

A NUKLEÁRIS MEDICINA LABOROK SUGÁRVÉDELMI KIALAKÍTÁSA, ALKALMAZOTT RADIONUKLIDOK ÉS KÉPALKOTÓ BERENDEZÉSEK, MINŐSÉGELLENŐRZÉS

SARKADI MARGIT

**XLIX. SUGÁRVÉDELMI TOVÁBBKÉPZŐ TANFOLYAM
SZEGED, 2024. ÁPRILIS 16-18.**

ORVOSI IZOTÓPLABORATÓRIUMOK TÍPUSAI AZ MSZ 62-7:2017 SZABVÁNY SZERINT

- ❖ I. típus: **In vitro izotópdiaosztikai laboratórium**
 - A 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet szerint: III. Sugárvédelmi kategória
- ❖ II. típus: **In vivo izotópdiaosztikai laboratórium**
 - A 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet szerint: II. Sugárvédelmi kategória
- ❖ III. típus: **Izotópterápiás laboratórium**
 - A 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet szerint: II. Sugárvédelmi kategória

ORVOSI IZOTÓPLABORATÓRIUMOK SUGÁRVÉDELME NYITOTT RADIOAKTÍV IZOTÓPOK ALKALMAZÁSAKOR AZ MSZ 62-7:2017 SZABVÁNY SZERINT

- ❖ **Izotóplaboratórium:** olyan helyiség vagy építészetileg összefüggő, egy üzemszerű, ellenőrzött bejárattal kialakított helyiségcsoport, amelyik:
 - ✓ speciális kialakításával (felületek, szellőzés, vizes rendszer),
 - ✓ különleges felszerelési tárgyaival (különleges meglelaboratóriumi tárgyak, egyéni védőeszközök, sugárvédelmi műszerek),
 - ✓ különleges munkarendjével
 - ✓ **biztosítja a dolgozók belső és külső sugárterhelés elleni védelmét,**
 - ✓ **valamint megakadályozza a radioaktív szennyeződés terjedését.**

IN VIVO ORVOSI IZOTÓPLABORATÓRIUMOK TERVEZÉSE, ÁLTALÁNOS KÖVETELMÉNYEK

❖ Nukleáris medicina részleg helyiségei:

- A létesítésnél a helyiségek vonatkozásában a szakmai minimumfeltételekről szóló, 60/2003 ESZCSM rendelet, valamint az alapterületek vonatkozásában az MSZ 62-7:2017 szabvány előírásait kell betartani.
- Hibrid vizsgálók (SPECT/CT és PET/CT) kialakításakor az MSZ 824:2017 szabványban leírtakat is figyelembe kell venni.

A minimum rendelet szerint megnevezett helyiségek	MSZ 62-7:2017 szerinti min. m ²	60/2003 ESZCSM	Megjegyzés
In vivo izotópdiagnosztika inaktív helyiségei			
Recepció		+	
Inaktív váró	20	+	Közlekedő folyosóra nem helyezhető
Beteg WC		2 db	
Elkülönített vetkőzési lehetőség a betegek számára		+	A vizsgálóban is biztosítható
Személyzeti öltöző, WC, zuhanyozó		+	
Személyzeti tartózkodó		+	
Orvosi szoba		+	Betegvizsgáló
Nem orvos diplomás szoba		+	Csak opció
Archívum		+	
Leletező	12	+	
Raktár		+	

In vivo izotópdiagnosztika aktív helyiségei és kiegészítői

Meleglabor ⁽¹⁾	16, ill. 9,6	+	
Hulladéktároló	4	+	
Izotópbeadó	9	+	A beadóban biztosítani kell a fektetési lehetőséget
Aktív váró	20	+	Folyosóra nem helyezhető
Aktív WC		+	
Vizsgálóhelyiség (SPECT)	35	+	
Vezérlő ⁽²⁾		+	
Aktív részleg takarítószer tároló		+	

(1) Sok izotópos NM meleglabor 16 nm, csak technéciumos SPECT meleglabor 9,6 nm

(2) SPECT és Gamma kamerás vizsgáló esetében a külön vezérlő nem kötelező, azonban új SPECT létesítésnél már ajánlott.

SUGÁRVÉDELEMI TERVEZÉS

- ❖ Tervezési dóziscél (dózismegszorítás)
 - **Sugaras** munkavállalókra: 40 $\mu\text{Sv/hét}$ bármelyik forrásból
 - **A** lakossági **kategória** tagjaira: 6 $\mu\text{Sv/hét}$ az összes forrásból
- ❖ Dózisteljesítmény vonatkoztatási szintek:
 - $T < 1$ figyelmeztetés nélkül megengedhető: 20 $\mu\text{Sv/h}$
 - $T = 1$, pl. vezérlőben 2,5 $\mu\text{Sv/h}$
 - SPECT, PET kamera védelme 0,5 $\mu\text{Sv/h}$
 - $T = 1$ nem sugaras, pl. rendelő 0,5-2,0 $\mu\text{Sv/h}$
 - 50 $\mu\text{Sv/h}$ a páciensek kölcsönös átszórása
 - 25 $\mu\text{Sv/h}$ az aktív beteg elbocsáthatóságának határértéke

HAGYOMÁNYOS NUKLEÁRIS MEDICINA

SUGÁRVÉDELMI KÖVETELMÉNYEK

Aktív helyiség	Falak	Vezérlő ólomüveg ablak	Ajtók	Megjegyzés
Hagyományos Nukleáris medicina (SPECT, Gamma kamera)				
Meleglabor	1 mm Pb _{ekv}	-	1 mm Pb	
Beadó	1 mm Pb _{ekv}	-	1 mm Pb	
Aktív váró	1 mm Pb _{ekv}	-	1 mm Pb	
SPECT vizsgáló	1 mm Pb _{ekv}	1 mm Pb _{ekv}	1 mm Pb	
Radioaktív hulladék-tároló	1 mm Pb _{ekv}	-	1 mm Pb	

ORVOSI IZOTÓPLABORATÓRIUMOK KIALAKÍTÁSÁRA VONATKOZÓ ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁSOK

❖ Felületek:

- Minden felület legyen szilárd, hézagmentes, dekontaminálható

❖ Szellőzés:

- Nincs szükség különleges szellőztető rendszerre
- MSZ 03-190-87: egészségügyi intézmények mesterséges levegőellátása szükséges, kivéve az elszívó- és a lamináris fülkét, valamint a jódos kórtermet, ahol a légcseré óránként minimum ötszörös legyen

❖ Vizes rendszerek:

- Nincs szükség elkülönített víz és lefolyórendszerre, kivéve a jódterápiás kórterem aktív vizeletgyűjtőjét
- Meleglaborban és/vagy dekontaminálóban: izotópos mosogató szükséges
- Ahol radioaktív szennyeződés előfordulhat, ott „izotópos” kézmosó szükséges

❖ Kibocsátás ellenőrzés:

- Mintavételi lehetőség (szifonba szerelt mintavevő csap)
- A beadott aktivitások zömét a betegek az intézményből kiviszik, ez közvetett kibocsátás

MELEGLABOR KÜLÖNLEGES FELSZERELÉSI TÁRGYAK I.

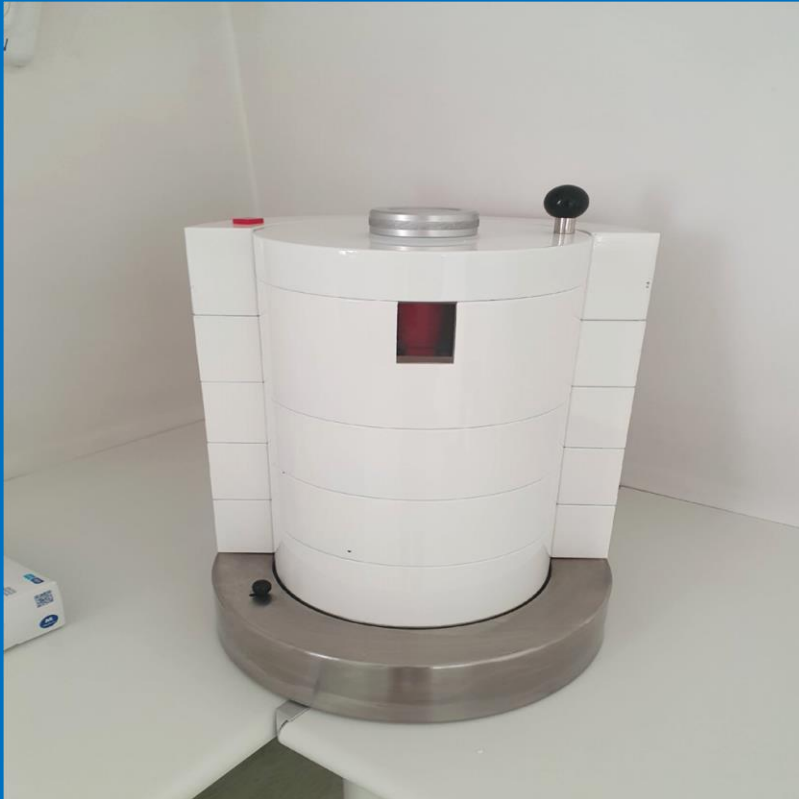


Elszívófülke munkatálcával



Lamináris fülke
Tema Sinergie Safeflow

MELEGLABOR KÜLÖNLEGES FELSZERELÉSI TÁRGYAK II.



Izotópgenerátor árnyékolás



Árnyékolt hulladékgyűjtő

MELEGLABOR KÜLÖNLEGES FELSZERELÉSI TÁRGYAK III.



Ólom árnyékolású munkatálca



Plexi árnyékolású munkatálca

PET/CT MUNKAHELY LÉTESÍTÉSE

- ❖ **Beadó, aktív váró, PET/CT vizsgáló árnyékolás:** legalább 15 cm beton
- ❖ **Létesítendő aktív helyiségek:**
 - **Meleglabor:** A radioizotóp osztása, fecskendőbe töltése, kalibrálása (a fecskendőbe töltött aktivitás mérése), 500 vizsgálat/év alatt manuálisan is történhet, de az automata osztás, dozírozás és beadás preferált
 - **Beadó:** A radiofarmakon vénába injektálása automata injektorral (preferált)
Integrált osztó, kalibráló beadó berendezés: ma ezek számítanak korszerűnek
 - **Fülkés aktív váró:** Beadás után az aktív páciens a nukleáris medicina legnagyobb sugárforrásává válik. A mintegy 1 órás várakozási/beépülési idő az aktív váróban töltendő
 - **„Elbocsátó” aktív váró:** Vizsgálat utáni aktív váró
 - **Aktív páciens WC:** Szükséges, de a vizelet vagy széklet külön kezelése nem szükséges
 - **PET/CT vizsgáló:** Nagy alapterület, mintegy 8 m hosszúság

PET/CT Aktív helyiségek és kiegészítőik			
Meleglabor, NM	16 m2	+	
Meleglabor, csak PET	9,6 m2	+	Főleg a beadásnál erősen sugárzó hulladék keletkezik. Ezek átmeneti árnyékolt tárolását meg kell oldani. A beadóban biztosítani kell a fektetés lehetőségét is.
Izotópbeadó	9 m2	+	
Integrált beadó+Meleglabor			Az Intego vagy a Karl 100 berendezések integrálják az osztás, dozírozás beadásra történő elkészítés meleglabor funkcióit, és az automata beadás műveletét, aminek köszönhetően a meleglabort és a beadót is „integrálni” lehet. Külön meleglabor létesítése javasolt
(2 + 1 Fülkés) aktív váró	20 m2	+	A beadás fél óránként történik, 1 óra a várakozás, fél óra a PET/CT vizsgálat. Tehát kettőnél több aktív beteg nem várakozik. +1 fülke tartalék
(4+1) Fülkés aktív váró			Korszerűbb PET kamerák esetén: kevesebb beadott aktivitás, negyed óra a PET/CT vizsgálat, négy aktív beteg várakozik
(Agyi vizsgálathoz: Izolált aktív váró)			
Aktív WC		+	73/2013 EMMI rendelet szerint 2 db. WC (aktív váró + elbocsátó aktív váró)
PET/CT vizsgáló	35 m2	+	73/2013 EMMI rendelet szerint a PET/CT vizsgáló alapterületét a gyártók adják meg.
Technikai helyiség			A zajos egységek jobb, ha külön vannak
Vezérlő	6 m2	+	
Elbocsátó aktív váró+ Aktív WC		+	Vizsgálat után már nincs szükség a szeparált (külön fülkés) várakozásra
Dekontamináló			Meleglaborhoz kapcsolódóan
Aktív részleg takarítószer tároló			
Radioaktív hulladéktároló	4 m2		Nincs a minimumrendeletben csak a szabványban, csak PET esetén nincs rá szükség

