

Izotópok



diagnosztikai alkalmazásai

Izotópok



diagnosztikai alkalmazásai

Izotópdiagnosztikai eljárás lépései

Alkalmas, radioaktív molekulák bejuttatása

Az aktivitás eloszlásának, változásának követése

A fiziológiás v. patológiás folyamatok felismerése, lokalizálása a mért eloszlás alapján.

Képalkotó eljárásokkal nyerhető információ

Anatomiai

Röntgen

Ultraszhang

MRI

a szövetek eltérő fizikai tulajdonságai alapján differenciálnak

Funkcionális

Izotópdiagnosztika

MRI

a szövetek eltérő biokémiai/élettani jellemzői alapján differenciálnak



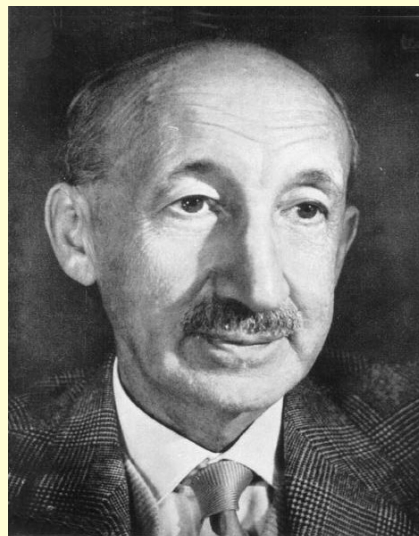
Röntgen felvétel

*Információ a
struktúráról*



Izotópdiagnosztikai felvétel

*Információ
a metabolikus aktivitásról*



George Hevesy

A nukleáris medicina atyja

Hevesy György

(1885 - 1966)

Kémiai Nobel-díj

1943

az izotópos jelzéstechnika
megalapozásáért

Hevesy György és háziasszonya



A múlt héten sem
szerettem. Miért
gondolja, hogy most
szeretni fogom?

Az izotóp kiválasztásának szempontjai

Maximáljuk a nyerhető információt.

Minimalizáljuk a kockázatot.

Ennek megfelelően optimalizálandó

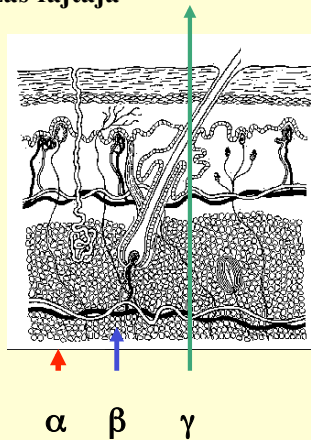
a sugárzás fajtája

a sugárzás fotonenergiája

az izotóp felezési ideje

radiofarmakon előállíthatósága és tulajdonságai

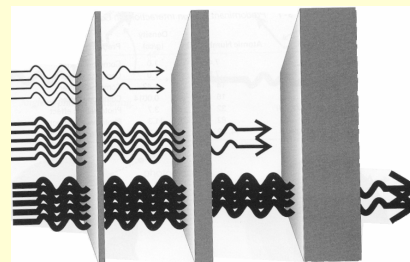
a sugárzás fajtája



Csak a γ -sugárzás
áthatolóképessége elég
nagy

Optimális a tisztán γ -sugárzó mag

a sugárzás fotonenergiája



Legyen elég nagy az
áthatolóképessége a
testszövetekben!

Legyen jó hatásfokkal
detektálható!

$$hf > 50 \text{ keV}$$

az izotóp felezési ideje

$$\Lambda = \lambda N = \frac{0,693}{T} N$$

Csökkentésének határt szabnak a
vizsgálat körülményei.

Legyen minél
rövidebb!

A paciens védelmében
minimalizáljuk!

