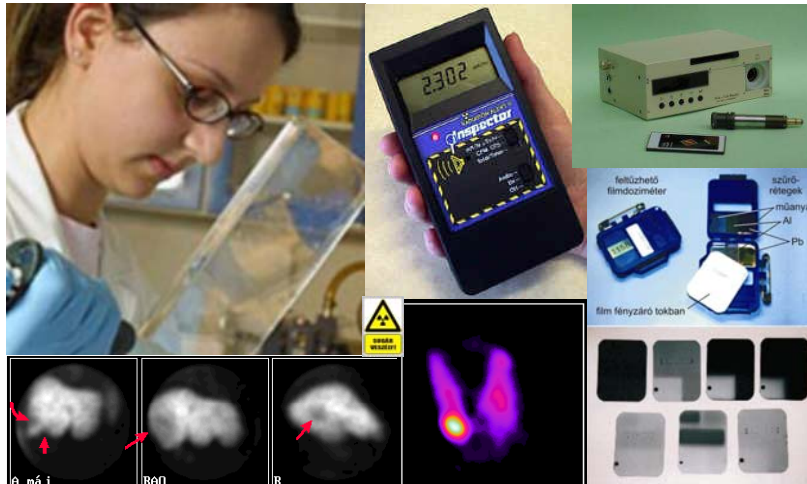


Radioaktív sugárzások az orvosi gyakorlatban



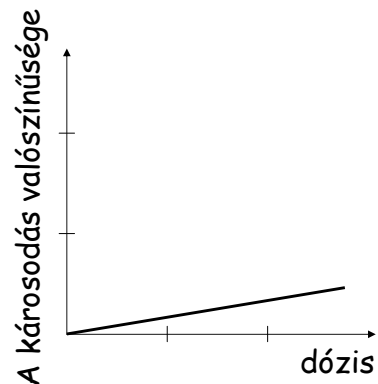
Dr Smeller László Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

Az ionizáló sugárzások biológiai hatása

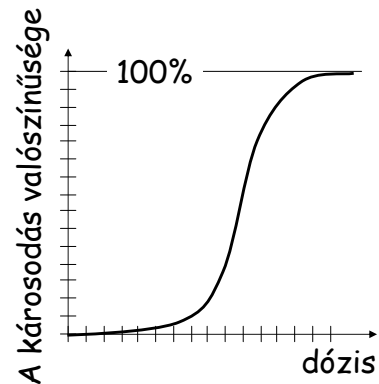


A sugárhatás osztályozása

Sztokasztikus



Determinisztikus



A sugárhatás osztályozása

Sztokasztikus

Kis dózisok esetén
Kevés számú találat
Véletlenszerűen kialakuló
Nincs küszöbdózis
Súlyosság f. len a dózistól



Sugárveszélyes
munkahelyen dolgozók,
rtg. ill.
izotópdiagnosztikai
vizsgálatok páciensei

Determinisztikus

Nagy dózisok esetén
Sok találat
Törvényszerűen kialakuló
Van küszöbdózis
Súlyosság nő a dózissal



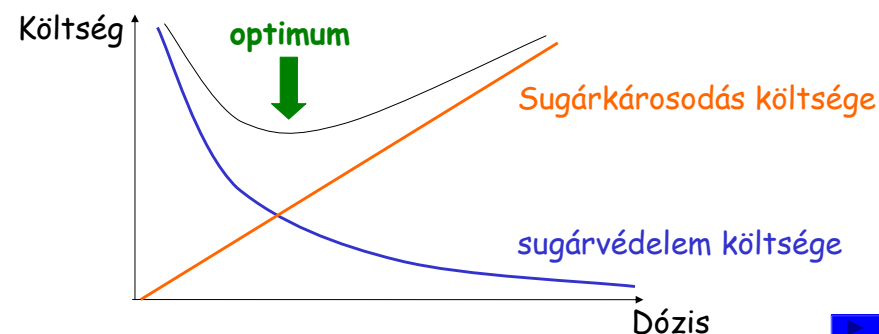
sugárbalesetek
Sugárterápia

Sugárvédelem és dozimetria

A sugárvédelem feladata:
dózisteljesítmény mérés
szennyezettség mérés
személyi dózismérés