PET RADIOFARMAKONOK BEADÁSA



Tema Synergie Karl 100
Automata osztó, aktivitás-mérő, beadó



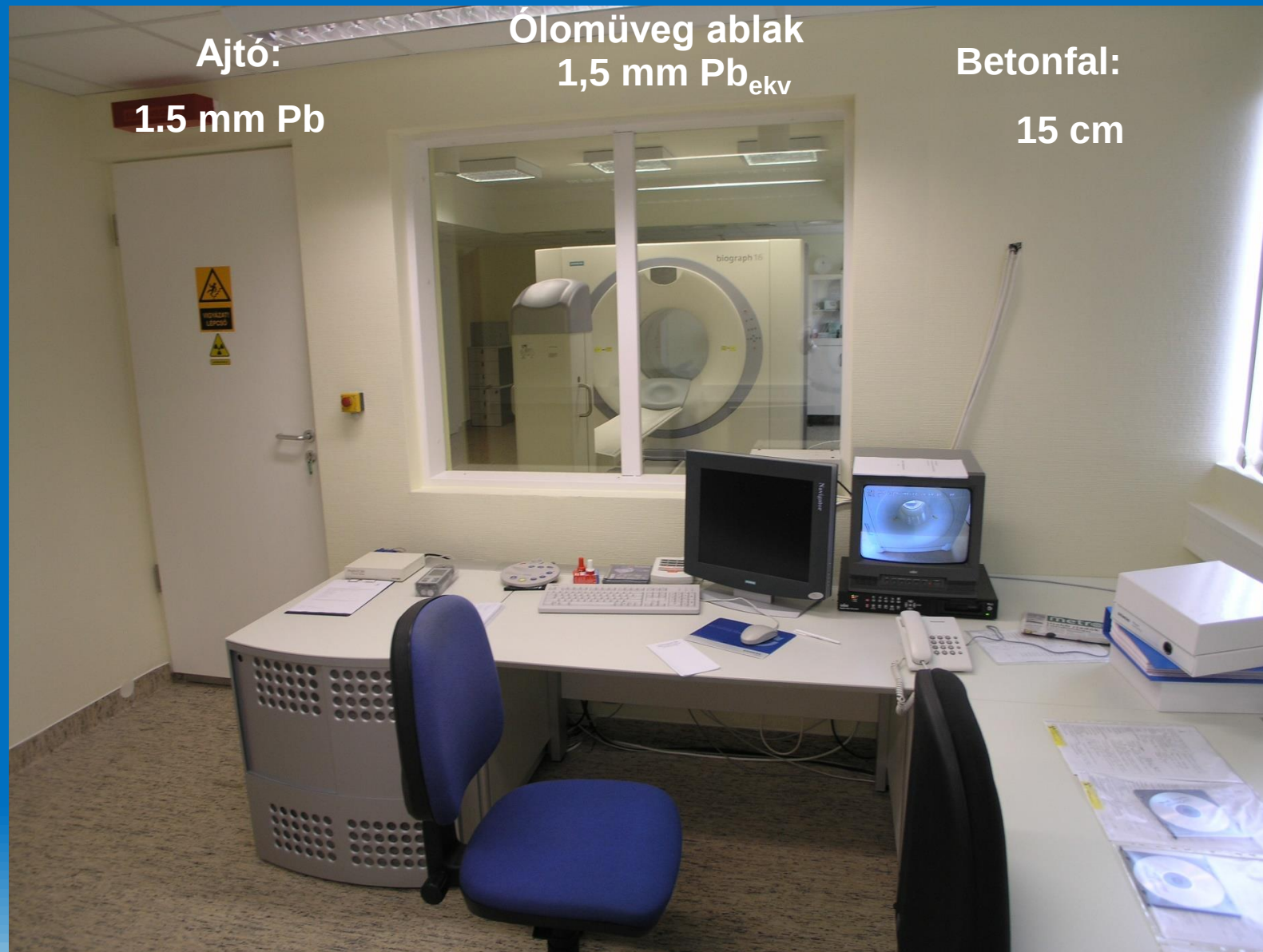
Medrad Intego automata
osztó aktivitás-mérő, beadó

HIBRID VIZSGÁLÓK SUGÁRVÉDELMI KÖVETELMÉNYEI

Aktív helyiség	Falak	Vezérlő ólomüveg ablak	Ajtók	Megjegyzés
PET/CT, PET/MRI VIZSGÁLÓK				
Beadó	15 cm beton	-	Nem árnyékolt	
Fülkés aktív váró	15 cm beton	-	-	h=2,4 m
PET/CT vizsgáló	15 cm beton	1,5 mm Pb _{ekv}	1,5 mm Pb	Falak: PET ellen Nyílászárók: CT ellen
PET/MRI vizsgáló	15 cm beton	Nem árnyékolt	Nem árnyékolt	Faraday kalitka
Elbocsátó aktív váró	15 cm beton	-	Nem árnyékolt	Közös aktív váró

Ha CT is van: MSZ 824:2017 szerinti követelmény (is!)

A SUGÁRVÉDELEM OPTIMÁLÁSA PET/CT RÉSZLEGEN



IZOTÓPTERÁPIA

- ❖ Lényege: a kezelendő folyamatban dúsuló és tartósan ott maradó radiofarmakon sugárzási energiájának elnyelődése révén lokális terápiás hatást fejt ki.
- ❖ A terápiát általában béta- (esetleg alfa-) sugárzó radionuklidokkal végezzük, mivel a béta-sugárzás döntően a kibocsátás helyének közvetlen környezetére (néhány mm-en belül) hat.
- ❖ Célja: a daganatos sejtek elpusztítása
- ❖ Terápiás lehetőségek:
 - Ambuláns izotópterápia
 - Pajzsmirigy túlműködés kezelése radiojóddal
 - Palliatív (tünetcsökkentő izotópterápia)
 - Ízületi izotópterápia
 - Kórházi fekvőbeteg jódterápia és lutécium terápia
 - Izotópterápiás kórteremben

TERÁPIÁS CÉLRA ALKALMAZOTT RADIOIZOTÓPOK

- ❖ β sugárzók: I-131, Sr-89, P-32, Re-186, Re-188, Y-90, Sm-153, Ho-166, Er-169, Lu-177
- ❖ α sugárzó: Ra-223
- ❖ Auger elektron kibocsátók: I-123, In-111, I-125

SUGÁRVÉDELEM NYITOTT RADIOAKTÍV KÉSZÍTMÉNYEK TERÁPIÁS ALKALMAZÁSÁNÁL I.

- ❖ Izotóplaboratóriumi háttér:
 - Radiofarmakon tárolás, előkészítés: meleglabor szükséges
 - Kórházi fekvőbeteg kezelés/„izotópos” kórterem: jódterápiánál és lutécium terápiánál
- ❖ Radioaktív hulladék kezelés:
 - Szilárd hulladék: szelektív gyűjtés izotóp fajtánként, biológiai hulladék, lebomlásig tárolás hulladéktárolóban (min. 10 felezési idő)
 - Folyékony radioaktív hulladékkezelés: csak jódterápiánál
- ❖ Páciensek környezetének védelme:
 - Írásos tájékoztató
- ❖ Személyzet védelme:
 - Sugárvédelmi dózismérő, szennyezettségmérés, személyi dozimetria, egyén védőfelszerelés

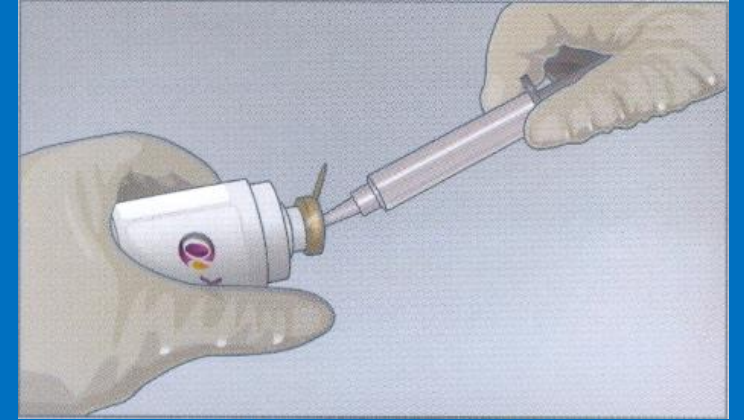
SUGÁRVÉDELEM NYITOTT RADIOAKTÍV KÉSZÍTMÉNYEK TERÁPIÁS ALKALMAZÁSÁNÁL II.

- ❖ A terápiát végző személyzet sugárvédelme
 - Csak β -sugárzóknál
 - Preparálásnál, beadásnál gumikesztyű
 - Ólomkötény, fecskendő védő ólom NEM szükséges (plexi borítás)
 - β - és γ -sugárzóknál
 - Preparálásnál, intravénás beadásnál védőkesztyű
 - Ólomkötény, fecskendő védő ólom SZÜKSÉGES
- ❖ Kórházi osztályon, fekvőbetegként kezelt beteggel kapcsolatos teendők (kivéve a „bentfekvő” jód és lutécium terápiát):
 - nem igényel elkülönítést
 - a személyzetnek nem kell védőruha
 - védőkesztyű szükséges (vizelettel szennyezett ruhák, katéter, vizeletes zacskó elkülönítése)

AZ α SUGÁRZÓ IZOTÓP BIZTONSÁGOS HASZNÁLATA I.

A fecskendőt előkészítő személynek:

- laboratóriumi köpenyt
- kesztyűt és
- védőszemüveget



kell viselnie a fecskendőbe szívás alatt, a bőrt és a szemet érhető szennyeződés megelőzése érdekében.

A készítmény felszívását és beadását tálca fölött kell végezni.

Megfelelő méretű fecskendőt kell megválasztani, amely biztosítja a megadott aktivitásmennyiségű dózistérfogat pontos felszívását.

AZ α SUGÁRZÓ IZOTÓP BIZTONSÁGOS HASZNÁLATA II.

Belső sugárterhelés csökkentésének módjai:

- ❖ **Belélegzés kockázatának csökkentése**
 - Szellőztetett fülke alatti munkavégzés



A radiógyógyszert a betegnek beadó orvosnak:

- laboratóriumi köpenyt, orvosi kesztyűt, és
- ólomárnyékolt fecskendőt ajánlott használniuk
- ólomgumiköpeny viselete NEM szükséges



LEGGYAKRABBAN ALKALMAZOTT IZOTÓPOK

Izotóp	Sugárzás és energia (keV)	Felezési idő	Vizsgálat	Előállítás
Tc-99m	γ , 141	6.03 h	agy, pajzsmirigy, szív, tüdő, máj, csont, vese, stb.	generátor
Tl-201	γ , 68-80	73.1 h	szívizom	ciklotron
I-131	γ , β , 364	8 nap	pajzsmirigy dg, + terápia	reaktor
I-123	γ , 159	13 h	pajzsmirigy, agy, stb.	ciklotron
Ga- 67	γ , 93, 185, 300	78.1 h	tumor-keresés, gyulladás	ciklotron
In-111	γ , 172	2.81 nap	tumor-keresés, immuno- szcintigráfia	ciklotron
F-18	β^+ 511 (2x)	109 min	PET	ciklotron

MESTERSÉGES RADIOIZOTÓPOK ELŐÁLLÍTÁSA

Mesterséges radioizotópot előállítani magreakció keltésével, vagy neutron besugárzással lehetséges.

- ❖ Atomreaktorban:

- hosszú idejű neutron besugárzással (pl. $\text{Co-59} + n = \text{Co-60}$, $\text{Mo-98} + n = \text{Mo-99}$)
- kiégett U fűtőelemek újra feldolgozásával (pl. I-131, Cs-137, Am-241)

- ❖ Gyorsítóban: töltött részecskékkel történő besugárzással

A folyamat alkalmas:

- neutronhiányos radioizotópok termelésére
- orvosi ciklotron PET radioizotópok termelésére

RADIOIZOTÓPOK HELYBEN TÖRTÉNŐ ELŐÁLLÍTÁSA I.

Izotópgenerátorok:

A rövid, de mérhető fizikai felezési idejű „leányelem” elválasztása a hosszabb fizikai felezési idejű „anyaelemtől”, a felhasználás helyszínén.

