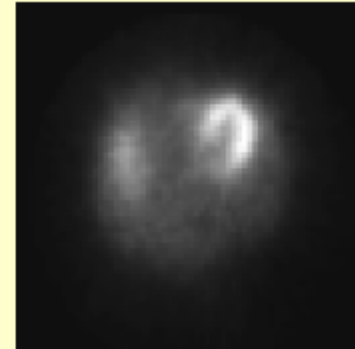
szívizom-leképezés:



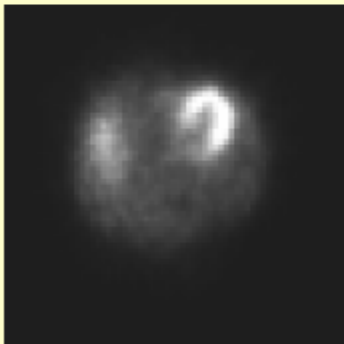
**Initial Estimate**



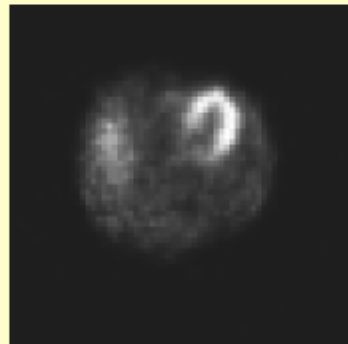
**1 Iteration**



**3 Iterations**



**5 Iterations**



**12 Iterations**



**100 Iterations**

# Izotópterápia

**Nyílt radioaktív preparátum** beadása betegeknek terápiás céllal. A radioaktívan jelzett anyag az elpusztítandó sejtbe vagy közvetlen közelébe kerül, és ott (lokálisan) fejt ki hatását (célzott sugter.).

A terápiát általában  $\beta$ - (esetleg  $\alpha$ -) **sugárzó** radionuklidokkal végezzük  $\leftarrow$  béta-sugárzás döntően a kibocsátás helyének közvetlen környezetére (néhány mm-en belül) hat.

**A leggyakrabban végzett radioizotópos terápia-fajták:**

- A hyperthyreosis radiojód-terápiája
- Pajzsmirigy carcinoma áttétek radiojód-terápiája
- MIBG-terápia neuroblastomában
- Radioimmun terápia
- Üregi terápia
- Csont-áttétek palliatív (fájdalomcsillapító) terápiaja

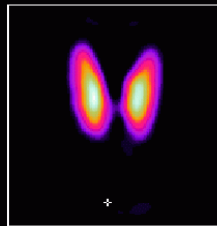


# A hyperthyreosis radiojód-terápiája

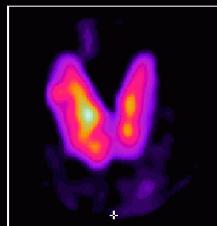
Basedow-Graves betegség, autonom adenoma → 185-740 MBq I-131 NaI-dal (oldat vagy kapszula formájában) → hyperthyreosis végleges megszüntetése

beadandó aktivitás-mennyiség ← pajzsmirigy tömege, jódsanyagcsere paramétere (a jódfelvétel mértéke és a pajzsmirigyből való kiürülés sebessége) – Mo.-on 555 MBq alatti aktivitásmennyiség ambuláner is beadható

