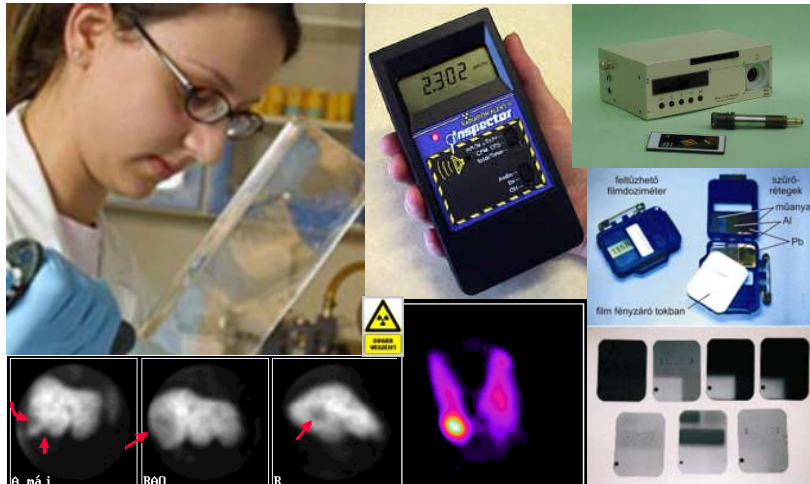


## Radioaktív sugárzások az orvosi gyakorlatban



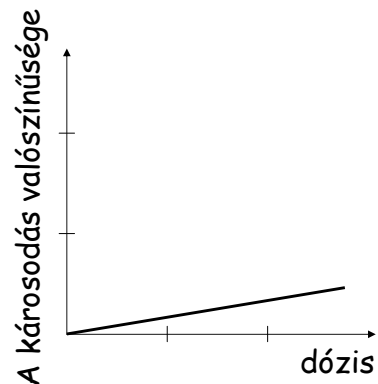
Dr Smeller László Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

## Az ionizáló sugárzások biológiai hatása

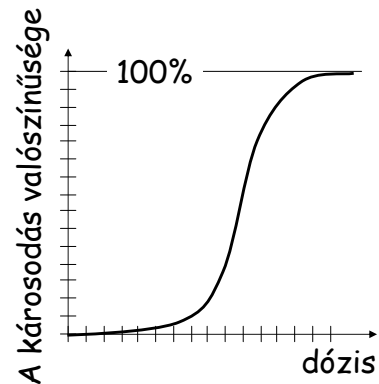


## A sugárhatás osztályozása

### 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

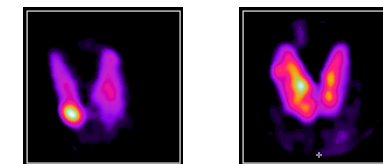
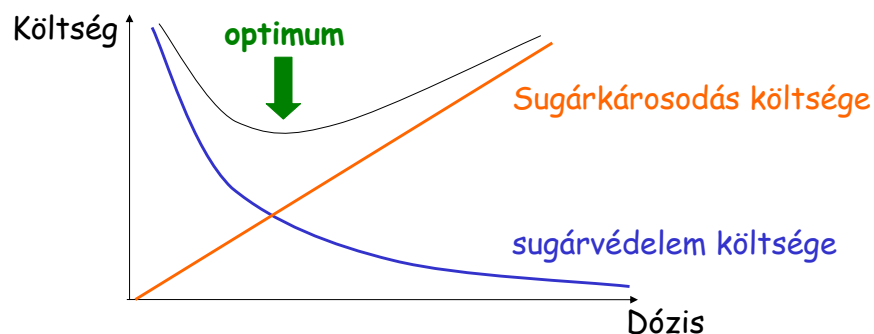
Nagy dózisok esetén  
Sok találat  
Törvényszerűen kialakuló  
Van küszöbdózis  
Súlyosság nő a dózissal



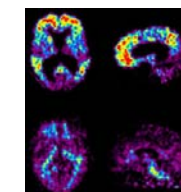
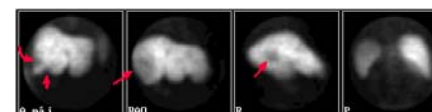
sugárbalesetek  
*Sugárterápia*

## ALARA elv

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



## Az izotópdiagnosztika fizikai alapjai

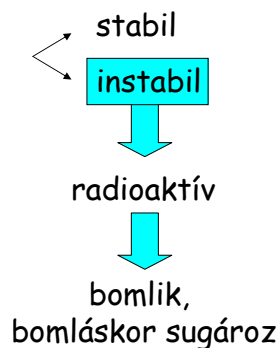


## Bevezetés

Izotóp: azonos **Z** különböző **N** különböző **A**  
rendszer neutronszám tömegszám

Egy elem különböző izotópjai

A kémiai tulajdonságokat az elektronburok határozza meg.  
**Z** = elektronok száma  
=> a stabil és instabil izotópok kémiai és biológiai viselkedése (anyagcsere!) megegyezik.  
De a **radioaktív** izotóp sugároz és **detektálható!**



Izotóp => radioaktív izotóp

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

Milyen információt kaphatunk?