- Mo-99/Tc-99m izotópgenerátor:
A leányelem metastabil (csak γ -sugárzó) radioizotóp
- Ge-68/Ga-68 izotópgenerátor:
A leányelem PET radioizotóp

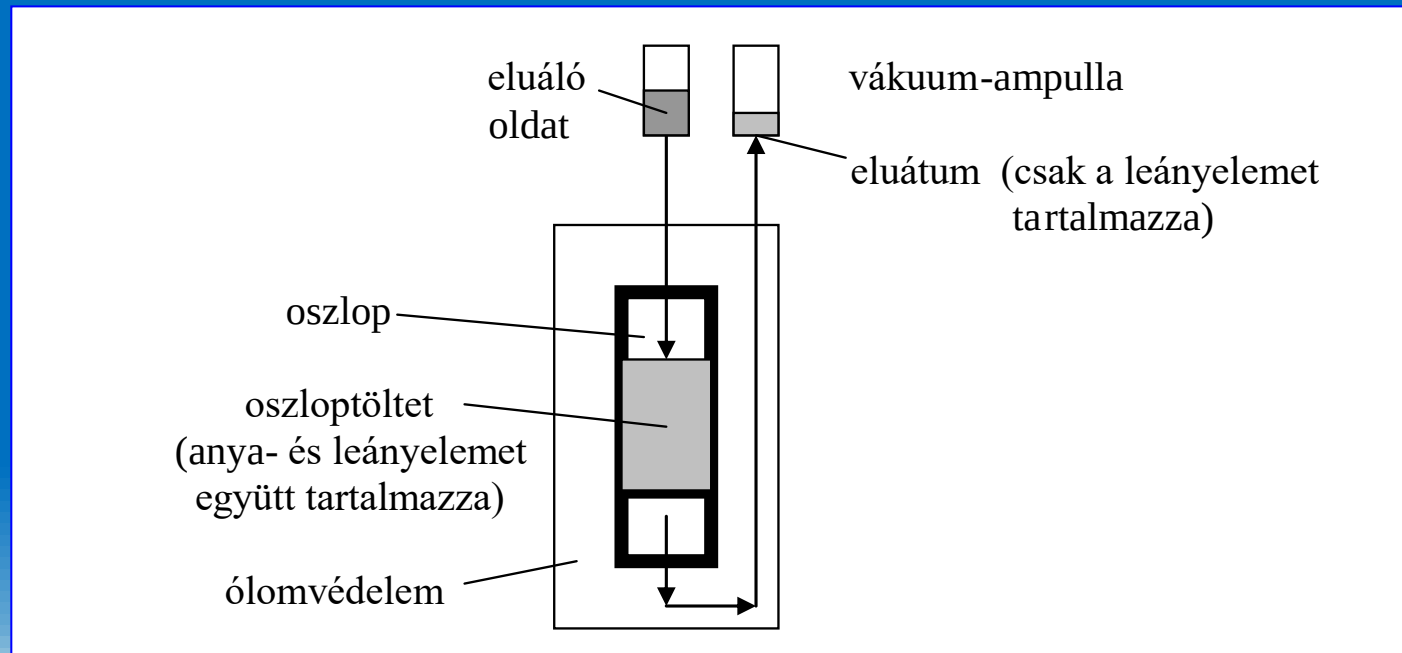


RADIOIZOTÓPOK HELYBEN TÖRTÉNŐ ELŐÁLLÍTÁSA II.

A Mo-99/Tc-99m izotópgenerátor anyaeleme a Mo-99. Kemény gamma-sugárzó (740 keV), ezért a generátort a meglaborban külön árnyékolni kell. Felezési ideje 66 óra. Hetente cserélik. A használt generátort közel két hónapig tárolni kell az aktív hulladéktárolóban.

A Mo-99 előállítása atomreaktorban történik, mely hasadási termék.

A keletkező Tc-99m izotópot az oszlopról fiziológiás NaCl oldattal leválasztják oszlopkromatográfiás elven (eluálják).



DOMINÁNS RADIONUKLID AZ IN VIVO IZOTÓPDIAGNOSZTIKÁBAN

Technécium-99m (Tc-99m)

- Páciens-dózisa alacsony („tisztán” gamma-sugárzó)
- $T_{1/2} = 6$ óra
- A Technéciumnak nincs stabil izotópja.
- A Tc-99 radioaktív, felezési ideje 210.000 év
- Gamma-sugárzásának energiája 140 keV
 - sugárvédelmi előny: könnyű árnyékolni (TVL= 1 mm Pb)
 - a képalkotás szempontjából könnyű kollimálni
- Előállítása: Mo-99 izotópgenerátorral
- $T_{1/2} = 2,75$ nap (66 óra)
- Tc-99m leválasztás (eluálás, „fejés”) kémiai módszerrel naponta

ALKALMAZOTT RADIONUKLIDOK AZ IZOTÓPTERÁPIÁBAN

❖ Jódterápia: I-131

- Ambuláns jódterápia (550 MBq aktivitásig)
- Kórházi fekvőbeteg jódterápia (550 MBq - 5,5 GBq aktivitás)
- A béta sugárzást jelentős gamma-sugárzás kíséri

❖ Palliatív izotópterápia: Sr-89, Re-186, Er-169, Sm-153, stb.

- Ambuláns kezelés a csont metasztázissal járó fájdalmak enyhítésére
- A béta-sugárzást nem kíséri jelentős gamma-sugárzás
- Ra-223 az első alfa-sugárzó készítményét palliatív célra vezették be (2014.)

❖ Izületi terápia (radiosynovectomy): Y-90, Re-186, Er-169, Ho-166, stb.

- Az ízületi elváltozások kezelésére
- A béta-sugárzást nem kíséri jelentős sugárvédelmi feladatot jelentő gamma-sugárzás
- Az immobilizáció miatt kórházi bentfekvés „közönséges” kórteremben

RADIONUKLIDOK ELŐÁLLÍTÁSA ORVOSI CIKLOTRONBAN I.

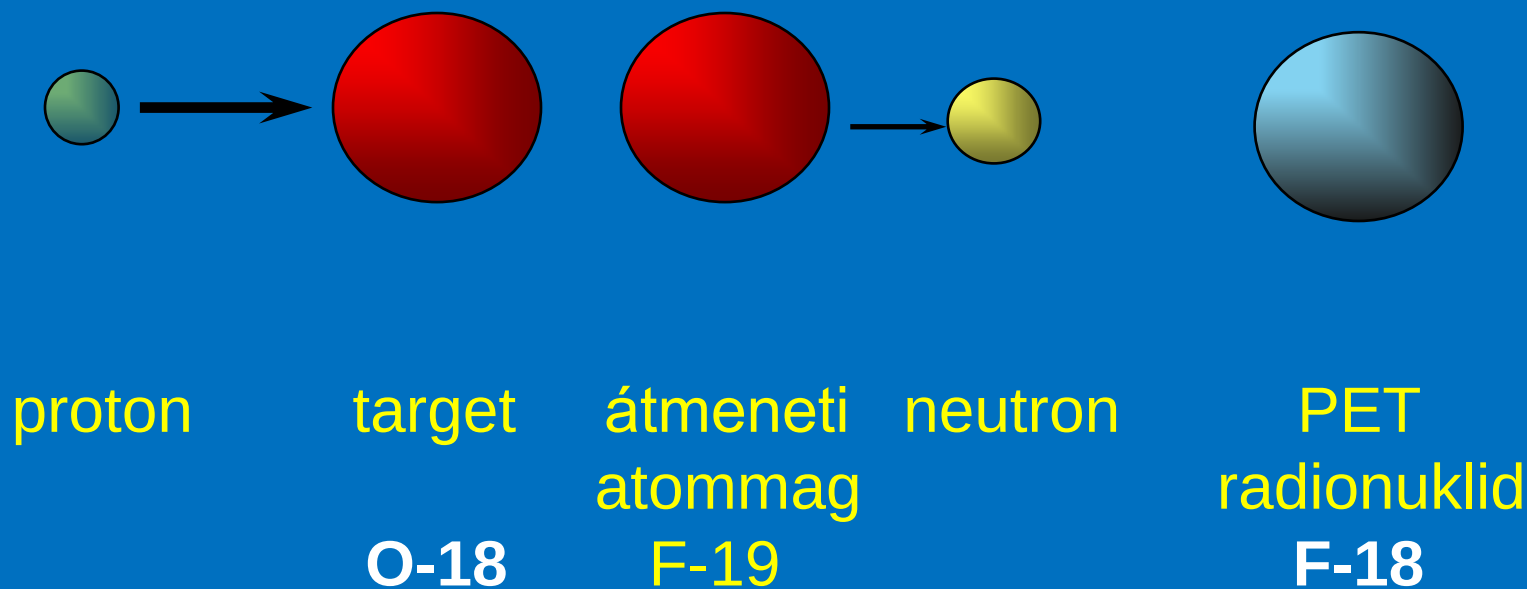
Az orvosi ciklotronok kizárólag a pozitron emissziós tomográfia (PET) pozitív béta bomló radioizotópjainak a gyártására kifejlesztett orvosi gyorsítók.

Az orvosi gyorsító olyan ciklotron, amelyben körpályán töltött részecske nyalábot gyorsítanak, majd a protonokból álló részecske nyalábot kivezetik és magreakciók keltése céljából a céltárgy (target) anyagával ütköztetik.

A target célanyagát a gyártandó radionuklidnak megfelelően választják meg.

RADIONUKLID ELŐÁLLÍTÁSA ORVOSI CIKLOTRONBAN II.

O-18 (p,n) F-18



PET RADIOIZOTÓPOK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS FIZIKAI TULAJDONSÁGAI

Radio-izotóp	Felezési idő (perc)	Pozitron energia (MeV)	Magreakció	Nyaláb kinetikus energiatartománya (MeV)
O-15	2	1.72	$^{14}\text{N}(\text{d},\text{n})^{15}\text{O}$, $^{15}\text{N}(\text{p},\text{n})^{15}\text{O}$	8 - 0 10 - 0
N-13	10	1.19	$^{16}\text{O}(\text{p},\alpha)^{13}\text{N}$	16 - 7
C-11	20.4	0.961	$^{14}\text{N}(\text{p},\alpha)^{11}\text{C}$	13 - 3
F-18	110	0.635 (97%)	$^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$, $^{20}\text{Ne}(\text{d},\alpha)^{18}\text{F}$	16 - 3 14 - 0
Ga-68	68.3	1.90 (90%)	$^{69}\text{Ga}(\text{p},2\text{n})^{68}\text{Ge}$ $^{68}\text{Ga}(\text{generátor})$	22 - 13
Rb-82	1.3	3.35 (96%)	$^{85}\text{Rb}(\text{p},4\text{n})^{82}\text{Sr}$ $^{82}\text{Rb}(\text{generátor})$	60 - 40
Cu-64	12.7 (h)	0.653 (61%) (1.675 β^-)	$^{64}\text{Ni}(\text{p},\text{n})^{64}\text{Cu}$	18 - 8

HAZAI CIKLOTRON TÍPUSOK I.

Önárnyékolt típusok:

Eclipse-család:

❖ Eclipse-HP

- 11 MeV proton
- 2 x 60 μ A nyalábáram
- 2 külső nyalábvég (8 target)



❖ Eclipse- RD

- 11 MeV proton
- 80 μ A nyalábáram
- 2 külső nyalábvég (16 target)



HAZAI CIKLOTRON TÍPUSOK II.

Önárnyékolás nélküli típus:

GE PETtrace 800 ciklotron

16,5 MeV, H^+ és $^2H^+$ nyaláb



PET RADIOFARMAKON ELŐÁLLÍTÁSA



- Radiokémiai részleg nagy tisztaságú terében
- Árnyékolt, automatikusan szintetizáló forrófülkében
- A PET készítmények osztását, dozírozását, beadásra történő előkészítését és beadását árnyékolt automata berendezések végzik. A radiofarmakon a beadásig árnyékolás mögött marad.

Általánosan alkalmazott PET radiofarmakon:

FDG→F-18-al jelzett Fluor-Dezoxi-Glükóz (F-18 FDG)

KÉPALKOTÓ MÓDSZEREK

Anatómia

Fiziológia

Metabolizmus

Molekulák

Rtg / CT

SPECT / PET

MRI

MR spektroszkópia

fMRI

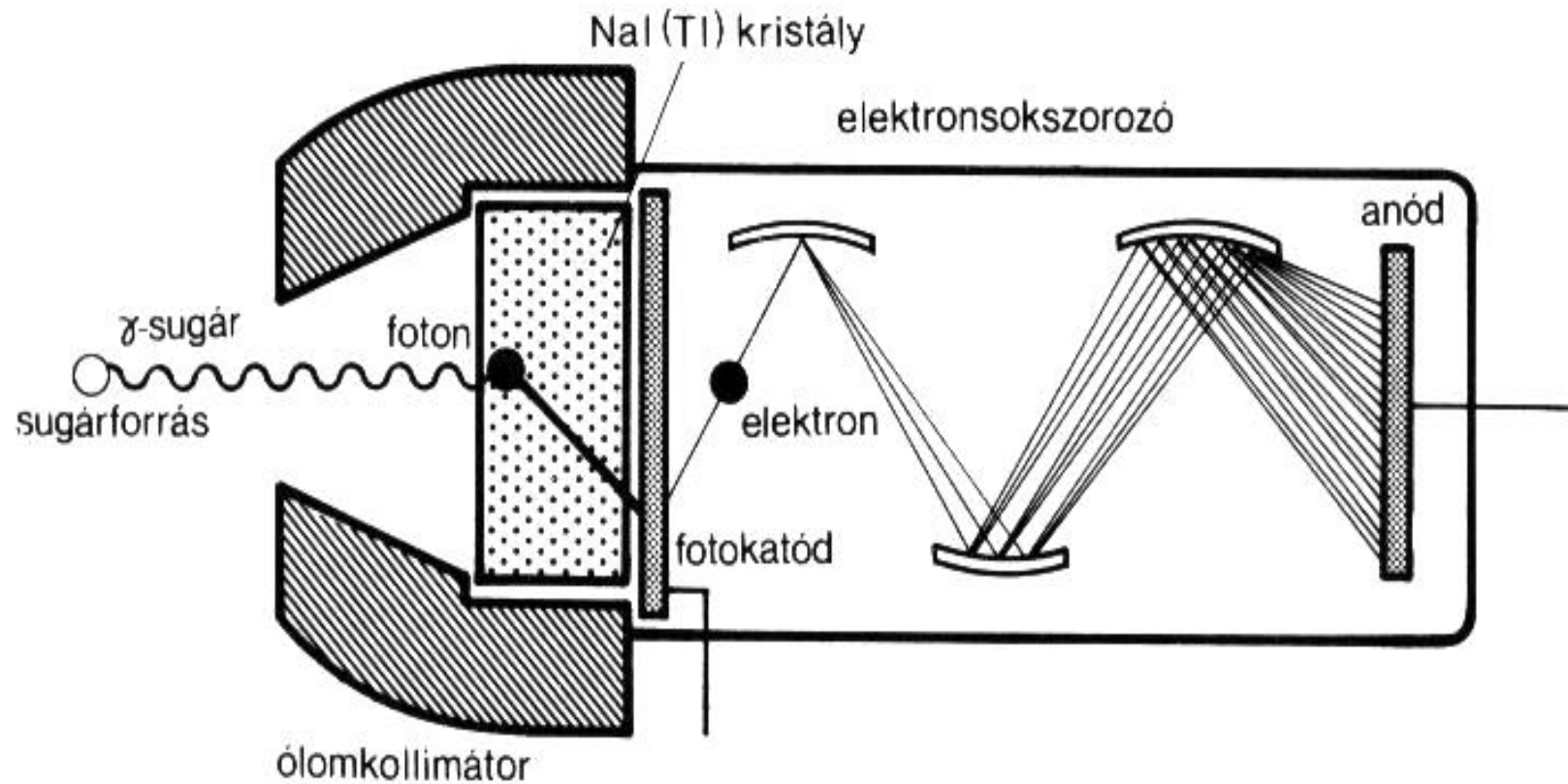
Ultrahang

Hibrid képalkotás: SPECT/CT, PET/CT, PET/MRI, SPECT/CT/PET

IN VIVO IZOTÓPDIAGNOSZTIKAI KÉPALKOTÓ BERENDEZÉSEK

- **Scanner**
- **Gamma (Anger) kamera**
- **SPECT**
- **SPECT/CT**
- **SPECT/CT/PET**
- **PET, PET/CT, PET/MRI**