Csökkentésének határt szab vizsgálendő
biológia folyamat időbeli lefolyása.

radiofarmakon – radioaktív atomot hordozó molekula

Vegyen rész a vizsgálni kívánt biokémiai/élettani
folyamatban

Ne módosítsa a vizsgálni kívánt folyamatot.

példák

farmakon	izotóp	aktivitás (MBq)	alkalmazási terület
Pertechnetát	^{99m} Tc	550 - 1200	agy
Pirofoszfát	^{99m} Tc	400 - 600	szív
Dietilén-triamin pentaecetsav (DTPA)	^{99m} Tc	20 - 40	tüdő
Benzoilmercapto-acetiltri-glicerin (MAG3)	^{99m} Tc	50 - 400	vese
Metilén difoszfónát (MDP)	^{99m} Tc	350 - 750	csont

Mekkora aktivitást használjunk?

Maximáljuk a nyerhető információt.

Minimalizáljuk a kockázatot.

$$\Lambda \sim 100 \text{ MBq}$$

A kép típusai

Statikus kép – az izotóp/aktivitás eloszlása egy adott pillanatban

Dinamikus kép – az izotóp/aktivitás mennyiségének változása egy adott helyen

Statikus és dinamikus együttese – statikus felvételek egymásutánja

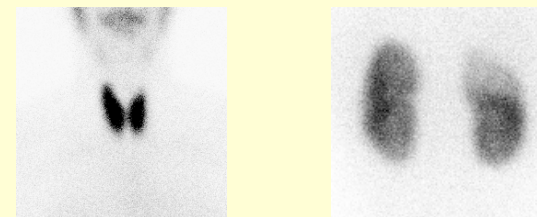
Emissziós CT

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)

PET (Positron Emission Tomography)

A kép típusai

Statikus kép – az izotóp/aktivitás eloszlása egy adott pillanatban



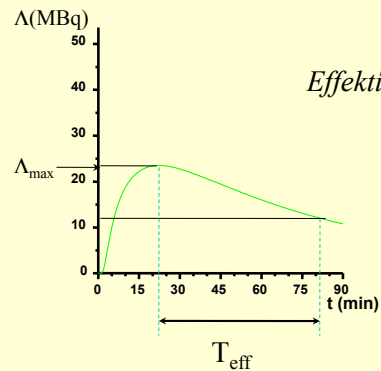
Izotóp felhalmozódása

pajzsmirigyben,

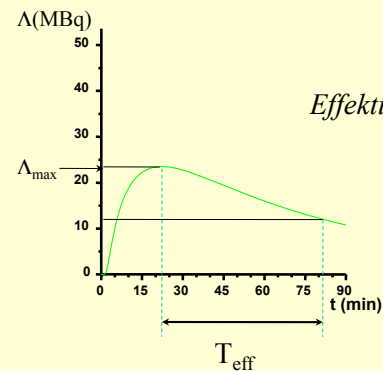
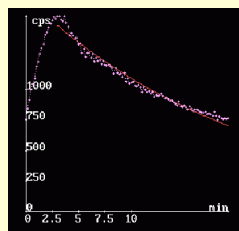
vesében

A kép típusai

Dinamikus kép – az izotóp/aktivitás mennyiségének változása egy adott helyen



Effektív felezési idő – az aktivitás a felére csökken a célszervben



Effektív felezési idő – az aktivitás a felére csökken a célszervben

$$\Lambda = \Lambda_0 e^{-(\lambda_{\text{fiz}} + \lambda_{\text{biol}})t}$$

$$\lambda_{\text{effektív}} = \lambda_{\text{fiz}} + \lambda_{\text{biol}}$$

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

példa



vese
izotóptárolási görbéje

A biológiai felezési idő értékeléséhez a felvétel körülményeit (milyen radiofarmakon, milyen formában stb) is figyelembe kell venni.