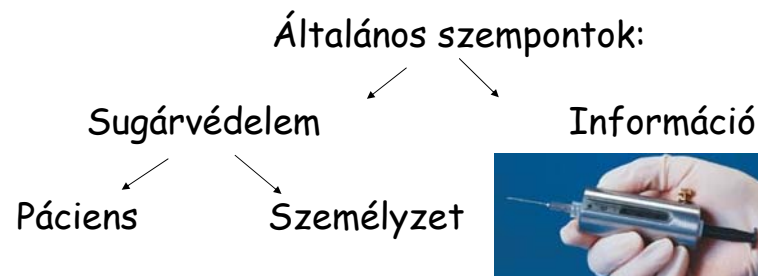
A vizsgált szerv mérete, működőképessége, a funkció sebessége (pl. pajzsmirigy jódfelhasználása)



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!!!



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 vizuálisan szervben (kritikus szerv)

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

De! Nincs minden szervben  
=> hordozómolekulát

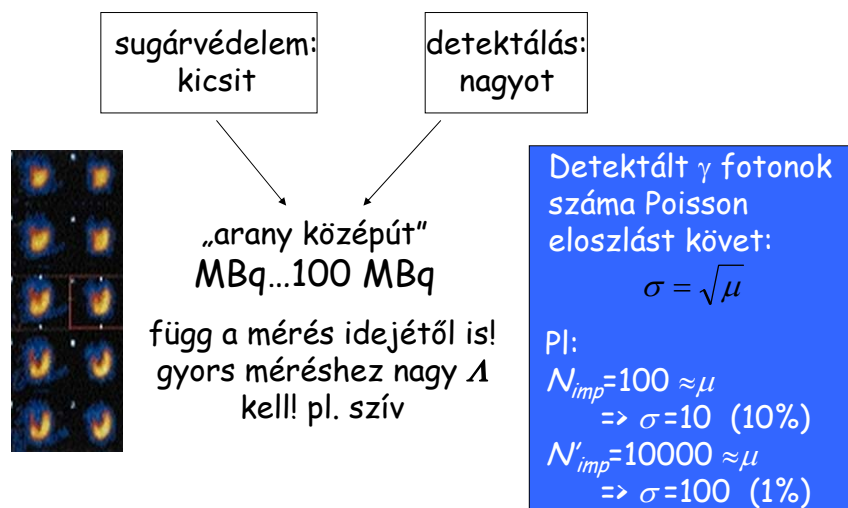
előny: (majdnem) szabadon választható az izotóp, az izotóp tulajdonságai **optimalizálhatóak** a sugárvédelem és a mérés szempontjából

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

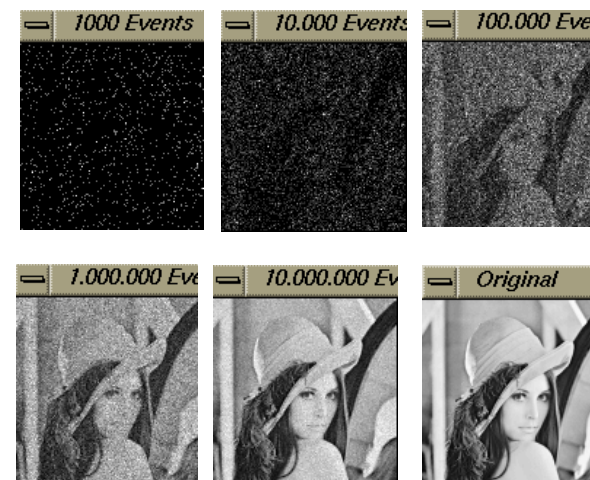
Az elemek periódusos rendszere

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

## 2. Mekkora aktivitást használjunk?



Képmínőség  $\leftrightarrow$  Dózis



## 3. Felezési idő

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

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

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

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

Ugyanakkora  $\lambda$  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

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

- Szállítás problémája:

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

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

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

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

#### 4. Milyen sugárzást emittáljon az izotóp?

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

információt nem ad,  
csak károsít

$\gamma$ : csak részben nyelődik el, detektálható

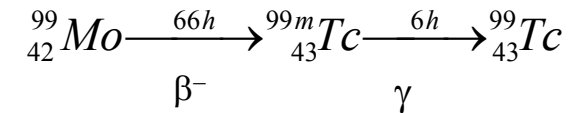
**Az optimális izotóp csak  $\gamma$  sugárzást emittál!**

kivétel PET, ahol  $\beta^+$  izotópot használunk. (ld. később)

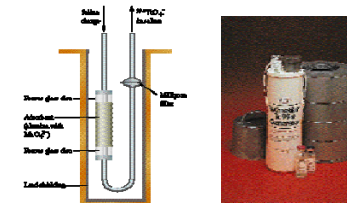
A tisztán  $\gamma$ -sugárzó izotóp:

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

#### Tc generátor



Időben szétválik a  $\beta^-$  és a  $\gamma$  kibocsátás.  
Elkülöníthető a  $^{99m}\text{Tc}$  ami tisztán  $\gamma$ -sugárzó.



#### 5. Mekkora energiájú legyen a $\gamma$ -foton?

nagy energia:

kevésbé nyelődik el a szövetekben (sugárkárosodás)  
de nehéz detektálni

kis energia:

nagyrészt elnyelődik a szövetekben => károsít

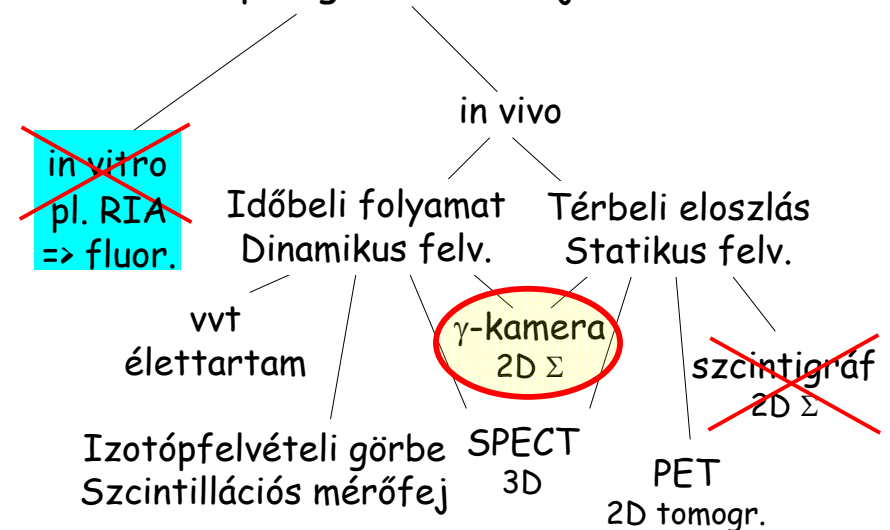
arany középút: néhány 100 keV optimális

$^{99m}\text{Tc}$  : 140 keV OK

Optimális izotóp:  $^{99m}\text{Tc}$

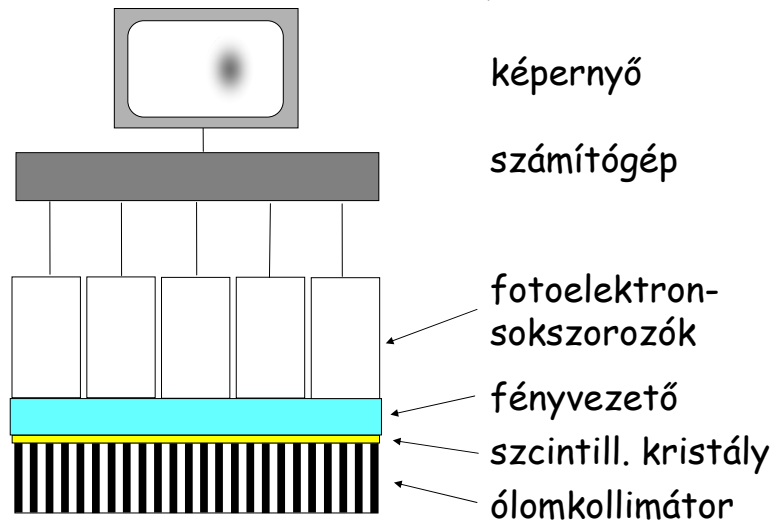
nagyon sok vizsgálathoz használják  
megfelelő hordozómolekulához kötve