SZCINTILLÁCIÓS DETEKTOR



Szcintillációs detektor felépítése

A fotonenergia a NaI-kristályban előbb fénné, majd a fotokatódon elektronokká konvertálódik. A kilépő elektronokból elektronsokszorozókkal lehet mérhető áramot előállítani

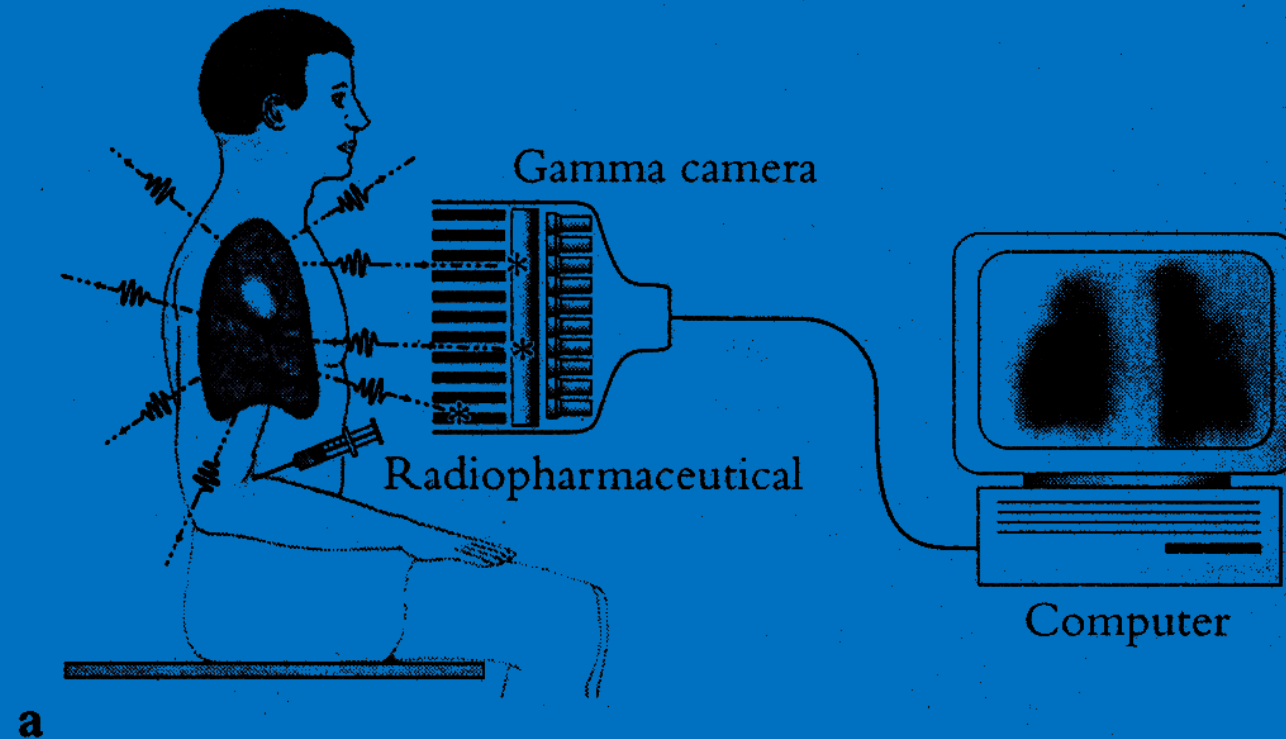
A LEKÉPEZÉST SZOLGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK I.

Scanner



A LEKÉPEZÉST SZOLGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK II.

Gamma kamera



Funkcionális kép: Radiofarmakon beadása – eljut a vizsgálandó szervbe, beépül / ugyanúgy viselkedik, mint az élő szerv – emisszió – képalkotás.

A LEKÉPEZÉST SZOLGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK II.

Gamma kamera



Számítógéppel összekapcsolva az időben gyorsan zajló folyamatok nyomon követése is lehetséges.

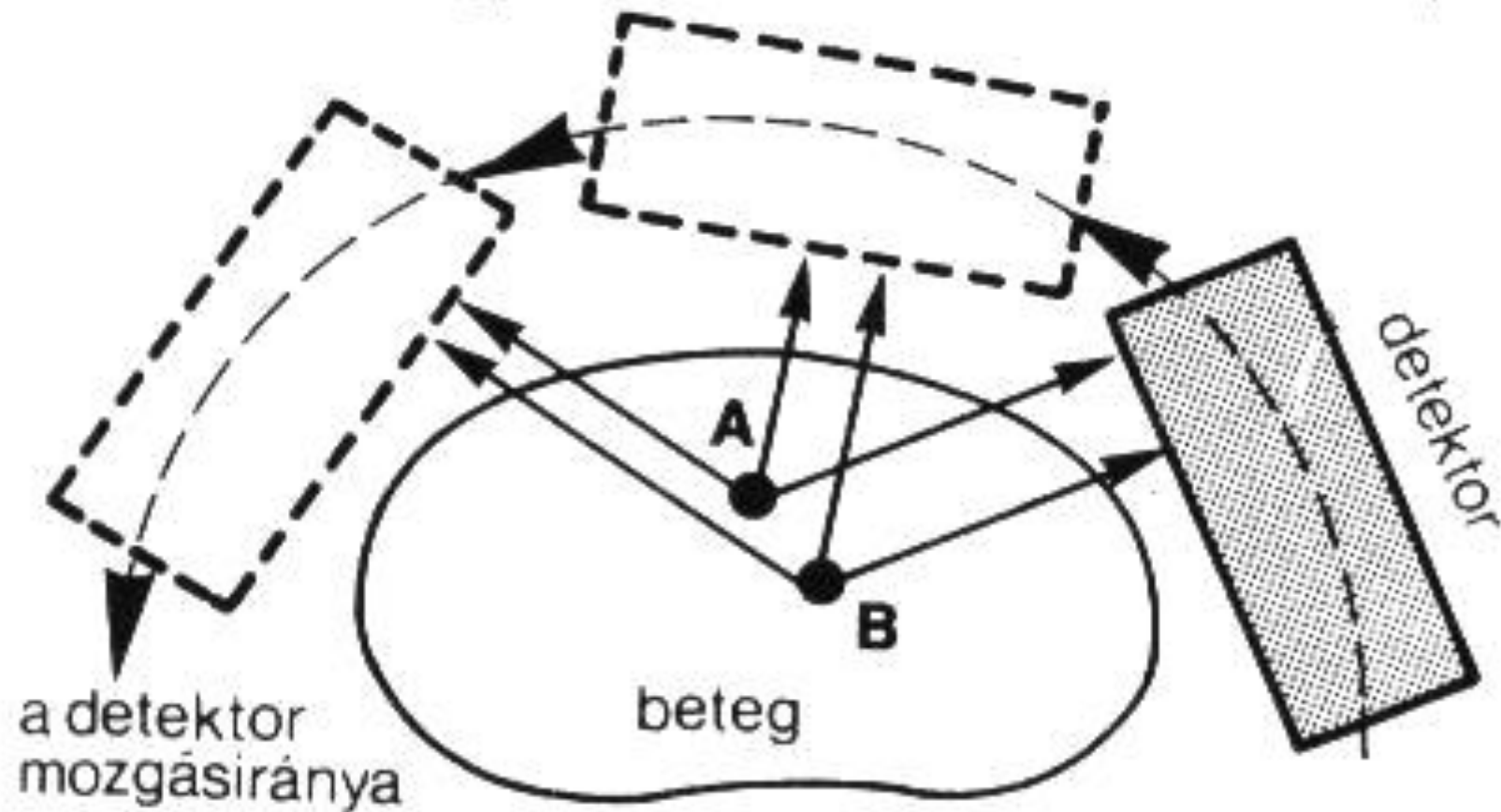
A LEKÉPEZÉST SZOLGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK III.

SPECT

(Single Photon Emissziós Computer Tomográf)