ALARA elv

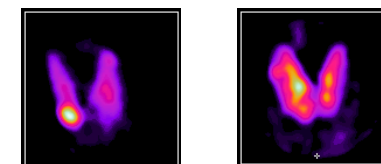
- As Low As **Reasonably** Achievable
- Olyan kevés, ami **ésszerűen** elérhető



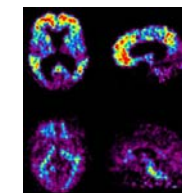
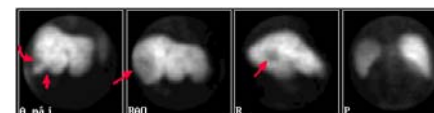
Dóziskorlátok-veszélyek

Elfogadható kockázattal járó sugárterhelés
Ez alatt sem biztonságos a sugárzással végzett munka!
(a sztochasztikus károsodás arányos a dózissal!)

Minden veszélyes!



Az
izotópdiaгностика
fizikai alapjai



• Bevezetés

- Az izotóp kiválasztásának szempontjai
- Izotópdiagnosztikai vizsgálati technikák

Bevezetés

Izotóp : azonos Z különböző N különböző A
rendszám neutronsám tömegszám



Izotópdiagnosztika: olyan módszer, amely során a radioaktív **izotópok** által kibocsátott **sugárzás mennyiségének**, térbeli és időbeli **eloszlásának** detektálásával nyerünk **diagnosztikai információt**.

Milyen információt kaphatunk?

A vizsgált szerv mérete, működőképessége, a funkció sebessége (pl. pajzsmirigy jódfelhasználása)

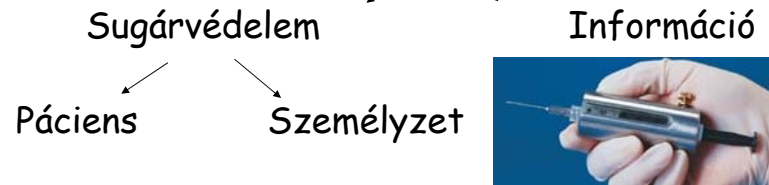


Hevesy György
1885-1966
1943 Nobel díj



Többletinformáció: Funkció! Morfológiai információ mellett a működés sebességét is megmérhetjük: hipofunkció - hiperfunkció
megj: ne keverjük össze a kontrasztanyaggal!!!

Általános szempontok:



Alapvető sugárvédelmi szabály: Az izotóp akkor a legveszélyesebb, ha inkorporálódik.
Most mégis ezt tesszük! Miért?

Cost-benefit elv:

Megéri-e a sugárkárosodás kockázata az így kapható információt? (Minden tevékenység veszélyes!)

Az izotóp kiválasztásának szempontjai

1. Melyik **elem** izotópját használjuk?
2. Mekkora **aktivitást** használunk?
3. Milyen hosszú legyen az izotóp **felezési ideje**?
4. Milyen **sugárzást** emittáljon az izotóp?
5. Mekkora legyen a sugárzás **energiája**?

1. Melyik elem izotópját használjuk?

Amelyik felhalmozódik a vizsgált szervben (kritikus szerv)

Tipikus pl. ^{131}I pajzsmirigy
 ^{59}Fe vörösvértest

De! Nincs minden szervnek
=> hordozómolekula

előny: (majdnem) szabadon választható az izotóp, az izotóp tulajdonságai **optimalizálhatóak** a sugárvédelem és a mérés szempontjából

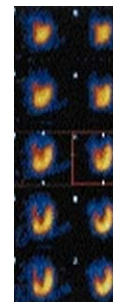
Megj:nagyon **kis mennyiség!** pmol (ld. jegyzet 34-36 feladatok) ilyen kis mennyiségben nem mérgező!

