

Izotópos mérés technika, alkalmazási lehetőségek

Dr. Voszka István

Radioizotópok orvosi, gyógyszerészeti alkalmazása

Az alkalmazás alapja:- A radioaktív izotóp ugyanúgy viselkedik a szervezetben, mint stabil megfelelője.
- Szervspecifikus vegyületek jelzése (radiofarmakonok)
(Hevesy György 1923 – első biológiai nyomjelzési kísérlet - kémiai Nobel-díj 1943)

Alkalmazási területek: - diagnosztika (in vivo, in vitro)
- terápia
- kutatás



(Ha diagnosztika + terápia = 100%, ebből 95 % a diagnosztika)

Radiofarmakonok

Radioaktivitással bíró kémiai ágensek vagy gyógyszerek. Izotóppal megjelölt készítmények, diagnosztikus ill. terápiás célra.
Előállításuk során a gyógyszerekkel szembeni minőségi és tisztasági követelményeknek kell teljesíteniük.

A gyógyszerkönyvben két csoportban találhatók radiofarmakonok:

- ATC V09 Radioaktív diagnosztikumok
- ATC V10 Terápiás célú radioaktív készítmények



In vivo diagnosztika

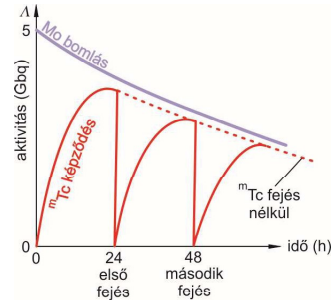
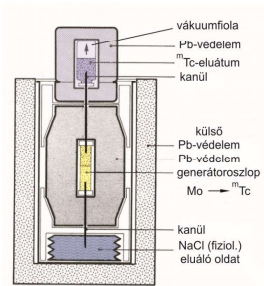
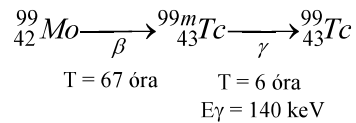
Az izotópok kiválasztásának szempontjai

- gamma-sugárzó (hatótávolság)
- rövid felezési idő (de ne legyen túl rövid)

$$\Lambda \sim N/T$$

- sem túl nagy, sem túl kis energia
(nagyobb fotonenergia → kevesebb nyelődik el a szövetekben, de rosszabb a detektálás hatásfoka)

→ ^{99m}Tc ideális



Az in vivo diagnosztikai alkalmazások legalább 75 %-ában ^{99m}Tc-t használnak, különböző szervspecifikus vegyületek jelzésére.
(pl. pirofoszfát – csont, kolloidok – máj és RES, albumin – keringés)

További, gyakran használt gamma-sugárzó izotópok: ¹²³I, ¹²⁵I, ¹³¹I (pajzsmirigy és vese), ⁶⁷Ga (gyulladásos és tumoros gócek), ²⁰¹Tl (szívizom), ^{81m}Kr, ¹²⁷Xe, ¹³³Xe (tüdő inhalációs vizsgálata)

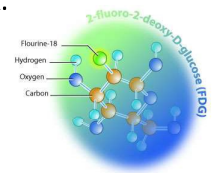
A Leggyakrabban alkalmazott pozitronsugárzó izotópok

(PET vizsgálatok során): ¹⁸F, ¹¹C, ¹³N, ¹⁵O

Jellemzően rövid felezési idejűek, előállításuk ciklotronban történik.

Leggyakrabban alkalmazott pozitronsugárzó radiofarmakon:

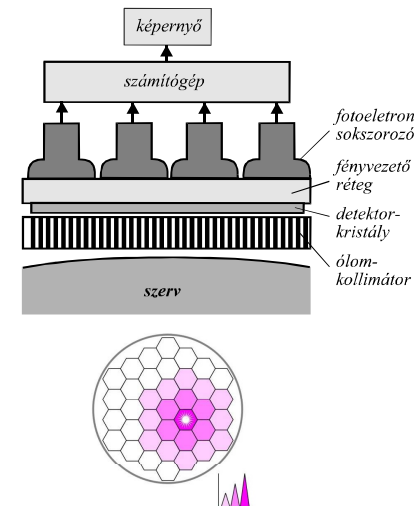
fluor-dezoxi-glükóz (FDG) – agyi aktivációs vizsgálatok.