#### Izotópdiagnosztikai eljárások

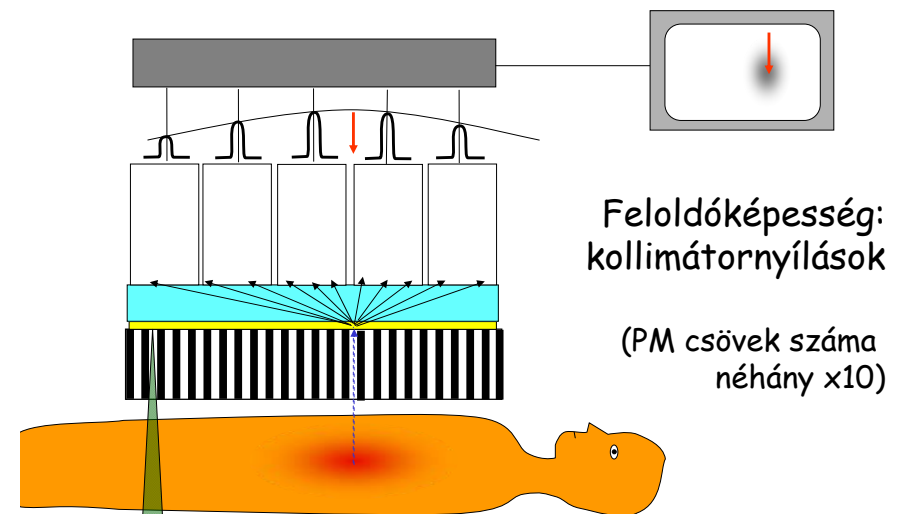


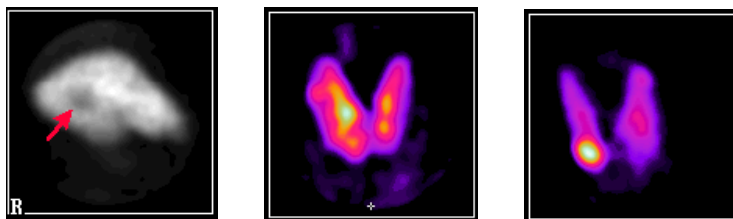


In vivo > Térbeli eloszlás >  $\gamma$ -kamera



In vivo > Térbeli eloszlás >  $\gamma$ -kamera





Máj metasztázis

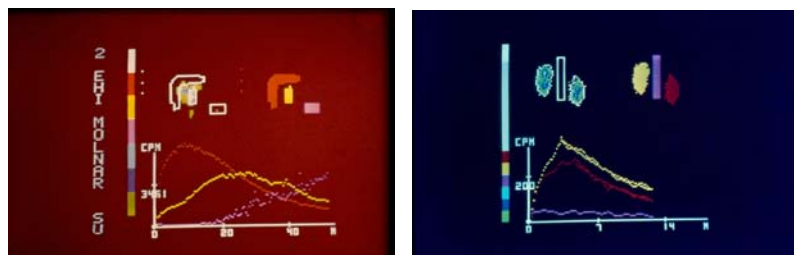
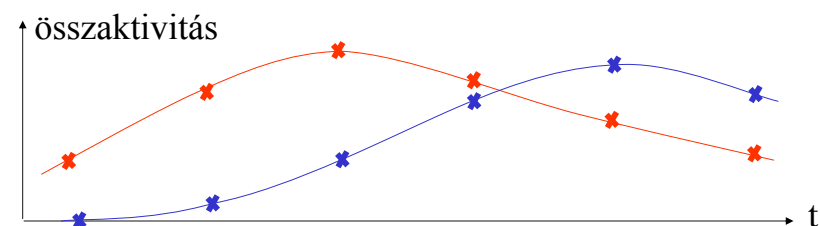
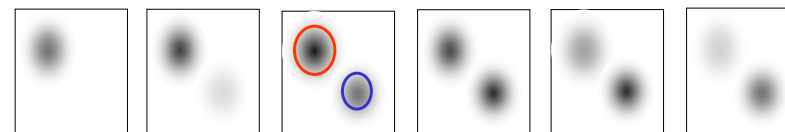
pajzsmirigy  
hideggöb meleggöb