**Graves -kór:**

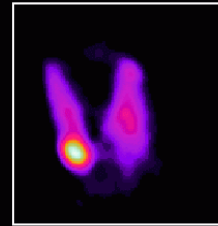


göb nélkül: 70 Gy

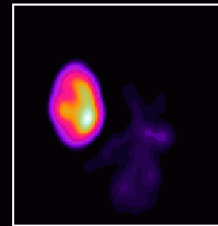


göbökkel: 100 Gy

**Toxikus (multi)noduláris golyva:**



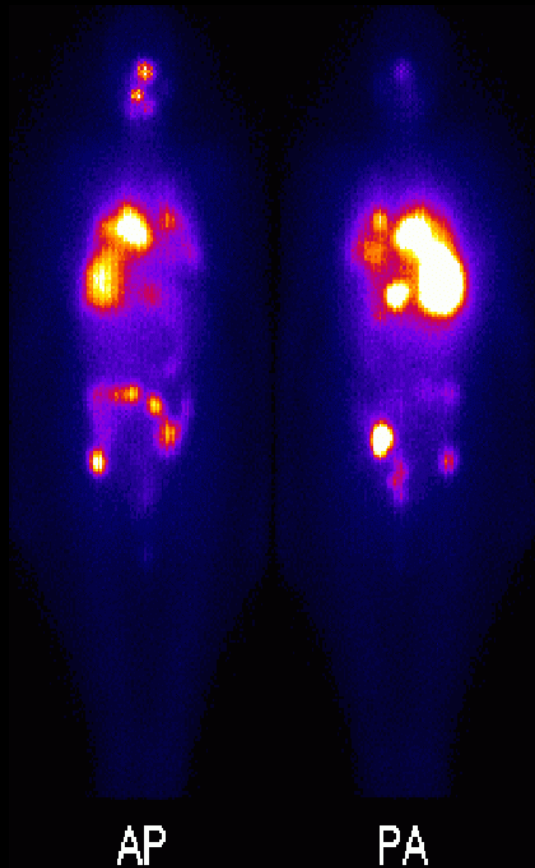
teljes pajzsmirigyre: 150 Gy



a göbre: 350 Gy

# Pajzsmirigy carcinoma áttétek radiojód-terápiája

Pajzsmirigy differenciált sejtes (folliculáris és papilláris) carcinomái gyakran **radiojódot vesznek fel** (mértéke kisebb, mint a normális pajzsmirigy-szövet jódfelvétele) → ezen rákok is "hideg" göbként ábrázolódnak → thyreoidectomia után azonban radiojód-felvételük alapján **a lokális kiújulás és áttétek is ábrázolódnak**



# Radioimmun terápia

~ immunszcintigráfia, az **antigén-antitest reakció specificitásán alapul**: valamely tumor-antigén ellen (általában egérben) ellenanyagot termeltetnek → ezt klónozzák és *in vitro* monoklonális antitestet állítanak elő → azt terápiára alkalmas radioizotóppal megjelzik → beadva az megkeresi az adott fajta antigént tartalmazó tumort

**monoklonális antitest +  $\beta$ -sugárzó radioizotóp:**

Jód-131, Lutécium-177, Rénium-186, Yttrium-90

**DE:**

- csak olyan tumorok kezelhetők, amelyek antigén determinánsai ellen specifikus monoklonális antitest állítható elő
- a jelzett antitest viszonylag igen kis hányada kötődik a tumorszövethez
- főként a tumor felületére hat
- gyakran a beadott antitest ellen antitest (HAMA, "human anti-mouse antibody") termelődik a betegben → kezelés nem ismételtető, mert a HAMA immunkomplexet képez a terápiás radiofarmakkal

# Üregi terápia

Radioizotópot **közvetlenül testüregbe adjuk** (nem a vérárammal vagy nyirokkeringéssel jut oda)

## - Ízület

indikáció: krónikus ízületi gyulladás

## - Mellüreg

indikáció: palliatív kezelés a tumoros eredetű folyadék újratermelődésének lassítása céljából

## - Hasüreg

indikáció: palliatív kezelés a tumoros eredetű folyadék újratermelődésének lassítása céljából

## - Agyburkok közti tér

indikáció: agyburkokat érintő leukémia

## - Cysták

indikáció: cysticusan elfajult agydaganat, ha a műtét nagy kockázattal jár

A radiofarmakont **kolloidok formájában** adják

# Csontáttétek izotópterápiája

**cél** = tumort pusztító D → fájdalomcsillapító hatás elérése (10-140 Gy)

olyan multiplex, fokozott osteoblast tevékenységet mutató csontáttétes betegeknél, ahol a daganatellenes kezelés és a nem kábító hatású fájdalomcsillapító együtt sem elegendő

## kontraindikációk:

- súlyos myelosupressio (gv. nyomás)  
(thrombocyta szám  $< 120 \times 10^9/l$ , leukocyta szám  $< 3 \times 10^9/l$ )
- károsodott vesefunkció (se-kreatinin  $> 120 \mu\text{mol}/l$ )
- terhesség
- szoptatás

# A radiofarmakon

- **szelektíven halmozódik** a metasztázisban (áttét) = csontaffin (met./normál csont ~ 16/1 !)

- Ca-analóg - maga az izotóp:  $^{89}\text{Sr}$

- inaktív csontaffin vegyület: foszfonátok, +  $\beta$ -sug. izotóp

-  $\beta$ -sug.

- E: magas (810-2225 keV)

- hatótávolság: néhány mm (3-12 mm)

- felezési idő: hosszú (1,95-50,5 d)