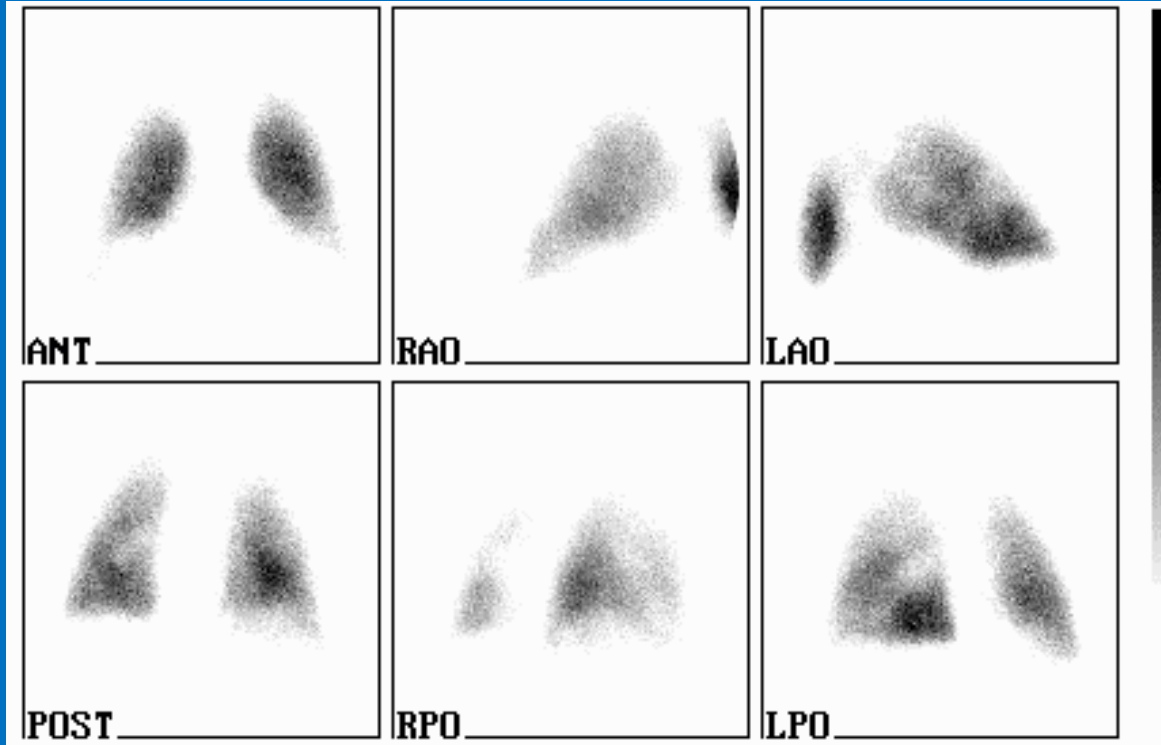
SPECT MŰKÖDÉSI ELVE



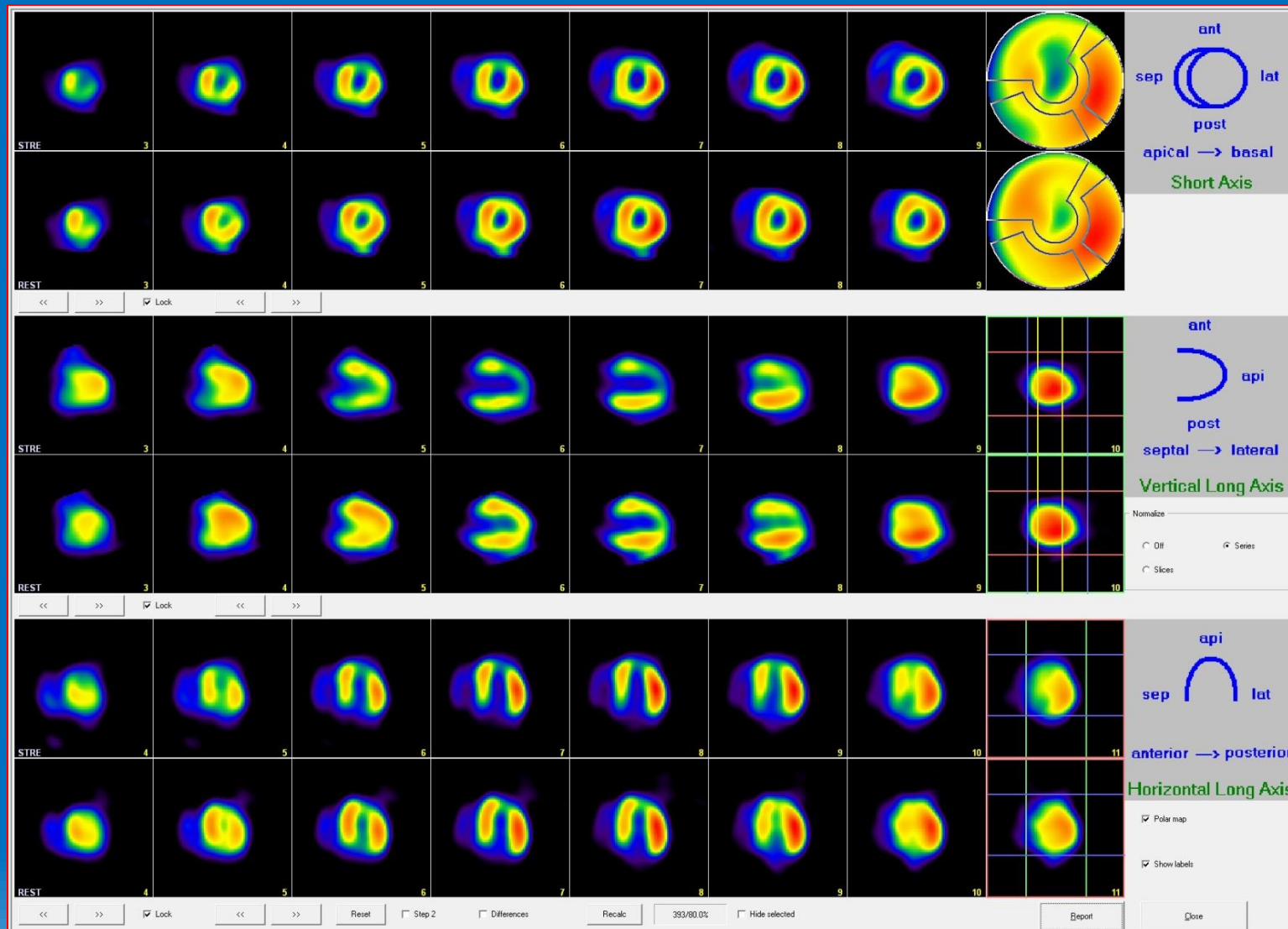
A SPECT elve

A test különböző pontjaiból (A, B) induló γ -fotonokat a testet körüljáró detektor több irányból regisztrálja a rétegekép-rekonstrukció érdekében

STATIKUS VIZSGÁLAT ÉS KIEGÉSZÍTŐ SPECT FELVÉTEL



SPECT VIZSGÁLAT



A LEKÉPEZÉST SZOLGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK IV.

SPECT/CT (2007-től)

(Hibrid készülék)



HIBRID BERENDEZÉSEK ÉS KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK

Napjainkban a radiológia és nukleáris medicina modern képalkotó berendezéseit ötvöző hibrid képalkotás fontos szerepet tölt be mind a klinikai diagnosztikában, mind a transzlációs kutatási folyamatokban.

A hibrid technológiák előnye, hogy az egymás utáni SPECT, PET, CT, és MR leképezések pontos megjelenítése történik és lehetségessé válik ezen képek fúziója.

A hibrid berendezések tehát olyan fúziós kombinált készülékek, melyek a funkció és morfológia együttes vizsgálatát, értékelését teszik lehetővé, egy időben, egy vizsgálaton belül, a beteg azonos pozíciójában.

Így a különböző információ tartalommal rendelkező képek egymás utáni értékelése nagymértékben fokozza a diagnosztikai pontosságot.

SPECT/CT FIELDS OF APPLICATION



- Diagnostic CT capability
- Attenuation correction
- Enhanced patient comfort
- Excellent industrial design



SPECT

Előnyök:

- funkcionális
- érzékeny
- a kóros szövet látható
- azonnal feltűnik

Hátrányok:

- aspecifikus
- nehéz lokalizálni
- nem ad méretet

CT

- pontos morfológia
- jól lokalizál
- részletdús metszetek
- etiológiai diagnózis

- nem „lát” funkciót
- túl sok információ
- nem elég érzékeny

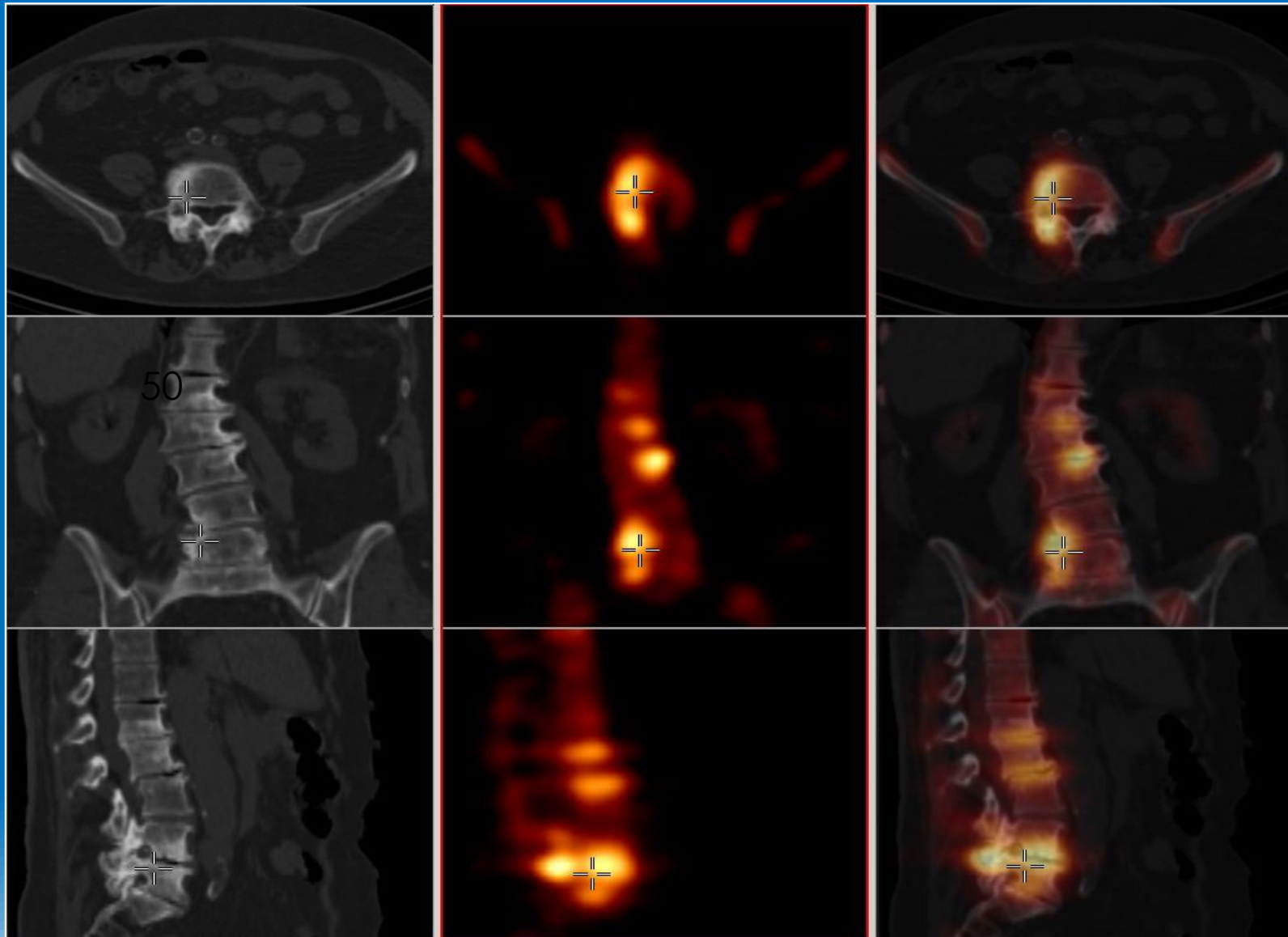
SPECT/CT: 1 + 1 = 3!

SPECT /CT VIZSGÁLAT

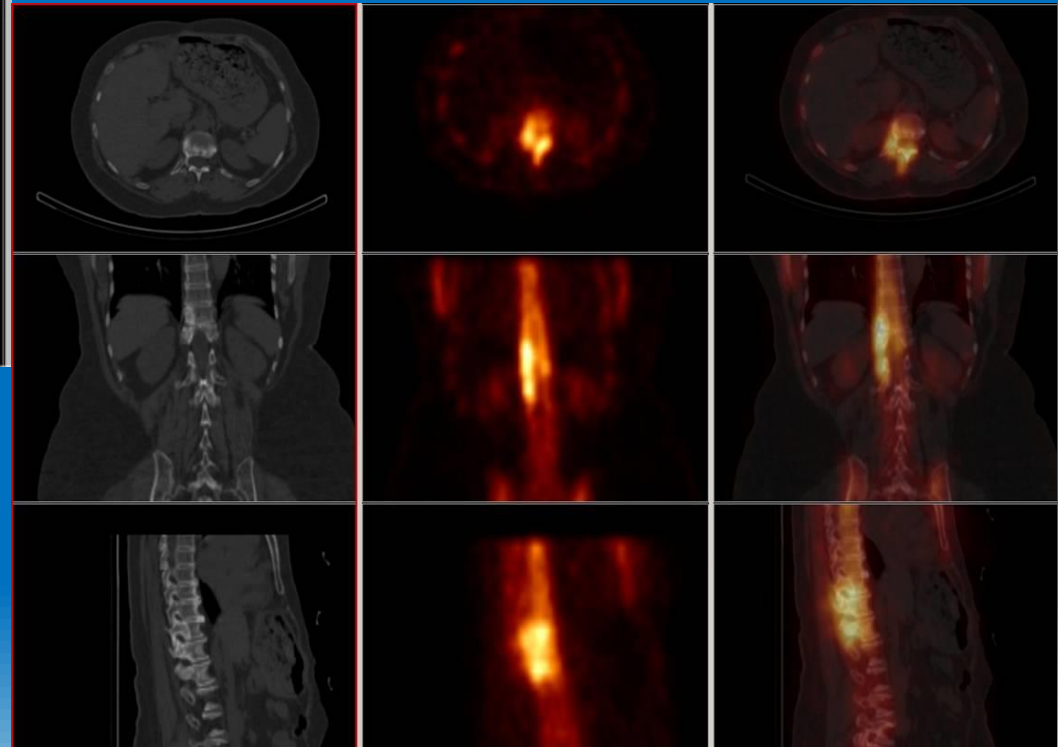
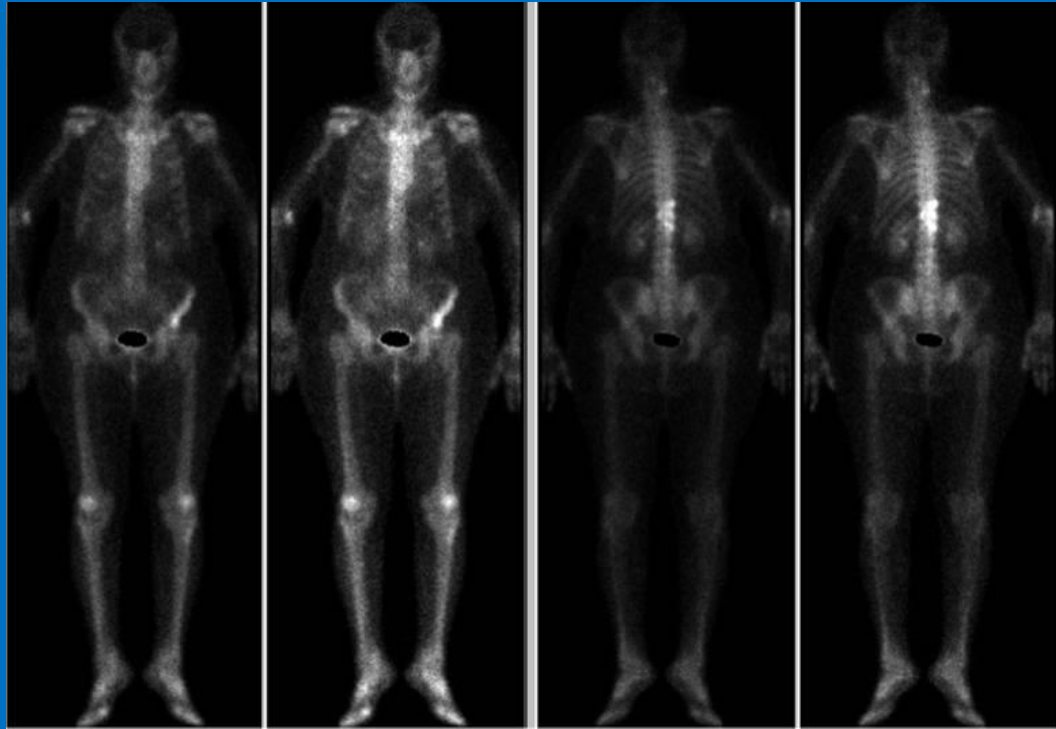
CT