Az izotópok eloszlása detektálható szcintillációs elven alapuló diagnosztikai berendezésekkel

- Szcintillációs számláló (l. gyakorlat!)
- Gamma kamera (Anger kamera)
- SPECT (single photon emission computed tomography)
- PET (positron emission tomography)

Gamma kamera

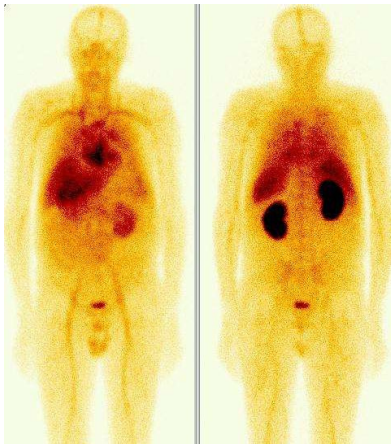


Hal Anger
(1920-2005)



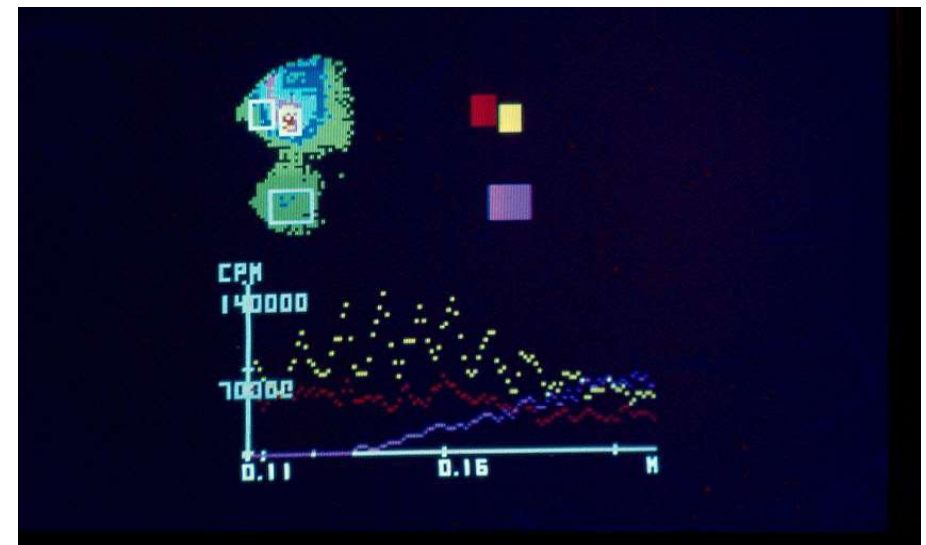