Hal Anger
1920-2005



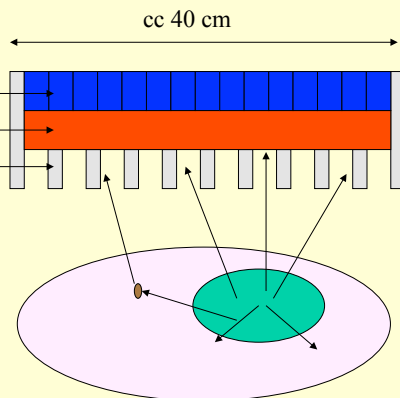
Hal Anger munkatársaival

1952

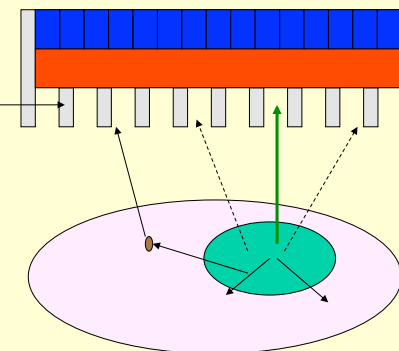
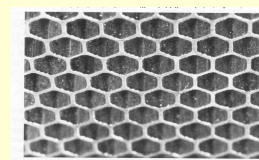


Gamma kamera

fotoelektronsokszorozók
detektorkristály
kollimátor



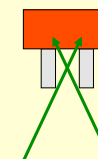
kollimátor



Jó abszorpcióképességű anyagból (ólom) álló csöves/lemezes rendszer.

Csak bizonyos szög alatt érkező fotonokat enged át.

A nyílások mérete, geometriája fontos az érzékenység és a feloldóképesség szempontjából.



detektorkristály

NaI(Tl) szcintillációs kristály

Megfelelő detektálási határfok

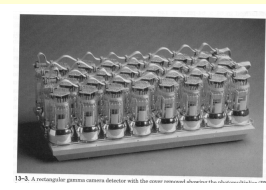
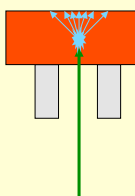
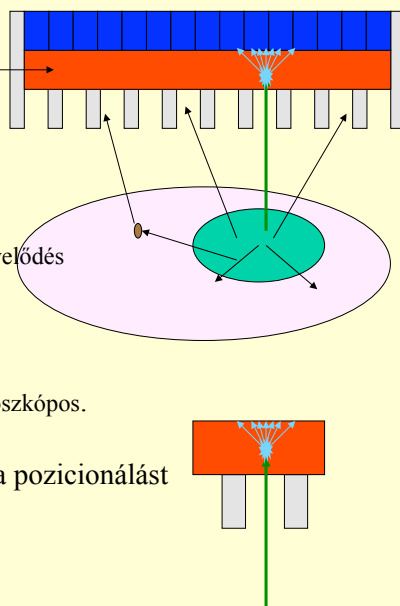
150 keV-os fotonra $\mu \sim 2.2$ 1/cm

10 mm rétegvastagságban $\sim 90\%$ -os elnyelődés

Az emittált fény hullámhossza – 415 nm – megfelel a PMT követelményeinek.

Sajnos törékeny, hőmérsékletérzékeny, higroszkópos.

A szcintilláció befolyásolja a pozicionálást



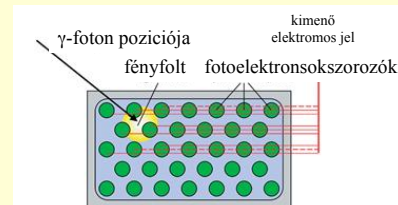
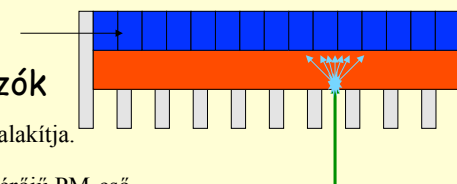
fotoelektronsokszorozók

Fényimpulzusokat elektromos jellé alakítja.