SPECT

SPECT/CT



EGÉSZTEST ÉS KIEGÉSZÍTŐ SPECT/CT VIZSGÁLAT

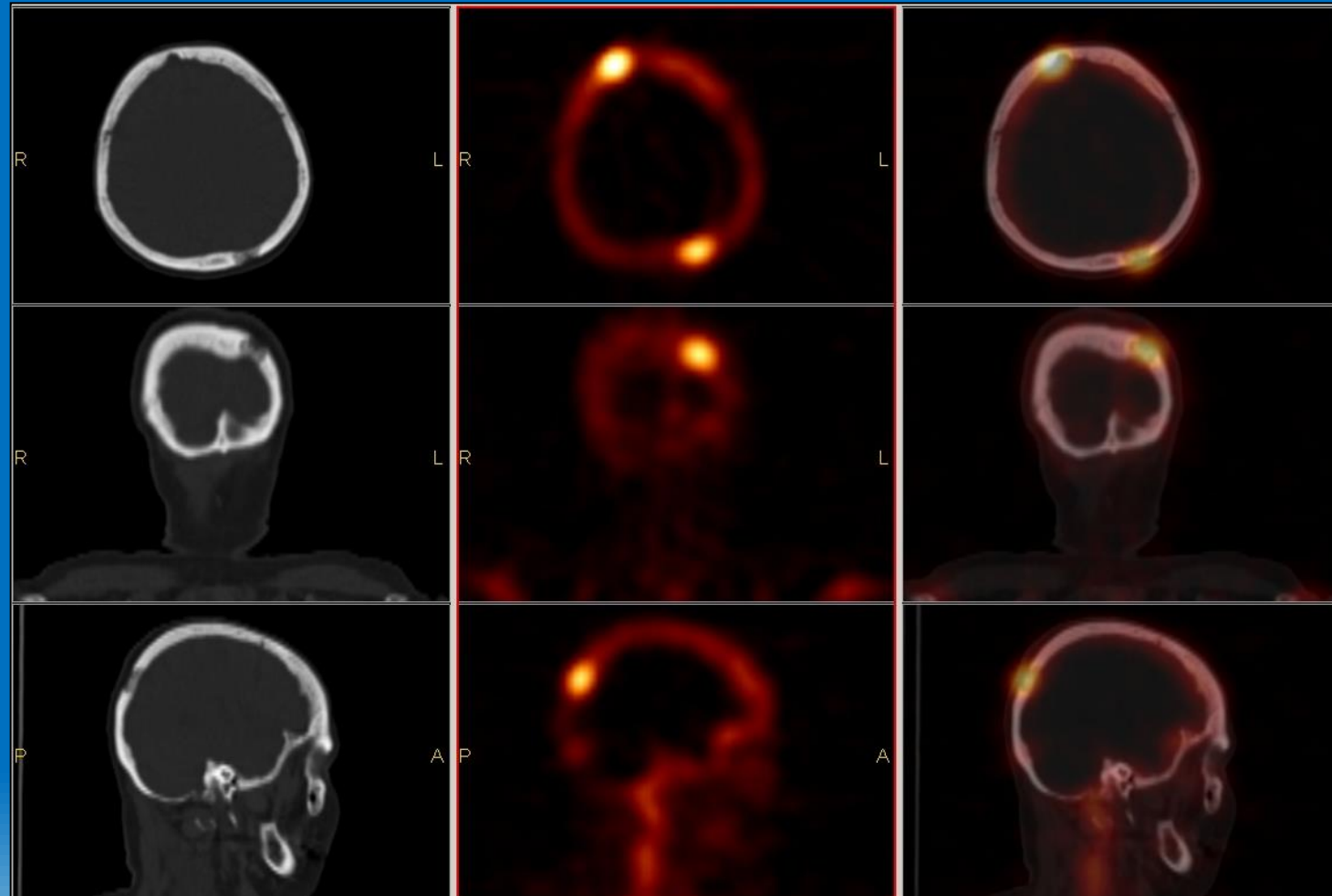


SPECT/CT VIZSGÁLAT

CT

SPECT

SPECT/CT



A LEKÉPEZÉST SZOLGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK V.

PET (Pozitron Emissziós Tomográf)

PET/CT: multimodalitás

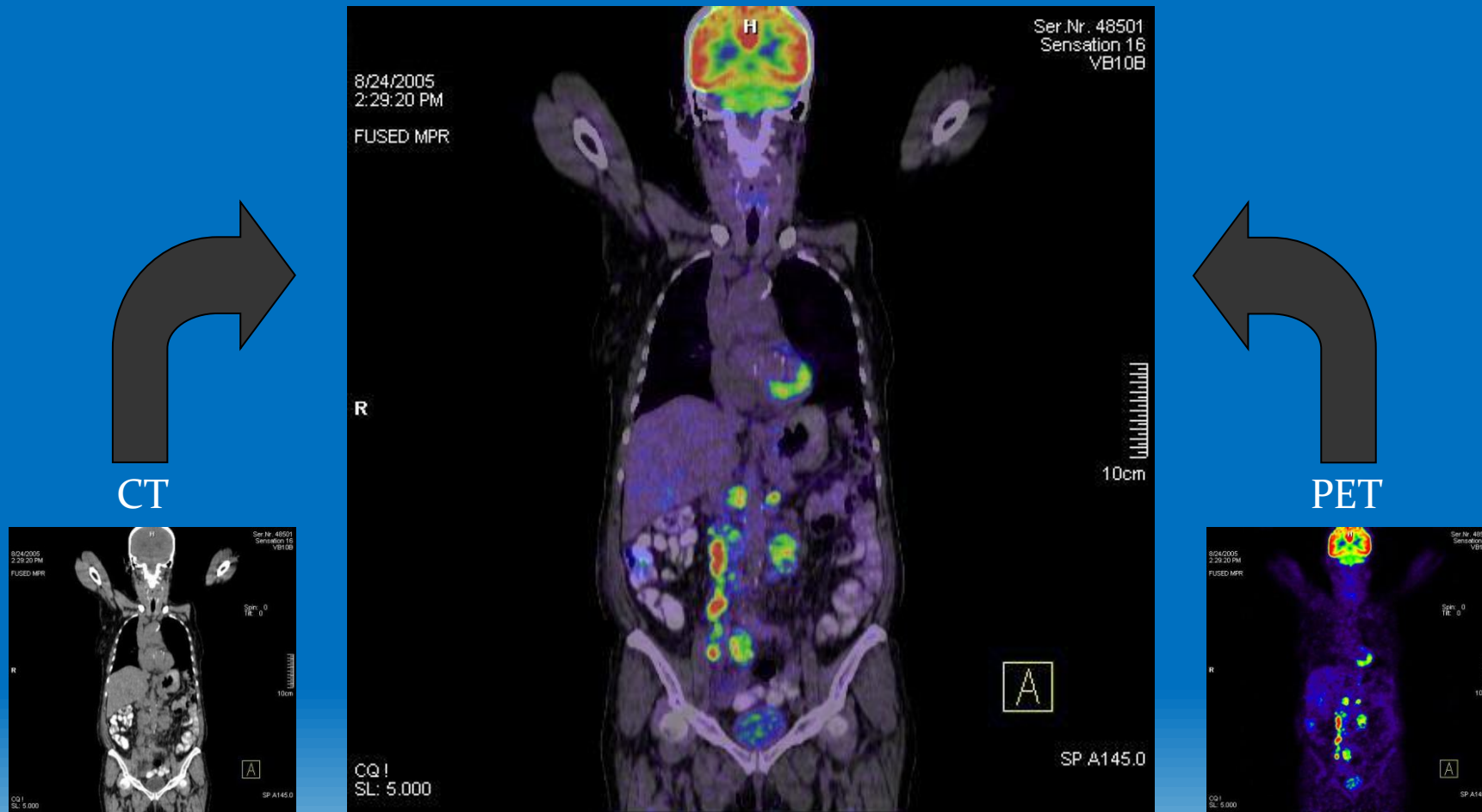


PET/CT



PET/CT (2000-től)

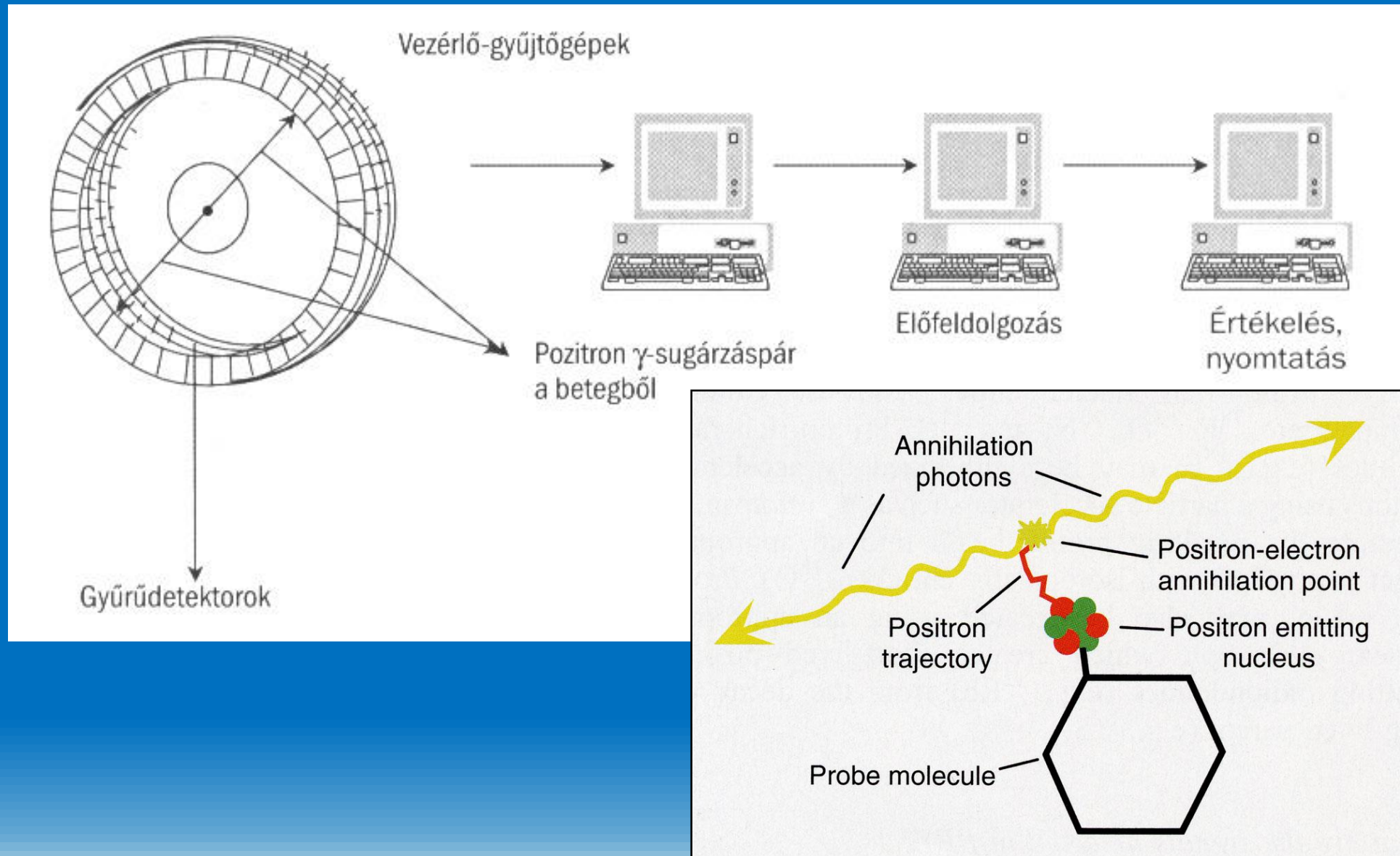
$$1+1=3$$



PET MŰKÖDÉSI ELVE I.

- A beadott radiofarmakon pozitron sugárzó anyag, a megsemmisülési vagy annihilációs sugárzást detektálja
- A vizsgálatokat rövid és ultrarövid felezési idejű izotópokkal (F-18, C-11, O-15, N-13) végzik, melyekkel az anyagcsere - folyamatok részletes megismerésére nyílik lehetőség

PET MŰKÖDÉSI ELVE II.



