

Ionizáló sugárzást kibocsátó egészségügyi

Diagnosztikai és terápiás munkahelyek

Mulvai János
röntgen fejlesztőmérnök
sugárvédelmi szakértő

Semmelweis Egyetem
átfogó fokozatú továbbképző tanfolyam

2023. április-május

Tartalom

Tematika:

2.3.3. Egészségügyi szakirányhoz kapcsolódó elvárások

2.3.3.1. Terápiás és diagnosztikai berendezések ismerete

Tételek:

11.Minősbiztosítási, minőségellenőrzési vizsgálatok folyamata

11.1. Egészségügyi alkalmazások, beleértve oktatást és kutatást

11.1.1.Sugárterápiás és radiológiai berendezések
minőségellenőrzése, a nukleáris medicinában alkalmazott főbb
minőségellenőrzési módszerek

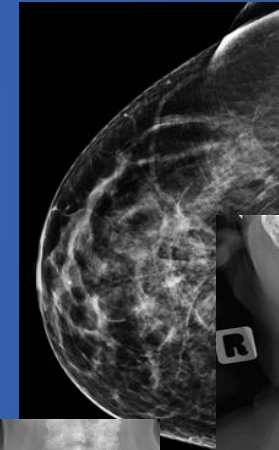
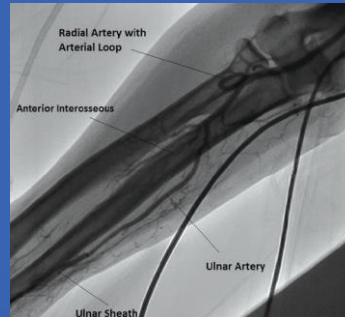
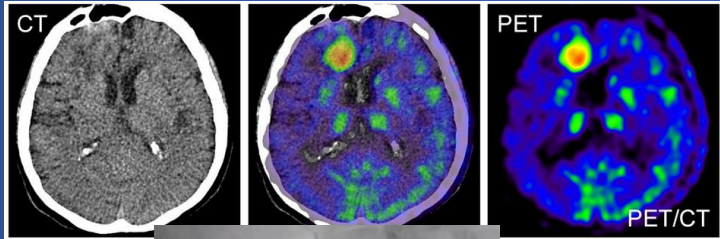
Tartalom

Diagnosztikai berendezések:

- felvételi munkahelyek
- átvilágító berendezések
- tomográfiás berendezések
- mammográfiás berendezések
- fogászati intraorális és extraorális berendezések
- angiográfiás berendezések - DSA
- csontsűrűség mérők
- CT
- PET / SPECT berendezések

Terápiás berendezések:

- felületi terápiás berendezések
- ortovoltos berendezések
- gyorsítók
- brachyterápiás berendezések



Ionizáló sugárzások

egészségügyi felhasználása

Diagnosztika

(az ionizáló sugárzás fizikai, kémiai hatása)

Röntgensugárzás
■ Hagyományos
röntgen
diagnosztika

■ Intervenciós
radiológia
(CT, DSA)
■ (UH, MRI)

Nukleáris medicina
Izotópdiaagnosztika

■ Szcintigráfia
■ PET, SPECT

Hibrid modalitások

■ PET-CT
■ PET-MRI
■ SPECT-CT-PET

Terápia

(az ionizáló sugárzás biológiai - sejtpusztító hatása)

TELETERÁPIA

■ Kobaltágyú
■ Röntgen terápia
– Felületi terápia
– Mélyterápia –
ortovoltos besugárzás
■ Lineáris gyorsítók