Tipikusan 37-91 db, 5.1-7.6 cm átmérőjű PM-cső

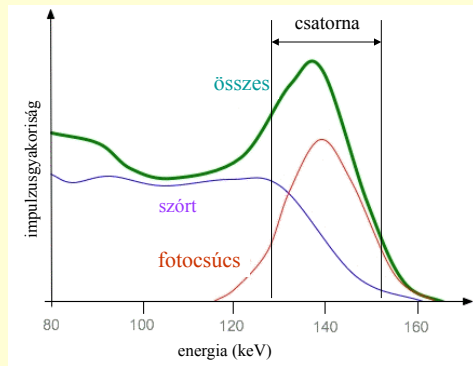
A keletkező feszültségimpulzusok nagysága változatos, mert

- egy γ -foton elnyelődése nemcsak egy fotoelektronsokszorozóban indukál elektromos jelet
- az elnyelődés nemcsak fotoeffektussal történik



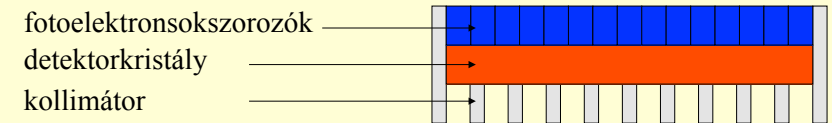
Impulzus amplitúdó spektrum – a fotoeffektus révén elnyelődő γ -foton energiájával arányos nagyságú feszültségimpulzust generál.

Ez a többi* feszültségimpulzustól diszkriminálással (DD) megkülönböztethető.



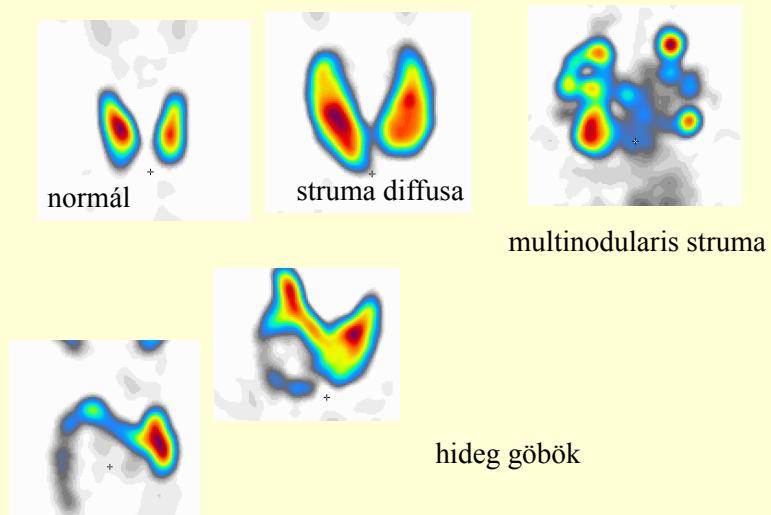
* Compton-szórás révén keletkező, vagy nem a térbeli lokalizációnak megfelelően becsapódó fénypotonok által kiváltott.

Gamma kamera

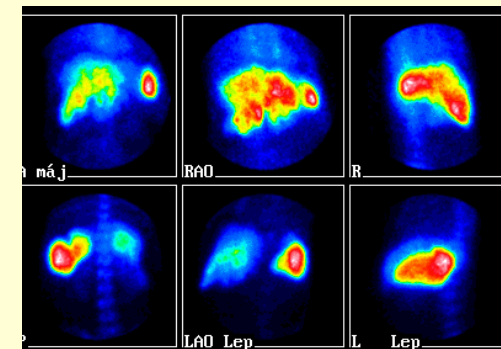


A sugárzás forrásának hely szerinti azonosítását a kollimátor a fotoelektronsokszorozók a diszkriminátorok együttesen teszik lehetővé.