PET/CT VIZSGÁLATOK CÉLJA

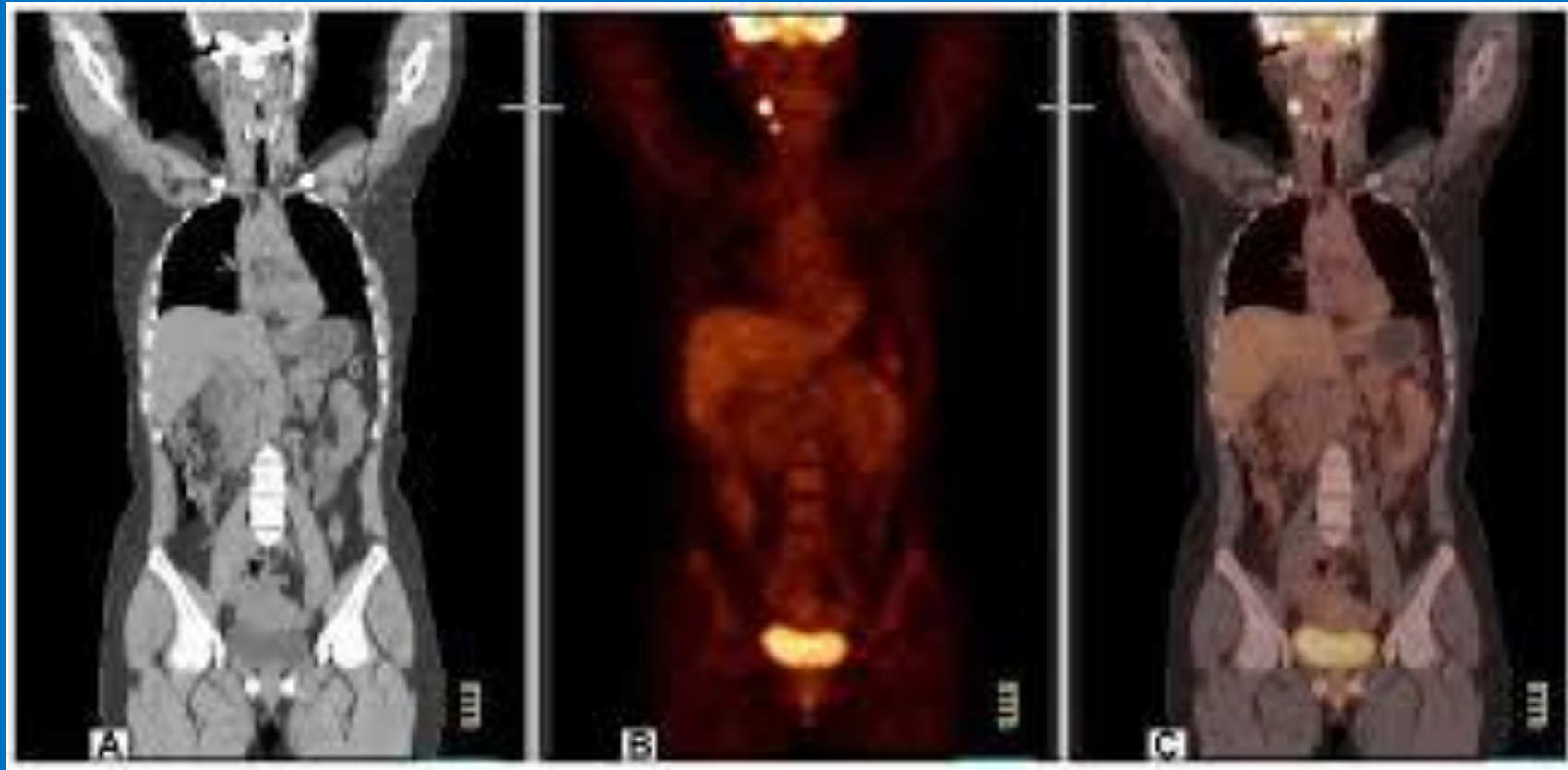
A Pozitron Emmissziós Tomográfia (PET) működésének lényege, hogy pozitront sugárzó izotópokkal jelölt molekulák segítségével képes a szervezet biokémiai folyamatait megjeleníteni.

A PET vizsgálat tehát a szervek működésbeli sajátosságait (pl. vérkeringés, glükóz anyagcsere stb.) ábrázolja.

A PET/CT nagy előnye, hogy a molekuláris biológiai adatokat anatómiai, strukturális információval kapcsolja össze, tehát a funkcionális elváltozás pontos anatómiai lokalizációjának, valamint az elváltozás etiológiájának meghatározására alkalmas képalkotó módszer.

Egyetlen vizsgáló eljárás keretében megállapítható a betegség súlyossága és stádiuma, ami megszabhatja a további kezelés irányát.

EGÉSZTEST 18-F-FDG PET/CT VIZSGÁLAT

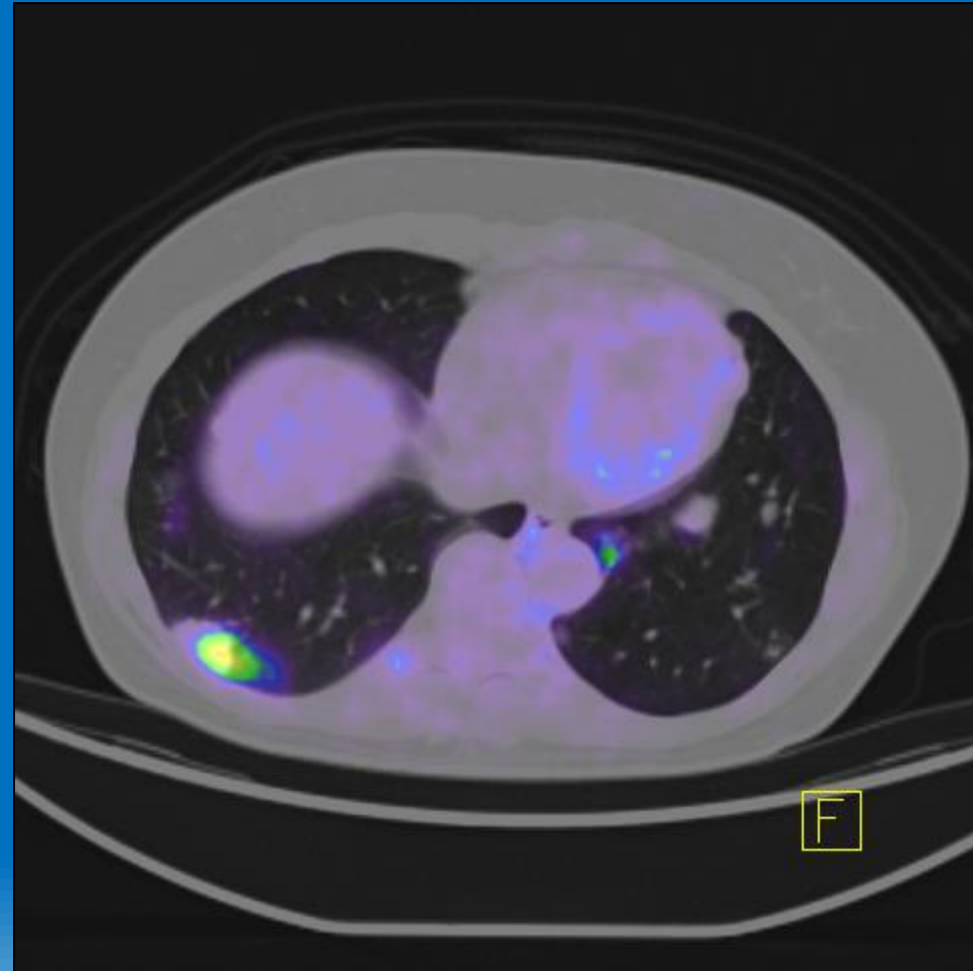
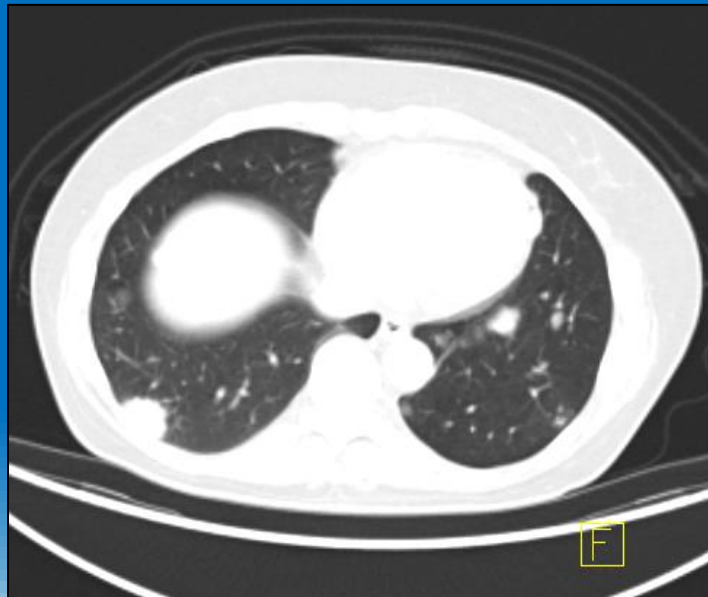
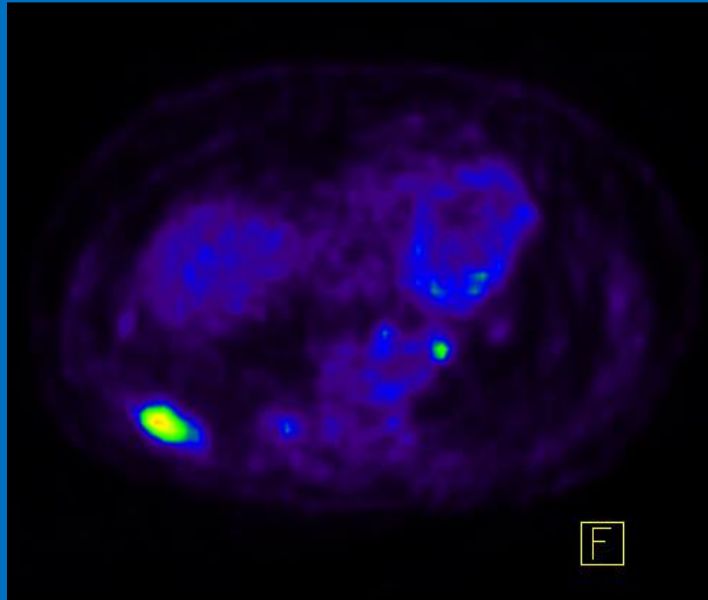


EGÉSZTEST 18-F-FDG PET VIZSGÁLAT



18-F-FDG PET/CT VIZSGÁLAT

Biopszia optimális helyének
meghatározása



18-F-FDG PET/CT VIZSGÁLAT

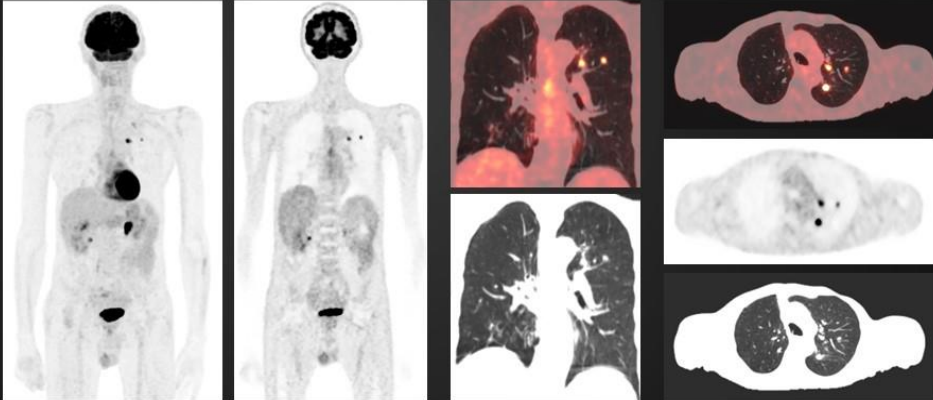
GE DISCOVERY IQ

DISCOVERY IQ 5-ring

½ THE TIME AND ½ THE DOSE¹

Equipment	Discovery IQ 5-Ring
Reconstruction	Q.Clear
Acquisition time	10 min (2 min/bed)
Injected Dose	97.8 MBq ¹⁸ F-FDG 1.8 MBq/kg
Patient BMI	18

10 min whole-body scan, 97.8 MBq (2.6 mCi) FDG



A GE által kifejlesztett PET kamerákkal a jelenleg legkorszerűbbnek számító GE Discovery IQ berendezés a vizsgálati időket 15 perc körüli időre, a vizsgálathoz szükséges aktivitásokat közel a felére csökkenti.