Az elemek periódusos rendszere

2. Mekkora aktivitást használunk?

sugárvédelem:
kicsit

detektálás:
nagyot



„arany középút”
MBq...100 MBq

függ a mérés idejétől is!
gyors méréshez nagy Δ kell! pl. szív

Detektált γ fotonok
száma Poisson
eloszlást követ:

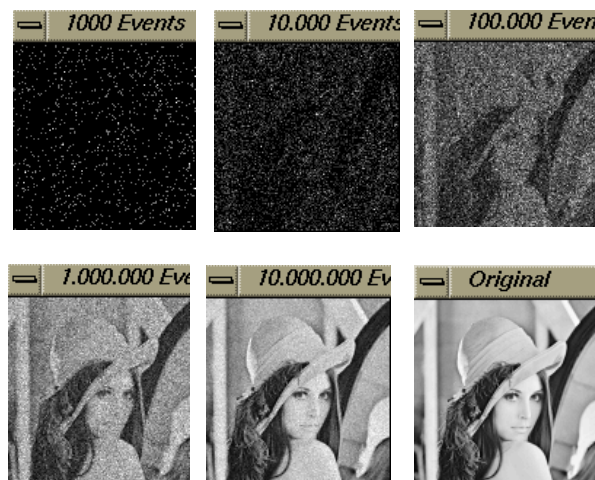
$$\sigma = \sqrt{\mu}$$

Pl:

$$N_{imp}=100 \approx \mu \Rightarrow \sigma=10 \text{ (10\%)}$$

$$N'_{imp}=10000 \approx \mu \Rightarrow \sigma=100 \text{ (1\%)}$$

Képmínőség ↔ Dózis



3. Felezési idő

$$A = \left| \frac{\Delta N}{\Delta t} \right| \quad \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$$

$$A = \lambda N = \frac{\ln 2}{T} N$$

A bevitt radioaktív atomok száma: $N = \frac{AT}{\ln 2}$

Mivel (majdnem) az összes radioaktív atom a testben bomlik el: $N \sim$ sugárterhelés

Ugyanakkora A mellett a sugárterhelés kisebb felezési idejű izotóp választásával csökkenthető!
 $\Rightarrow T$ legyen minél rövidebb

De!

- T nem lehet rövidebb, mint a vizsgálandó folyamat karakterisztikus ideje.

Pl. vvt élettartam \approx hónap

~~^{99m}Tc~~ $T = 6\text{h}$ (túl rövid!)
 ^{51}Cr $T = 28$ nap OK
 ~~^{60}Co~~ $T = 5$ év (túl hosszú!)

- Szállítás problémája:

$10 T$ alatt $A \rightarrow A/1000$

Pl.: ha $T = 2$ perc 20 perc múlva $1\text{MBq} \rightarrow 1\text{kBq}$

\Rightarrow a nagyon rövid felezési idejű izotópokat helyben kell előállítani! (ciklotron, Tc-generátor)

pl. ^{18}F 110 perc ^{15}O 2 perc (PET)

4. Milyen sugárzást emittáljon az izotóp?

α, β^+, β^- } *hatótáv* { $< \text{mm}$ } nem lép ki a testből
 } *szövetben* { mm-cm }

információt nem ad,
csak károsít

γ : csak részben nyelődik el, detektálható

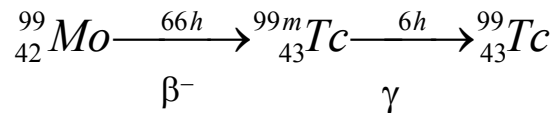
Az optimális izotóp csak γ sugárzást emittál!

kivétel PET, ahol β^+ izotópot használunk. (ld. később)

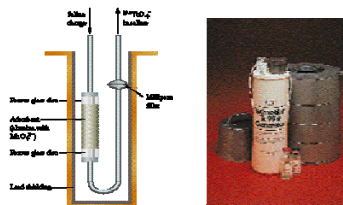
A tisztán γ -sugárzó izotóp:

- ritka
- izomer magátalakulás pl. ^{99m}Tc

Tc generátor



Időben szétválik a β^- és a γ kibocsátás.
Elkülöníthető a ^{99m}Tc ami tisztán γ -sugárzó.