Pajzsmirigy per technetátos (intravénásan 80 MBq) felvételek



Durva göbös májlézió



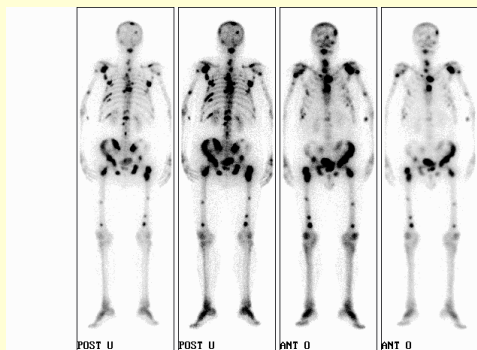
^{99m}Tc -fyton

csontszcintigráfia

^{99m}Tc -MDP: 600 MBq



normal egésztest



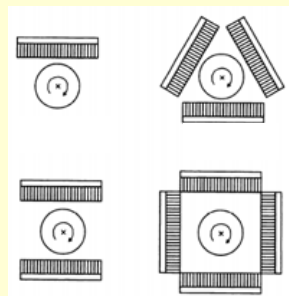
csontmetastasis

A gamma-kamera időbeli és térbeli felbontásra is alkalmas.
Statikus és dinamikus képet is nyerhetünk.

Jellemző paraméterek:
térbeli felbontás
energiaszelektivitás (felbontás)
detektálási hatékonyság

SPECT

Single Photon Emission Computed
Tomography



különböző kameraelrendezések

SPECT

Több gamma kamera szkennel egy réteget – adatgyűjtés 360°-ban.

Keresztmetszeti képeket ad.

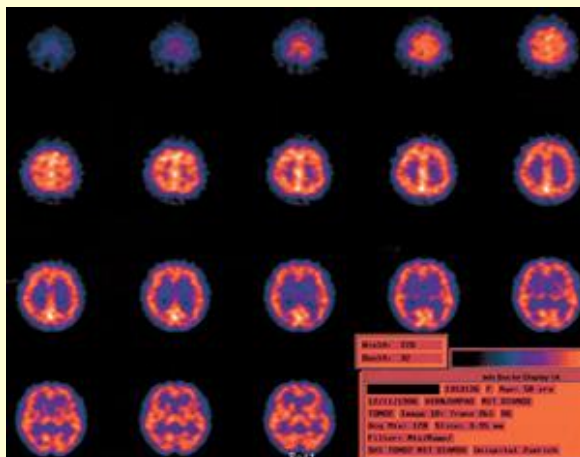
Az egyes szeletekben az aktivitás eloszlását a számítógép rekonstruálja.

Szinkódolt képrekonstrukció.

Egymást követő rétegek felvétele az x-tengely mentén.

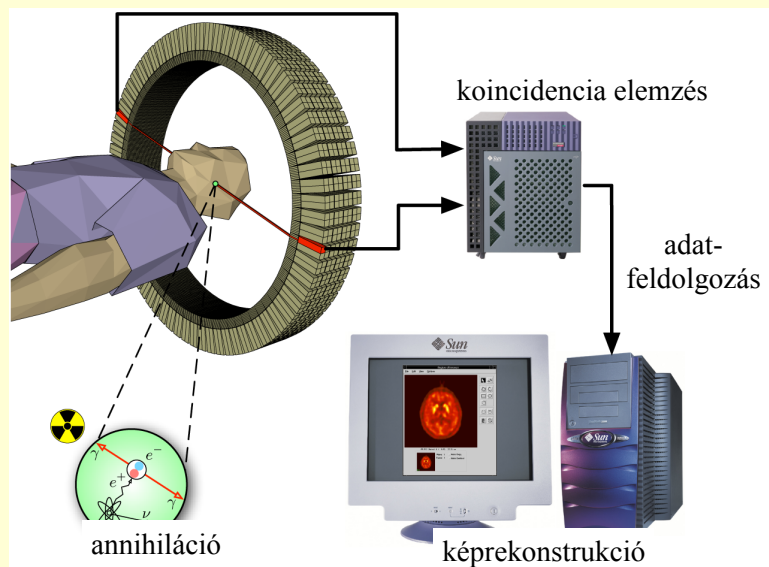
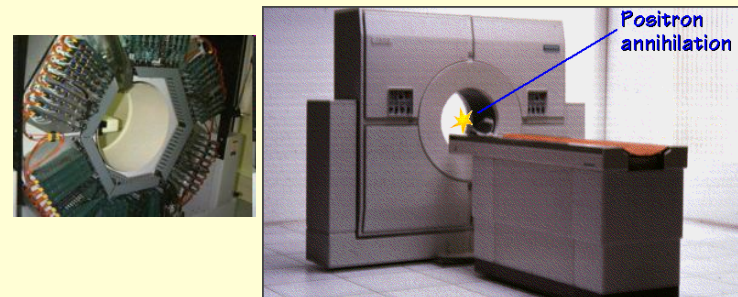
Fejről részült SPECT -felvételek