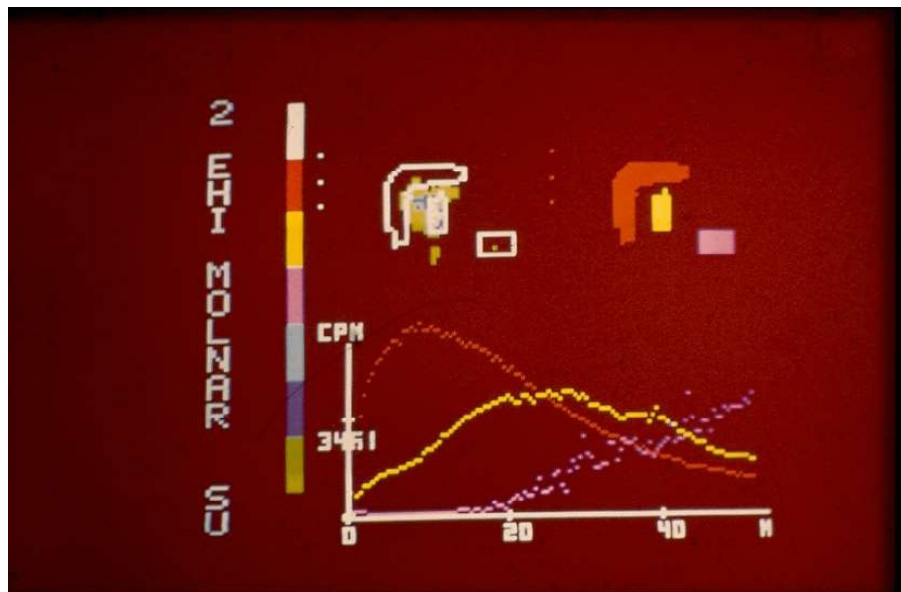
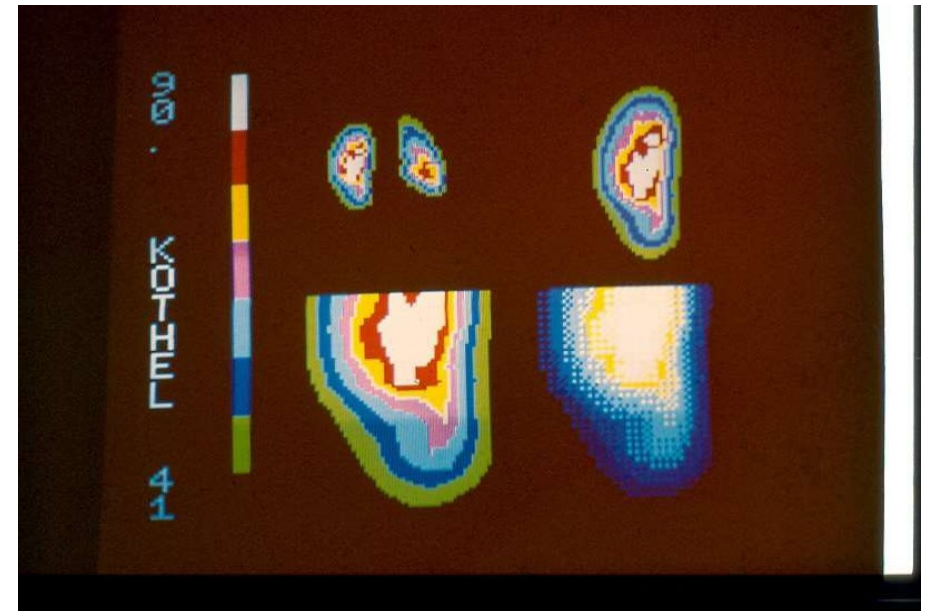
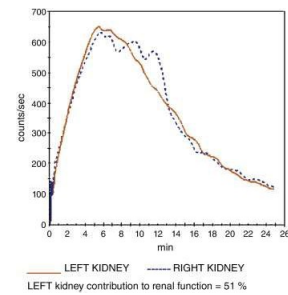
Statikus vizsgálat (szcintigram)

- az izotóp térbeli eloszlása vizsgálható

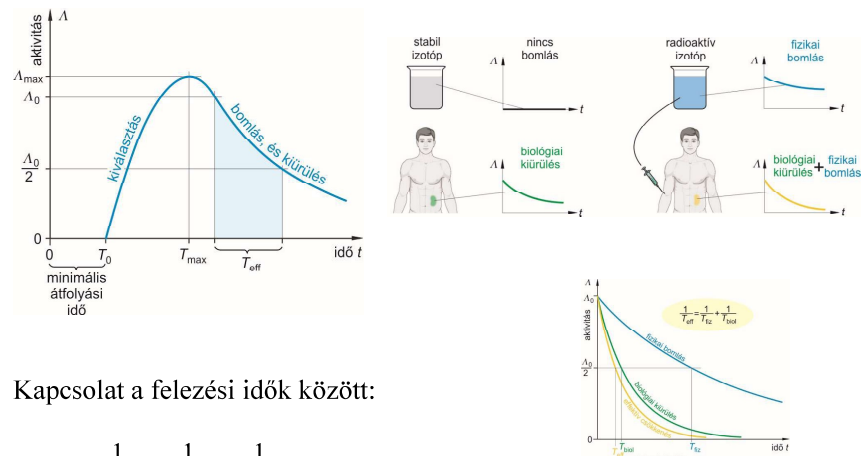


Dinamikus vizsgálat

- az aktivitás időbeli változása követhető egy kijelölt területen (ROI – Region Of Interest)