5. Mekkora energiájú legyen a γ -foton?

nagy energia:

kevésbé nyelődik el a szövetekben (sugárkárosodás)
de nehéz detektálni

kis energia:

nagyrészt elnyelődik a szövetekben => károsít

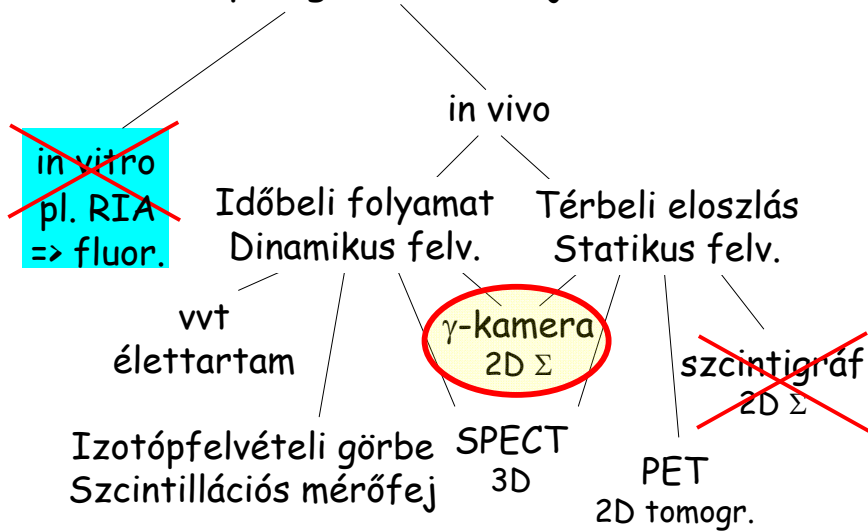
arany középút: néhány 100 keV optimális

^{99m}Tc : 140 keV OK

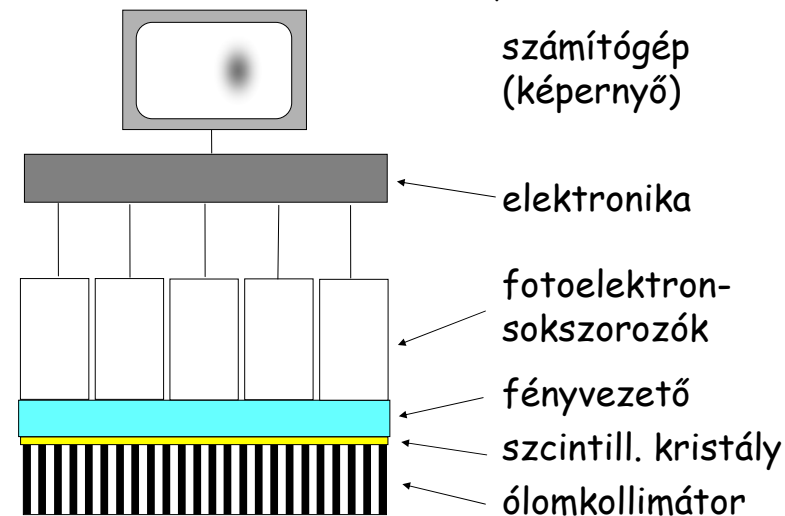
Optimális izotóp: ^{99m}Tc

nagyon sok vizsgálathoz használják
megfelelő hordozómolekulához kötve

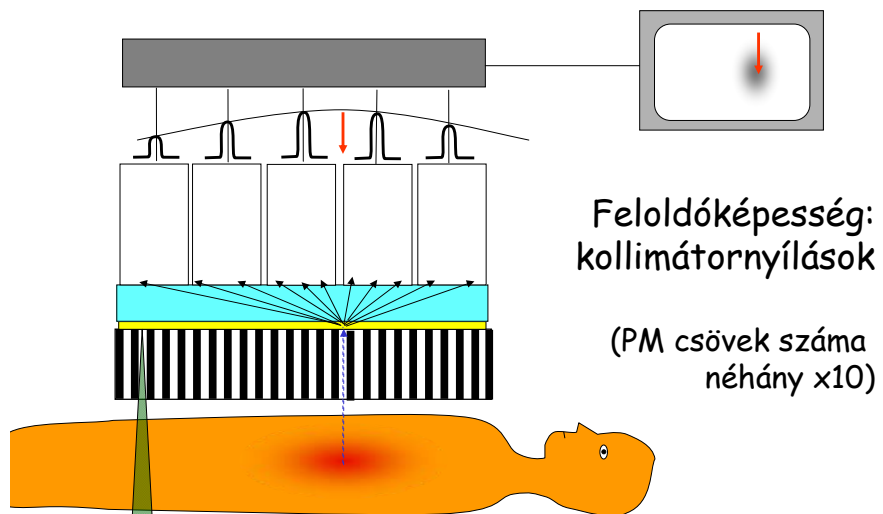
Izotópdiagnosztikai eljárások



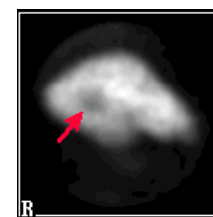
In vivo > Térbeli eloszlás > γ -kamera



In vivo > Térbeli eloszlás > γ -kamera