- **kísérő  $\gamma$ -sugárzás** (előny?) – leképezés lehetséges

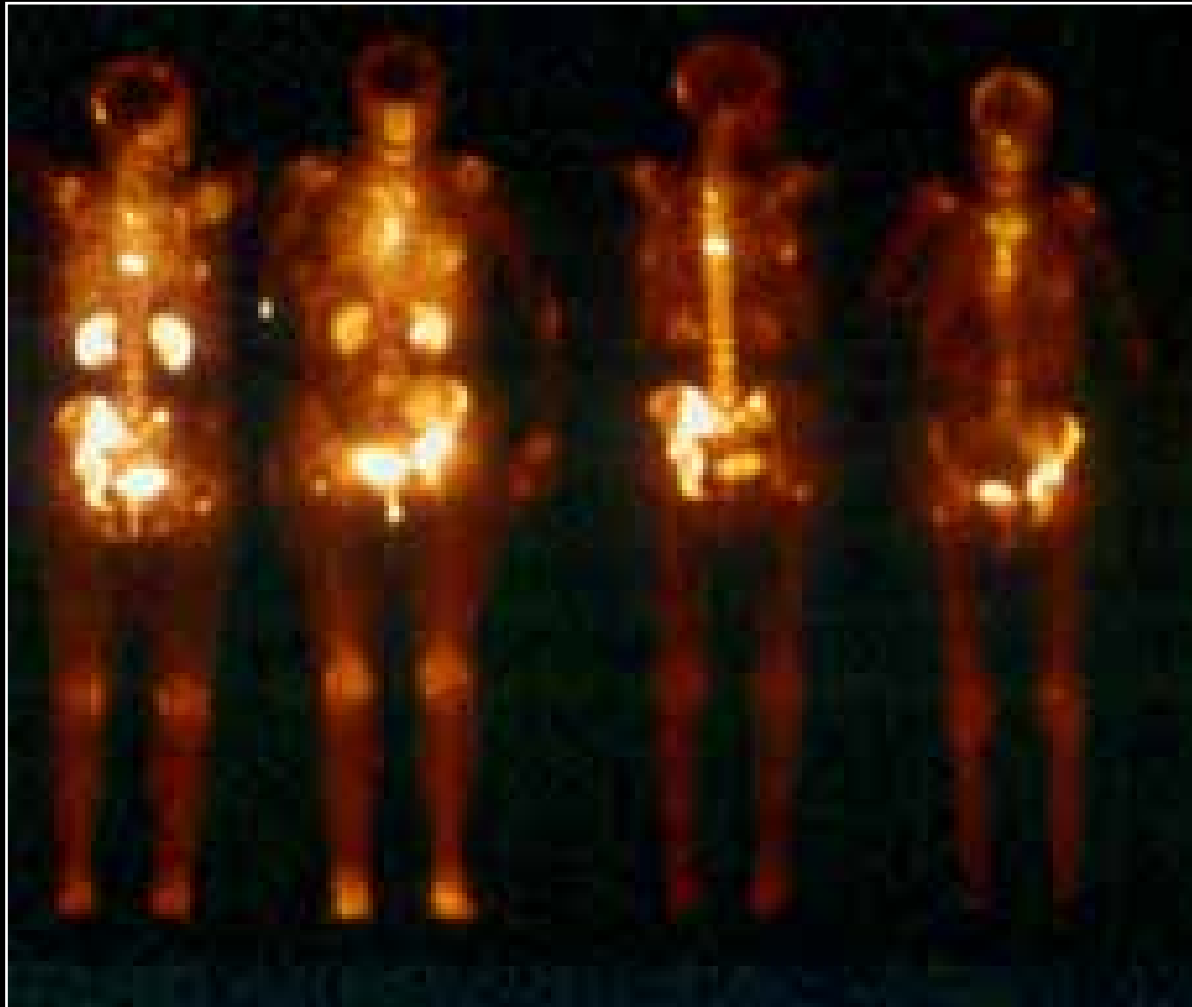
- vérből, vizeletből **gyorsan ürüljön** (néhány h)

# A radiofarmakon

Tc-99m-EDTMP

Tc-99m-MDP

met/norm.:  
9/1



met/norm.:  
3/1

terápiás

diagnosztikus radiofarmakon

# Terápia

DE!!!

nem kezelés, csak PALLIÁCIÓ!!!

→ csonttörés veszélye megmarad, csak fájdalom nélkül!





# Sugáregészségügyi teendők

1. Tájékoztatás

2. Beleegyező nyilatkozat

3. 1-1,5 l folyadék itatás (vagy infúzió)

→ bőséges vizeletürítés

- személyi higiénia (alapos kézmosás)

- WC többszöri öblítése

- vizelettel szennyezett ruha elkülönítése

→ többszöri, bő vízzel mosás

- inkontinens beteg → katéter elkülönítése

4. **Közlekedés:** 3-4 h után otthonába bocsátható

- tömegközlekedés is használható

- mentőszállítás → nem megkülönböztetett, „sugárveszély”  
jelzés nem kell

# Sugáregészségügyi teendők

## 5. Egyéb:

szoros kontaktus kerülése az első néhány napon (főleg gyerekekkel, terhesekkel, szoptató anyákkal)

Izotóp beadása után közvetlenül a betegtől 1 méterre csupán:

**1-10  $\mu\text{Sv/h}$**

→ *Elbocsáthatóság határértéke : 25  $\mu\text{Sv/h}$ !*

***Sugáregészségügyi okokból is ambuláns terápiaként végezhető!***

# Sugáregészségügyi teendők

## Személyzet védelme

### 1. Kórterem:

- elkülönített kórterem nem szükséges
- „sugárveszély” jelzés nem szükséges

2. **Védőruha** → nem szükséges – a beteg csak 3-4 h után kerül fekvőosztályra

3. **Védőkesztyű** → kontamináció veszélye

4. **Szennyezett ruhák** elkülönítése

5. **Katéter** elkülönítése

***Köszönöm a figyelmet!***