^{99m}Tc - HMPAO

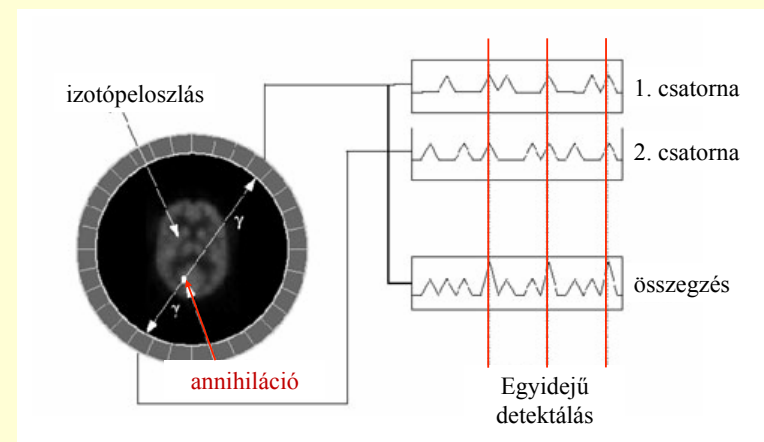


PET

Positron Emission Tomography



Koincidencia a detektálásban



A PET-ban leggyakrabban alkalmazott radionuklidok természetes szerves molekulákban is megtalálható elemek izotópjai.

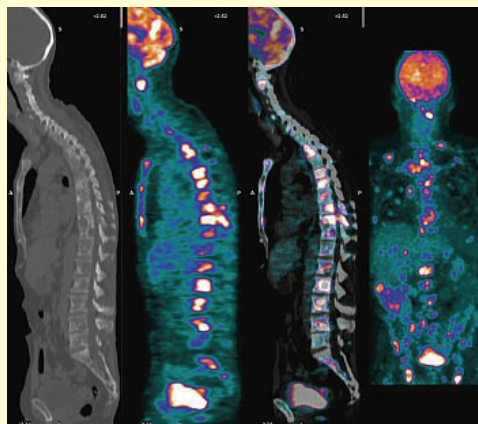
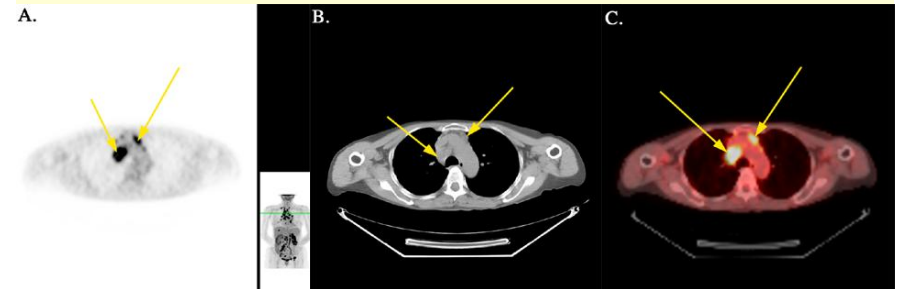
izotóp	β^+ energia (MeV)	β^+ hatótáv (mm)	T	felhasználás
^{11}C	0.96	1.1	20.3 min	receptorfunkciók
^{15}O	1.70	1.5	2.03 min	stroke
^{18}F	0.64	1.0	109.8 min	onkológia/neurológia

A rövid felezési idő miatt a felhasználás közelében kell előállítani a PETben alkalmazott izotópokat.



PET/CT

A PET kombinálható pontosabb morfológiai képet adó módszerrel



CT PET PET/CT PET

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 3.2.3
3.2.4
3.2.5

VIII. 3.2
VIII. 4.4

IX.3