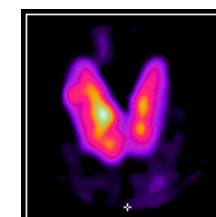


Hibrid berendezés (CT+SPECT)

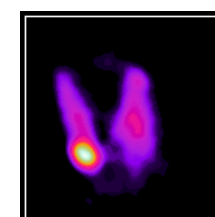


Máj metasztázis

^{99m}Tc fitát



hideggöb



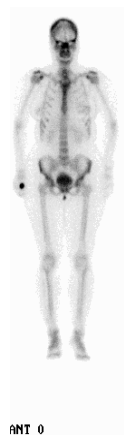
meleggöb

pajzsmirigy

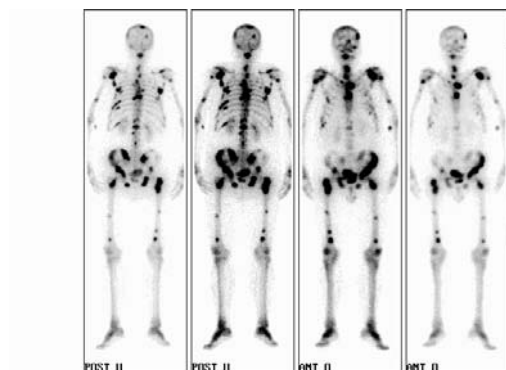
^{99m}Tc pertechnetát

Csontscintigráfia

^{99m}Tc -MDP: 600 MBq



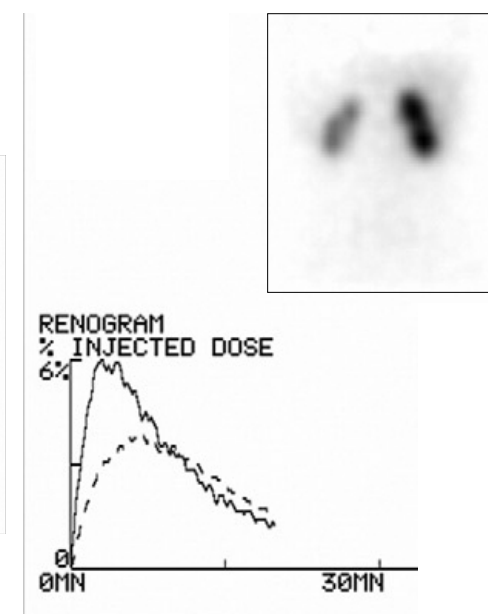
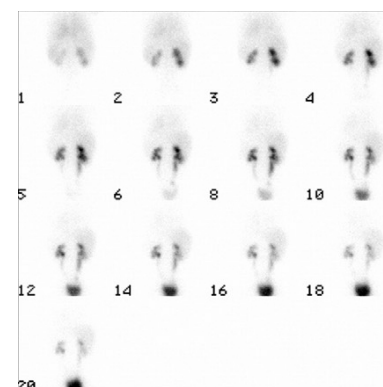
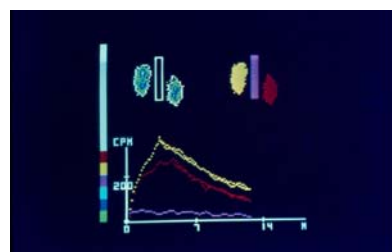
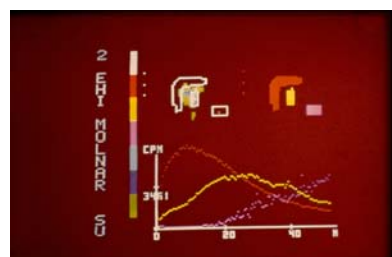
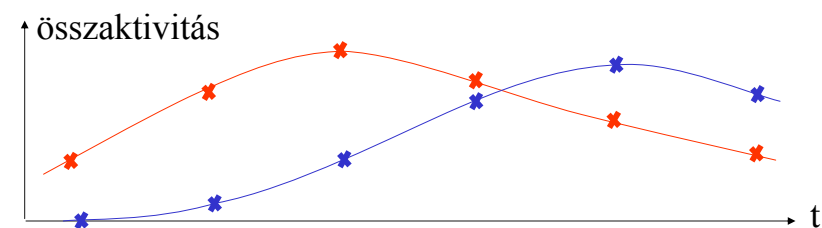
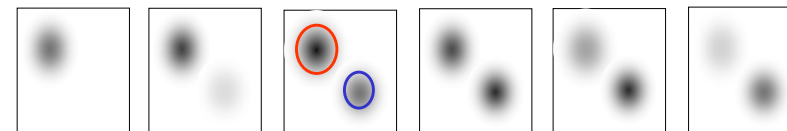
normális