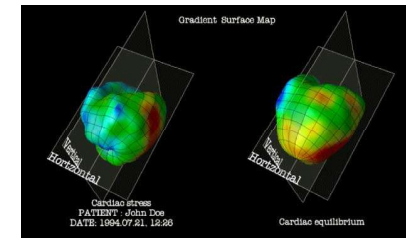
Az aktivitás különböző időpontokban történő méréséből nyerhető az izotóptárolási görbe



Kapcsolat a felezési idők között:

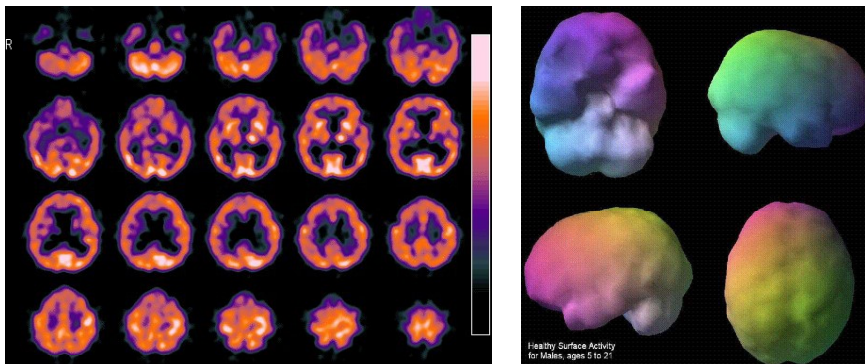
$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_{fiz}} + \frac{1}{T_{biol}}$$

SPECT (a gamma-kamera detektorát körbeforgatják a testtengely körül → háromdimenziós kép)



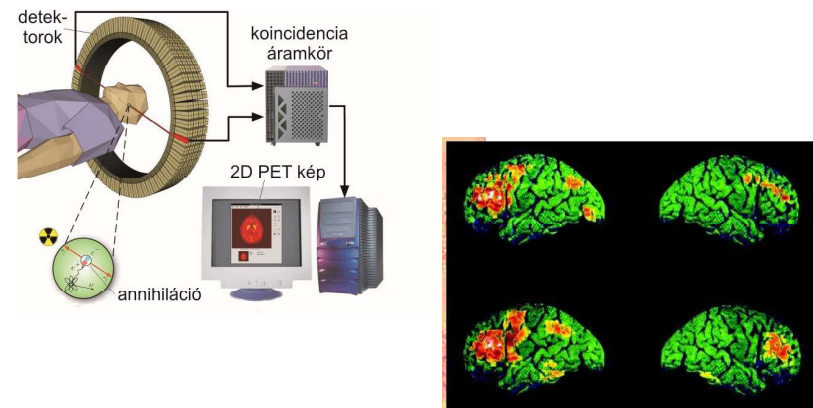
SPECT-felvételek

A röntgen CT-hez hasonlóan egymás feletti rétegekről hoznak létre keresztmetszeti képeket. Ezekből tetszőleges irányú metszet, vagy térbeli kép rekonstruálható.