$^{99m}\text{Tc}$  fitát

$^{99m}\text{Tc}$  pertechnetát

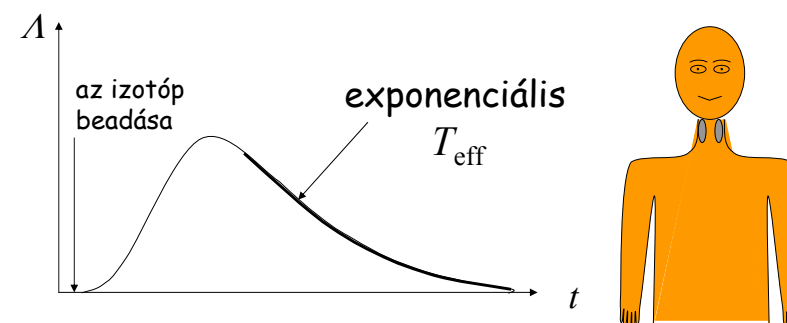
Időbeli és térbeli felvétel kombinálása:

Egymás utáni felvételek  $\gamma$ -kamerával



Az izotópfelvételi görbe jellemzői

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



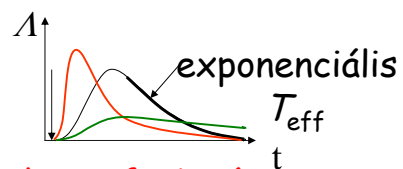
Biológiai kiürülés  
+ fizikai bomlás

A bomlási  
valószínűségek adódnak

össze:  $\lambda_{fiz} + \lambda_{biol} = \lambda_{eff}$

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

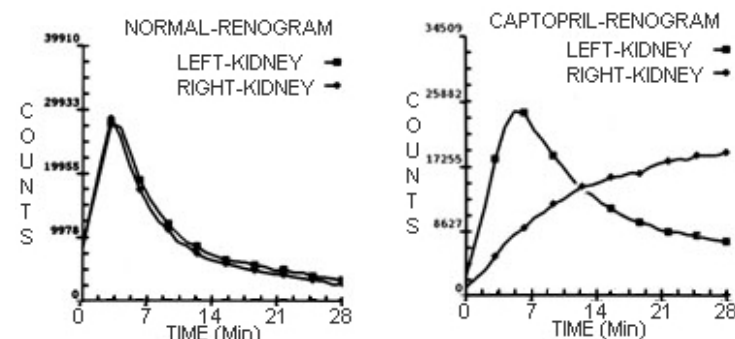
$\uparrow$  mérjük     $\uparrow$  tudjuk (táblázat)     $\uparrow$  számoljuk



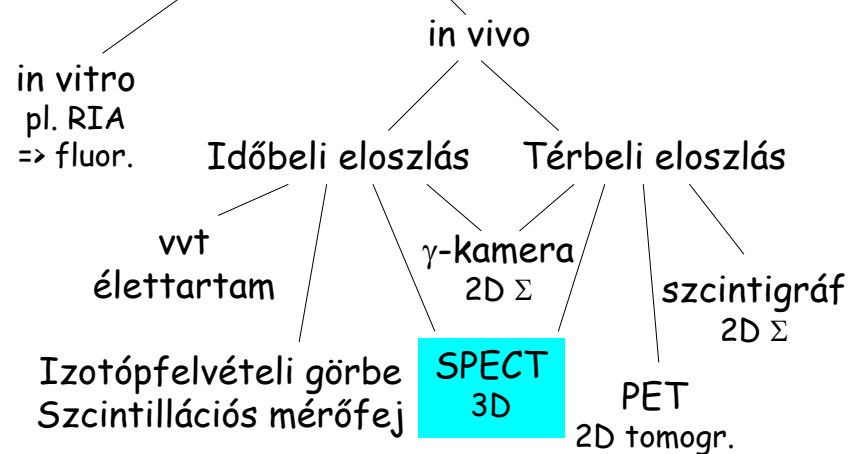
hyperfunkció  
hypofunkció

Ue. vesefunkció vizsgálatára (renográfia)

## Vesefunkció vizsgálat (renogram)

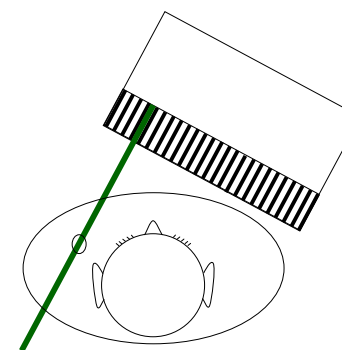


## Izotópdiagnosztikai eljárások



## SPECT

(Single Photon Emission Computed Tomography)



γ-kamera  
forog

3 dimenzós kép  
izotópeloszlás



## SPECT



## CT és izotópdiagnosztika kombinálása

### PET-CT