metasztázisok

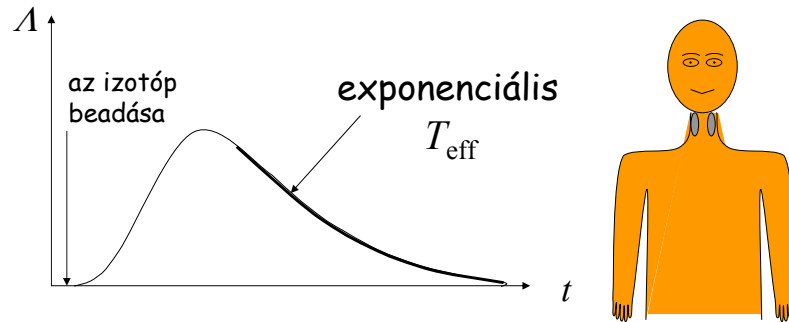
Időbeli és térbeli felvétel kombinálása:

Egymás utáni felvételek γ -kamerával



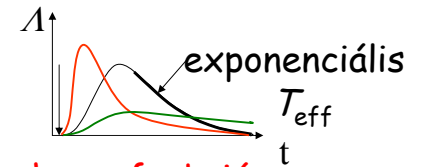
Tipikus izotópfelvételi görbe

pl: pajzsmirigy ^{131}I (jódfelvételi görbe)
 ^{131}I β^- -t is sugároz ezért manapság inkább $^{99\text{m}}\text{Tc}$
 pertechnetát $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$



Biológiai kiürülés
 + fizikai bomlás

A bomlási
 valószínűségek adódnak
 össze: $\lambda_{\text{fiz}} + \lambda_{\text{biol}} = \lambda_{\text{eff}}$



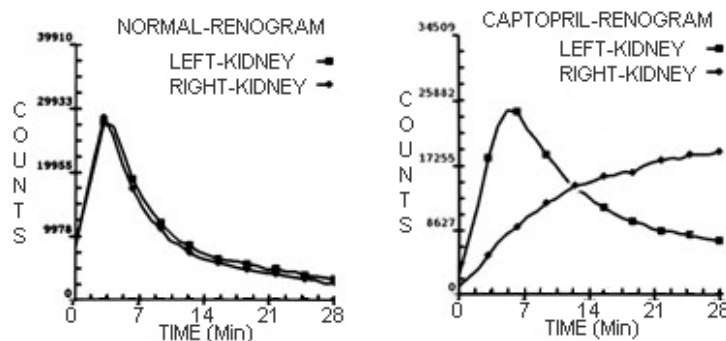
hyperfunkció
 hypofunkció

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} \rightarrow \frac{1}{T_{\text{eff}}} = \frac{1}{T_{\text{fiz}}} + \frac{1}{T_{\text{biol}}}$$