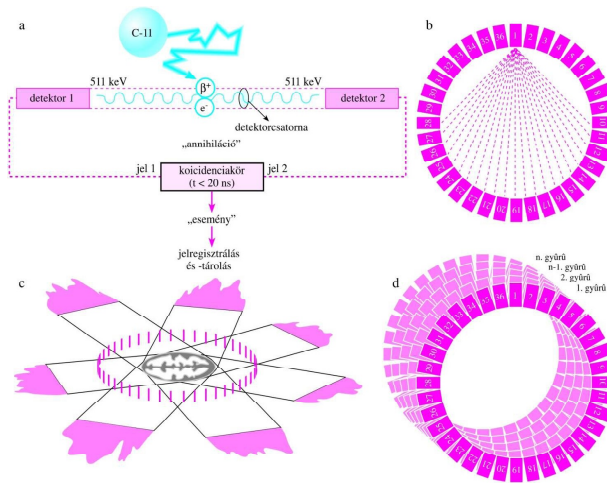
PET vizsgálat

pozitronsugárzó izotóp – pozitron-elektron találkozás → annihiláció → 2 gamma foton (511 keV) - ezeket detektálják
koincidencia: a két detektorba egyszerre (néhány ns-on belül) érkezik gamma foton



PET

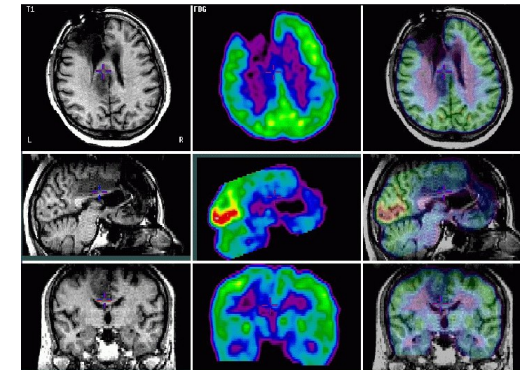
A páciens több sorban veszik körül a szcintillációs detektorok



Képfúzió

A funkcionális és a morfológiai információ kombinációja

- funkcionális: SPECT és PET
- Morfológiai: CT és MRI



Kombinált készülékek (diagnosztikai és kutatási célra is)



NanoSPECT/CT

NanoPET/MRI



In vitro izotópdiaosztika

- Általában testfolyadékból (vér, vizelet) vett mintából valamilyen komponens (pl. hormon) koncentrációját határozzák meg.

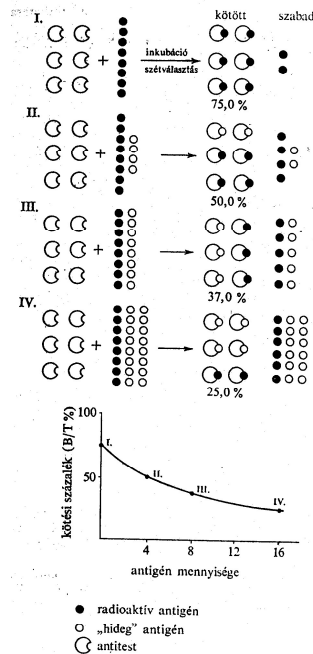
- Az izotópok kiválasztásánál a méréstechnikai szempontok az elsődlegesek. Negatív béta-, vagy lágy gamma sugárzó izotópokat használnak, pl. ^3H , ^{14}C , ^{125}I .

- Az ilyen preparátumokkal történő munkánál elsősorban plexilapokat használnak sugárvédelemre.



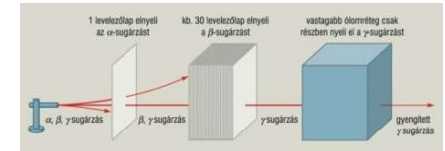
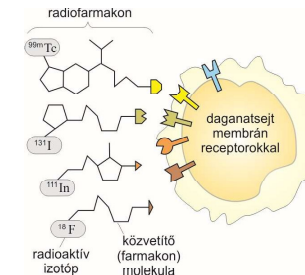
Radioimmunoassay (RIA)

- ismert mennyiségű antitest és radioaktív antigén + változó mennyiségű „hideg” antigén → kalibrációs görbét készítenek, amelyről az ismeretlen koncentráció leolvasható



Izotópterápia

A sugárzás sejtpusztító hatását használják ki pl. pajzsmirigy túlműködés (^{131}I), illetve daganatok kezelésére (monoklonális antitesthez kötött ^{90}Y , ^{153}Sm , ^{186}Re) Alfa, vagy béta sugárzó izotópot adnak a helyi hatás kifejtése érdekében.