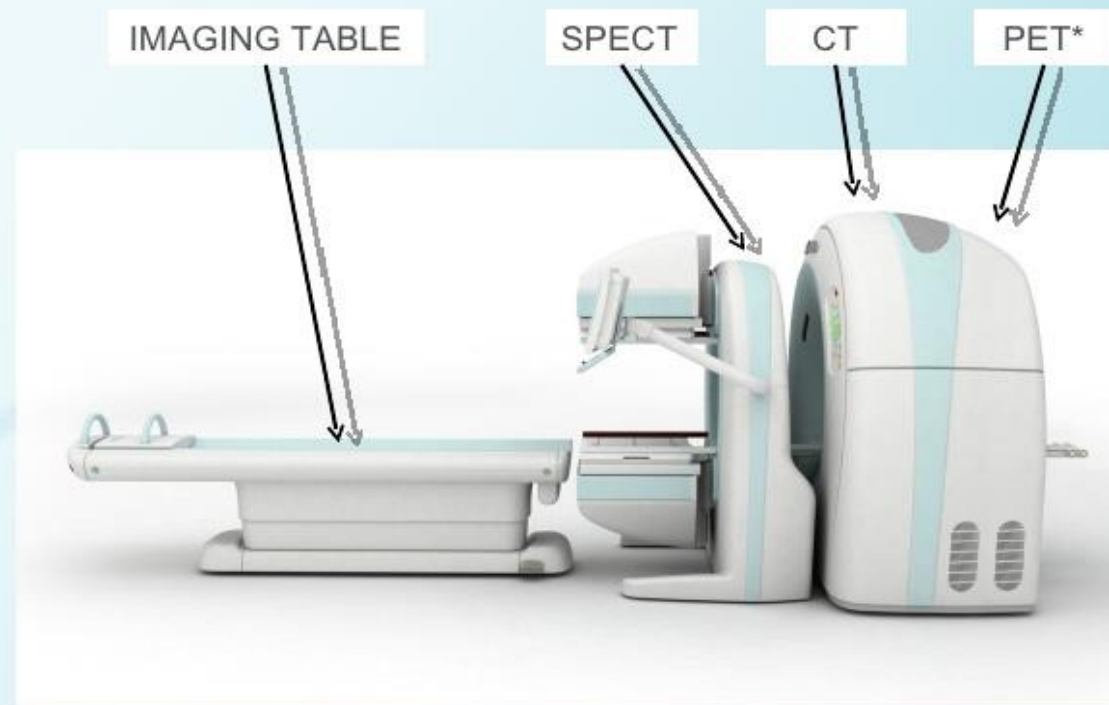
A LEKÉPEZÉST SZOLGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK VI.

HybridCT™ FAMILY

DHV/CT triple modality system

IMAGING FOR LIFE

Human line



SPECT/CT/PET



A LEKÉPEZÉST SZOLGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK VI.

PET/MRI



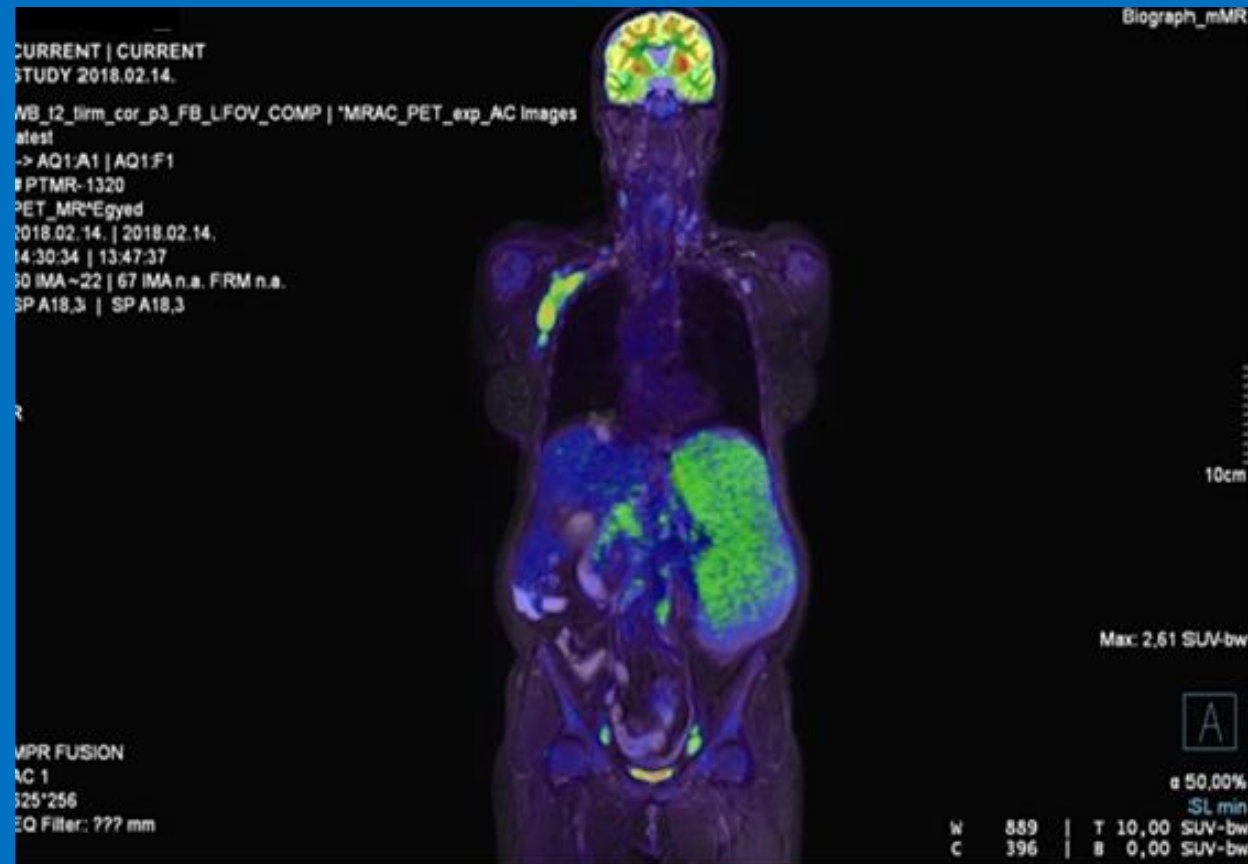
PET/MRI VIZSGÁLAT MÓDSZERE

A PET diagnosztikának az MRI-el (mágneses rezonancia) való kombinációja forradalmat jelent a 3D diagnosztikában.

A PET/MRI olyan hibrid képalkotó technológia, amely az MRI morfológiai és funkcionális adatok és a PET funkcionális tartalom **szimultán** begyűjtésére és egymásba vetítésére alkalmas.

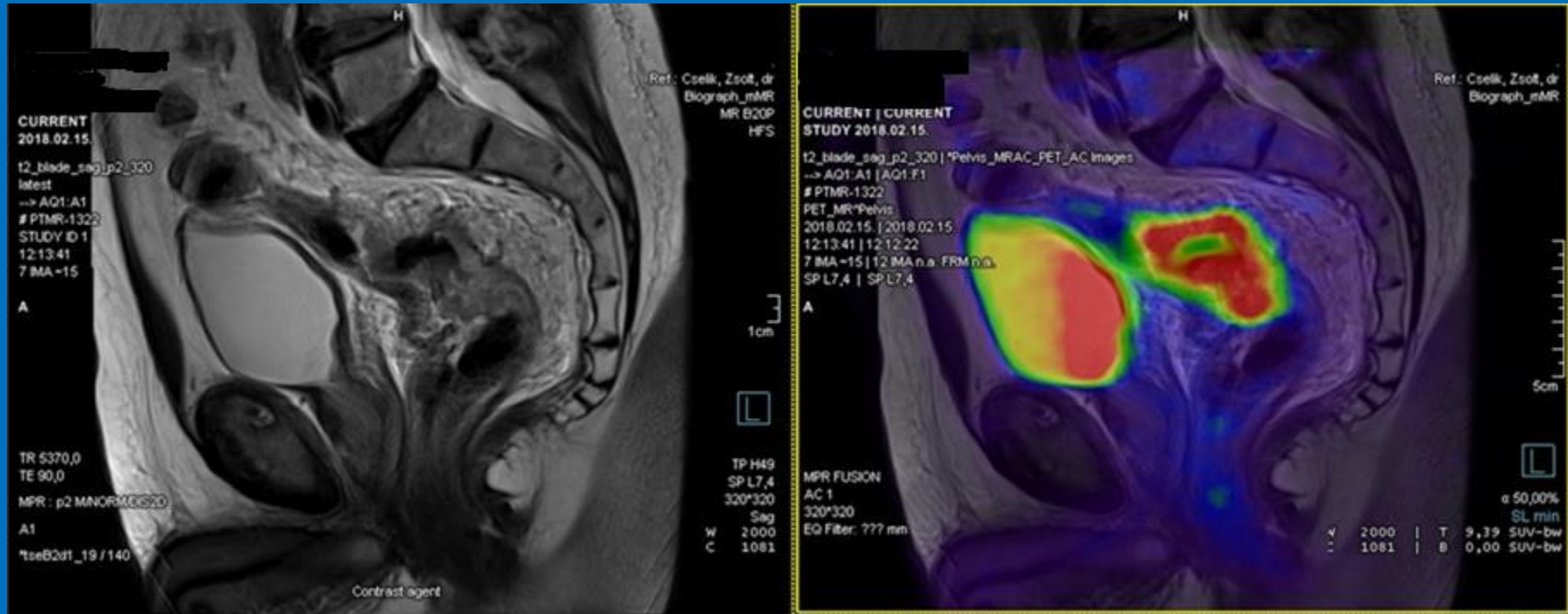
Az integrált PET/MRI teljes test berendezés egy gépbe épített, 3T térerejű MRI és PET képalkotó rendszereket egyesít, mely lehetővé teszi a szimultán (egy időben és azonos pozícióban történő) 3D diagnosztikai célú adatgyűjtést, **ezáltal biztosítva** a két eljárással nyert képek csaknem egyidejű illesztését **és a** mozgásból adódó műtermékek (pl. **szív, máj**) optimális kiküszöbölését.

EGÉSZTEST PET/MRI VIZSGÁLAT



PET és MRI képek fúziója

PET/MRI VIZSGÁLAT



T2 súlyozott sagittalis
síké MRI kép

PET AC és T2 sagittalis MRI
képek fúziója

BERENDEZÉSEK MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA I.

- ❖ A nukleáris medicinában elengedhetetlen a vizsgáló eszközök, gamma kamerák működőképességének, a működés minőségének rendszeres ellenőrzése.
- ❖ Minősbiztosítási program:
 - Napi ellenőrzések: fotocsúcs állítás, homogenitás vizsgálat kollimátorral, háttéraktivitás ellenőrzése. Hibrid berendezések esetén CT felfűtése, és levegőkalibráció
 - Hetente végzett ellenőrzések: a digitális kamera homogenitásának ellenőrzése
 - Havonta végzett ellenőrzések: SPECT kamera középpont vándorlás kalibráció
 - Negyedévente végzett ellenőrzés: energia és uniformitás kalibráció (ennél gyakrabban, ha ezt az uniformitás teszt nem kielégítő eredménye indokolja)

BERENDEZÉSEK MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA II.

- ❖ A szakszerviz félévente ellenőrzi a gamma kamerákat és elvégzi a berendezések karbantartását. A szakszervizzel karbantartási szerződést kell kötni.
- ❖ Hibrid berendezések (SPECT/CT, PET/CT) CT részegységére vonatkozó minőségbiztosítási program:
 - Csak olyan berendezés üzemeltetése engedélyezhető, amelyre vonatkozóan az OAH, vagy 2016. január 1. előtt az ÁNTSZ OTH előzetesen már engedélyezte a forgalomba hozatalt (típusengedély)
 - A berendezések használatba vétele előtt a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet - az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól – szóló rendelet értelmében az NNGYK átvételi vizsgálatot végez azon működési jellemzők rögzítése céljából, amelyek a továbbiakban a minőségügyi program összehasonlító értékeiként szolgálnak

BERENDEZÉSEK MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA III.

- ❖ Orvosi izotópdiagnosztikai laboratóriumban kötelező beszerezni felületi szennyezettség mérőt, valamint sugárvédelmi dózismérőt.
- ❖ A sugárvédelmi célú műszerek működő képességét, hitelességét folyamatosan fenn kell tartani. A műszerek elemeit legalább negyedévente cserélni kell. A műszereket a Budapest Főváros Kormányhivatala (BFKH) Metrológiai és Műszaki Felügyelet Főosztály Sugárfizikai és Kémiai Mérések Osztályával 2 évenként hitelesíttetni kell.



RS232 Interfész Csatlakozó az áramforráshoz

BERENDEZÉSEK MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA IV.

Aktivitás mérők
Aknás ionizációs kamrák



Isomed

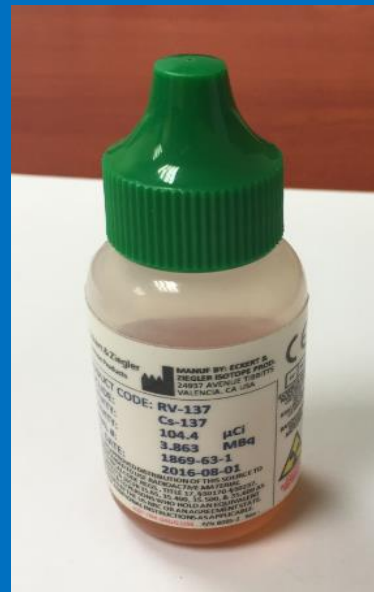


Atomlab 500

A radioaktív gyógyszer (radiofarmakon) aktivitását a beadás előtt aktivitás mérővel/dóziskalibrátorral meg kell mérni

BERENDEZÉSEK MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSA V.

Aktivitás mérők kalibrációja



Kalibráló zárt sugárforrások: 57-Co, 133-Ba, 137-Cs, stb.

2001. előtt hitelesítés, 2001. után kalibráció

Az aktivitásmérőt rendszeresen kalibráltatni kell a Budapest Főváros
Kormányhivatala Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály,
Sugárfizikai és Kémiai Mérések Osztályával

KÖSZÖNÖM A MEGTISZTELŐ FIGYELMET!

A ma a PET-CT-é!