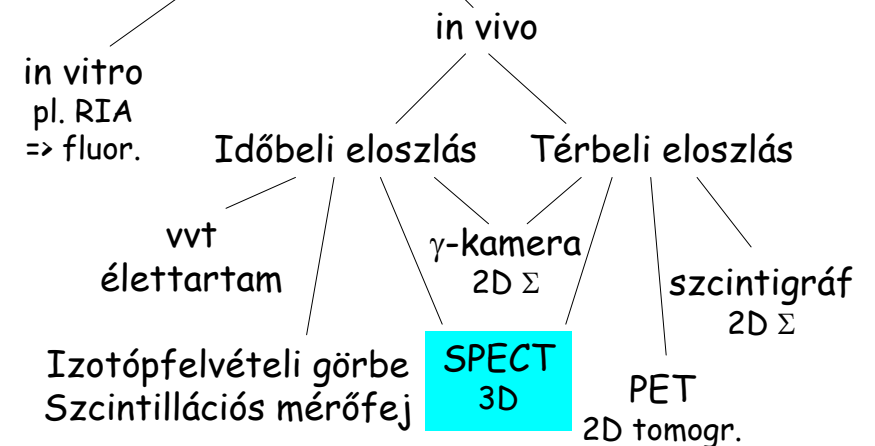
↑ mérjük
 ↑ tudjuk (táblázat)
 ↑ számoljuk

Ue. vesefunkció vizsgálatára (renográfia)

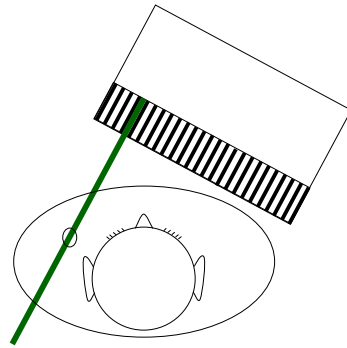
Vesefunkció vizsgálat (renogram)



Izotópdiagnosztikai eljárások



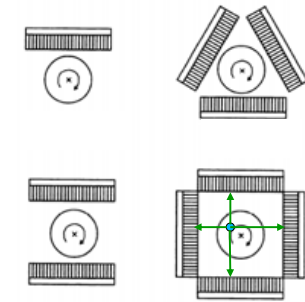
SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)



γ -kamera
forog

3 dimenzós kép
izotópeloszlás

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)

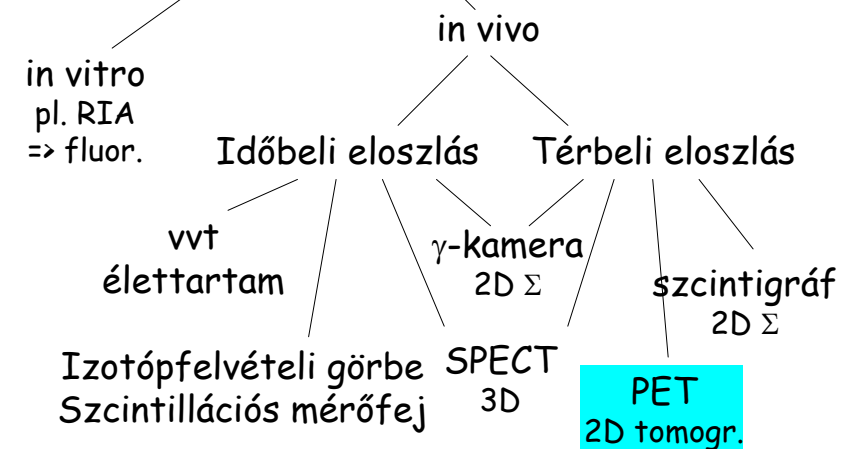


Különböző γ -kamera elrendezések

SPECT



Izotópdiagnosztikai eljárások



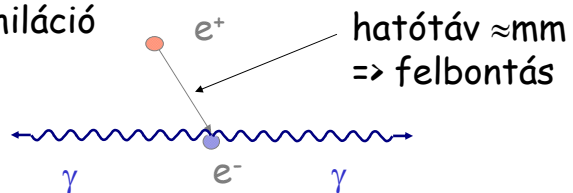
PET (Positron Emission Tomography)

Pozitron bomló izotóp!

Természetben nem fordul elő

Mesterséges előállítás (pl. ciklotron) helyben!