Terápia testen kívüli sugárforrás alkalmazásával

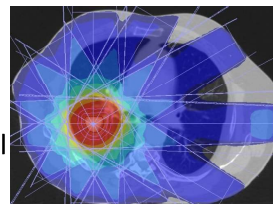
Gamma-sugárzó izotópokat használnak (nagy áthatoló képesség)

Nagyobb fotonenergia → nagyobb behatolási mélység. elsősorban daganatok elpusztítására (^{137}Cs , ^{60}Co)

Igen nagy aktivitású sugárforrásokat alkalmaznak, mert a daganatos sejtek elpusztításához igen nagy sugárdózis szükséges.

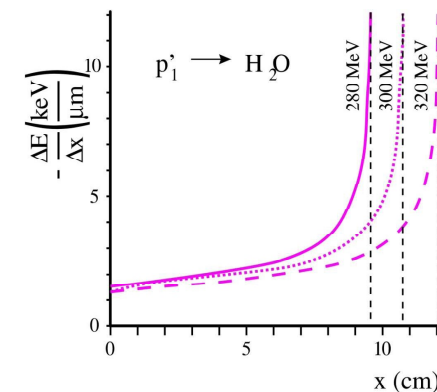
Célszerű hosszú felezési idejű izotópok használata, hogy az aktivitásukat sokáig megőrizték.

A szükséges mennyiségű sugárzást több irányból, elosztva alkalmazzák, hogy a környező egészséges szöveteket minél kisebb mértékben károsítsák. A pontos időbeli és térbeli eloszlást számítógéppel tervezik meg.



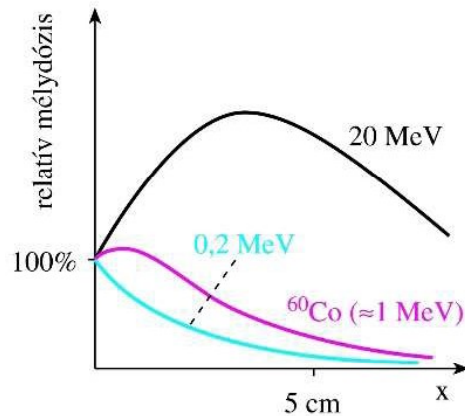
Behatolási mélység optimalizálása az energia alapján

- nagyobb energiájú sugárzás mélyebbre hatol (Bragg-csúcs)



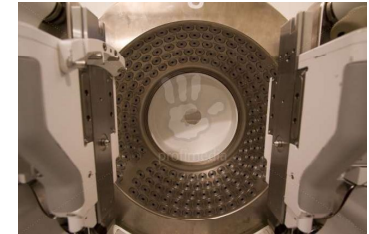
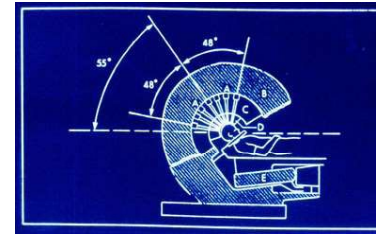
Relatív mélydózis

Adott mélységben mért dózis a bőrfelszíni dózishoz viszonyítva
Nagyobb energia illetve nagyobb sugárforrás – bőrfelület távolság esetén nagyobb a relatív mélydózis.



Gamma-kés

Koponyában levő daganatok kezelésére a koponyát körülvevő számos (kb. 200) különböző irányban elhelyezett ^{60}Co izotóp egy kis területre fókuszálva.

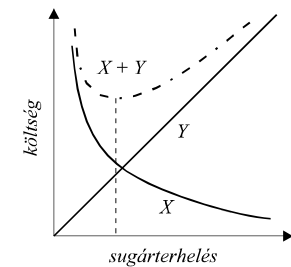


Sugárvédelmi szempontok minden ionizáló sugárzással végzett tevékenység során

1. **Indokoltság** – az ionizáló sugárzás alkalmazásának hasznosnak kell lennie: az alkalmazás kockázata kisebb, mint az alkalmazás elhagyásának kockázata (kára) – ezt kell mérlegelni a páciens szempontjából.
2. **Optimálás** – az alkalmazás által okozott dózis az ésszerűen elérhető Legkisebb legyen. (ALARA-elv: **A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable)
Mind a páciens, mind a személyzet szempontjából mérlegelni kell.
3. **Korlátozás** – a valószínű dózisok nem léphetik túl a biztonságot adó egyéni dóziskorlátot.
A munkavállalók szempontjából kell mérlegelni.

Optimálás

X – a sugárvédelem költsége
Y – a sugárártalom kezelésének költsége



Dóziskorlát ionizáló sugárzással dolgozó munkavállalókra:

- Egész test dóziskorlát: 20 mSv/év.

Néhány orvosi beavatkozás során kapott dózis (dózisfogalmak: I. gyakorlat és tankönyv!)

In vivo izotópvizsgálatok általában: 4 – 5 mSv

Fogászati röntgen vizsgálatok: 2 – 16 μ Sv

Mellkas ernyőképszűrés: 0.1 mSv

Koponya CT: 1,5 – 2 mSv

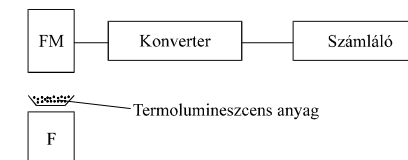
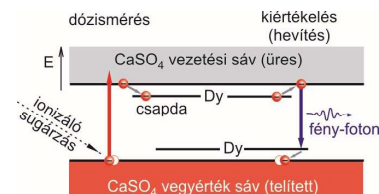
Hasi, mellkasi CT: 7 -8 mSv

Intervenciós radiológia: több 10 mSv

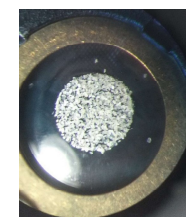
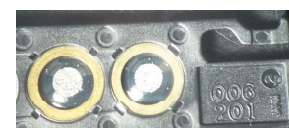
Átlagos háttérsugárzás Magyarországon: 3,1 mSv/év

Termolumineszcens dózismérő

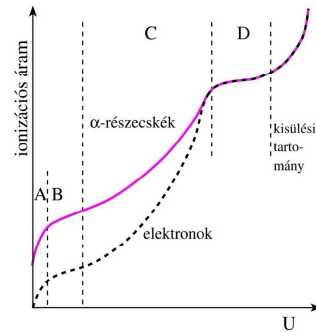
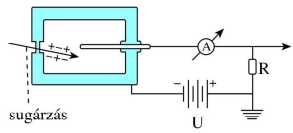
(I. gyakorlat)



2013 során a Személyi Dozimetriai Szolgálat átvált a filmdoziméterekről az egésztest termolumineszcens doziméterek használatára.



A sugárzás gázionizáción alapuló mérése



- A: rekombinációs tartomány
- B: ionizációs kamra tartomány
- C: proporcionális tartomány
- D: Geiger – Müller tartomány

A besugárzási dózis is ionizációs kamrával mérhető.

A kockázat mértéke a sugárzás fajtájától függ

Külső sugárforrás esetén a legnagyobb kockázatot a gamma- illetve röntgensugárzás jelenti. (legnagyobb effektív úthossz)

Inkorporált (belélegzett, vagy lenyelt) sugárforrás esetén a legnagyobb kockázatot az alfa-sugárzás jelenti. (Lényegében a teljes mennyiség a szervezetben nyelődik el.)



Lehetőségek a külső sugárterhelés csökkentésére

- A távolság növelése
- Az expozíciós idő csökkentése
- Sugárelnyelő rétegek alkalmazása