Pozitron annihiláció

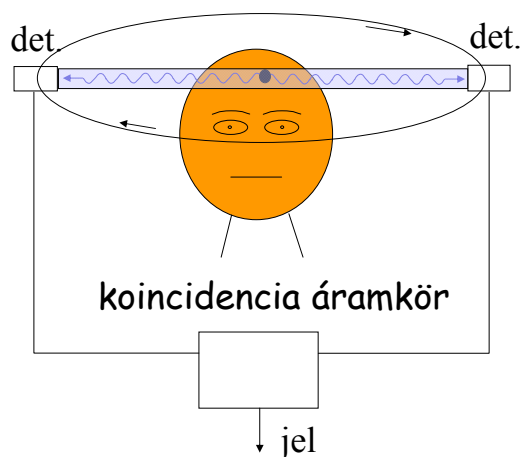


izotóp	T (perc)	E_{\max} (MeV)	átl. hatótáv (mm)
^{11}C	20,4	0,96	0,3
^{13}N	9,9	1,19	0,4
^{15}O	2,9	1,72	1,5
^{18}F	110	0,64	0,2
^{68}Ga	68	1,89	1,9
^{82}Rb	1,3	3,35	2,6

A táblázat adatait nem kell megtanulni!

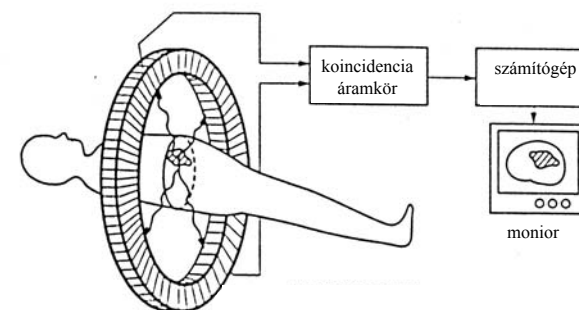
PET (Positron Emission Tomography)

elv:

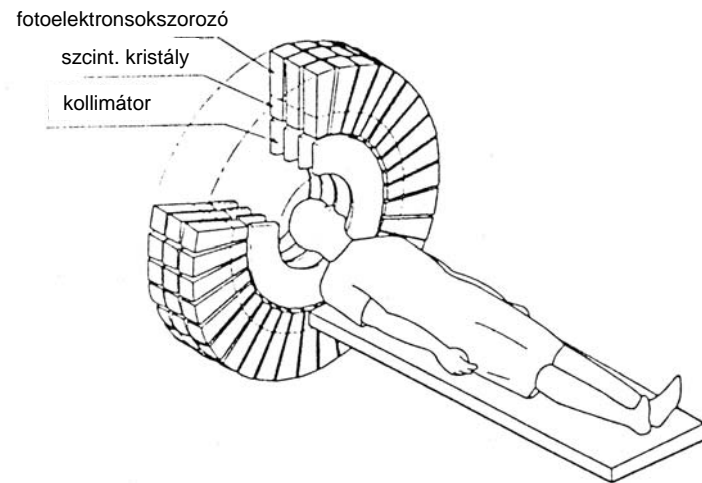


A PET gyakorlati megvalósítása:

Körkörös detektorgyűrűrendszer



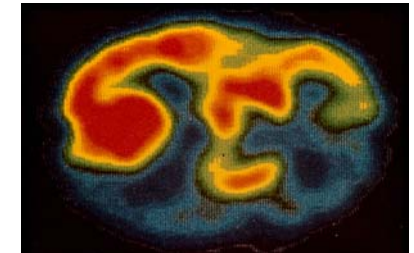
Többszörös detektorgyűrűrendszer => 3D kép



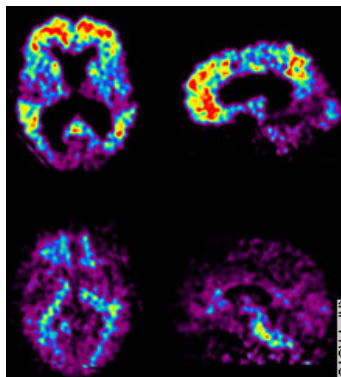
Tipikus vizsgálati szerv az agy
Radiofarmakonok:

^{11}C ^{18}N ^{15}O ^{18}F

FDG ^{18}F dezoxiglükóz



A vizsgálni kívánt tetszőleges biológiai folyamathoz kifejleszhető radiofarmakon. Pl. Alzheimer plakkok kimutatása korai stádiumban



CT és izotópdiagnosztika kombinálása

PET-CT