BRACHYTERÁPIA
zárt sugárforrás

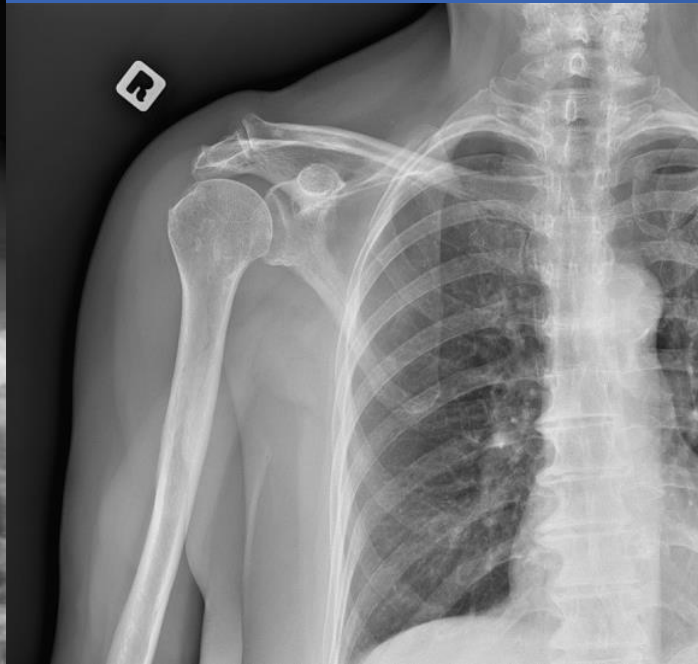
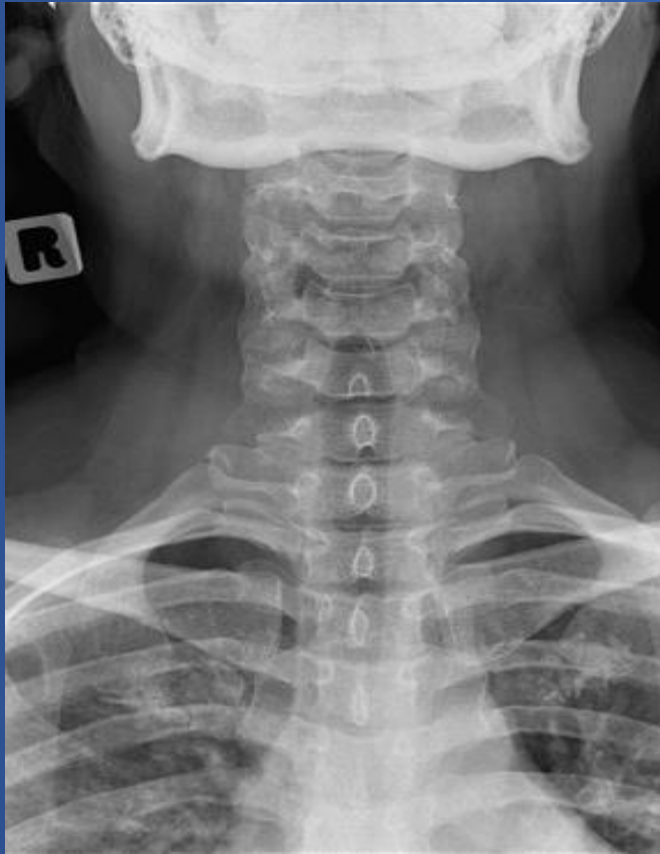
Nukleáris medicina
Izotópterápia
nyitott sugárforrás

Diagnosztika

Hagyományos röntgendiagnosztika

felvételezés (radiográfia)

40..150 kV; 0,5..630 mAs ; max. 6 sec.



Vizsgálószerkezet

felvételi munkahely - mennyezeti

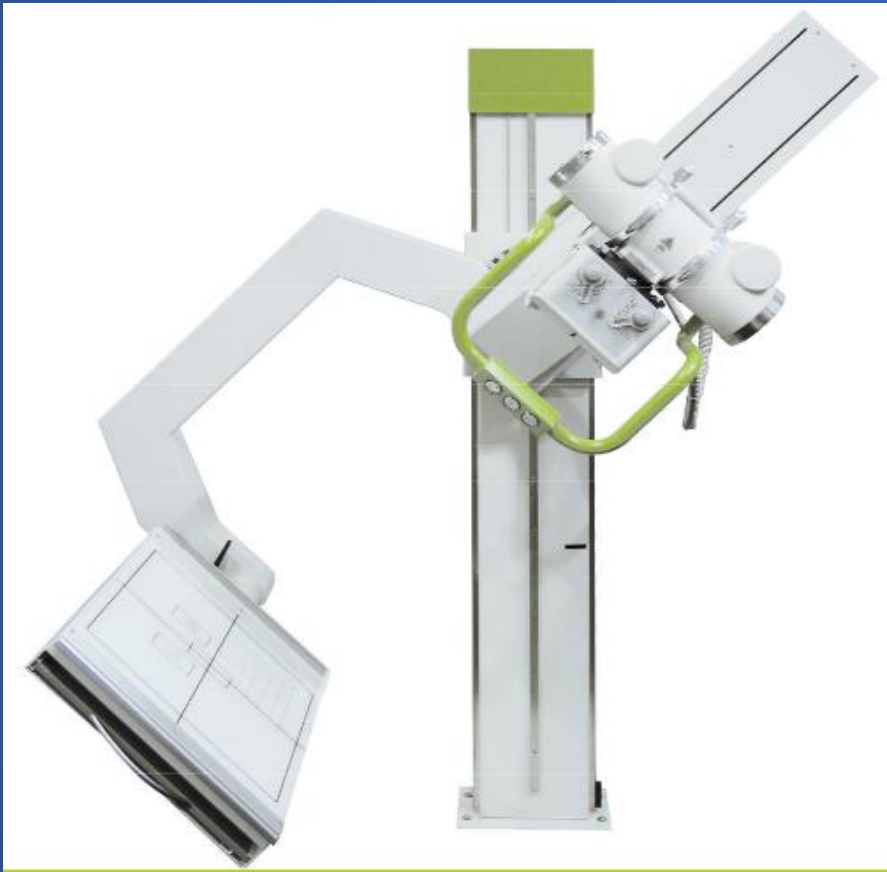


felvételi munkahely - padlósínes



Vizsgálószerkezet

felvételi munkahely - „S” karos



felvételi munkahely - „Z” karos



Vizsgálószervezet

gördíthető asztal



elevátoros asztal



faliállvány



Vizsgálószervezet

felvételi munkahely - két oszlopos



Vizsgálószerkezet

tüdőszűrő kabin



tüdőszűrő busz



Vizsgálószerkezet

kórtermi felvételező



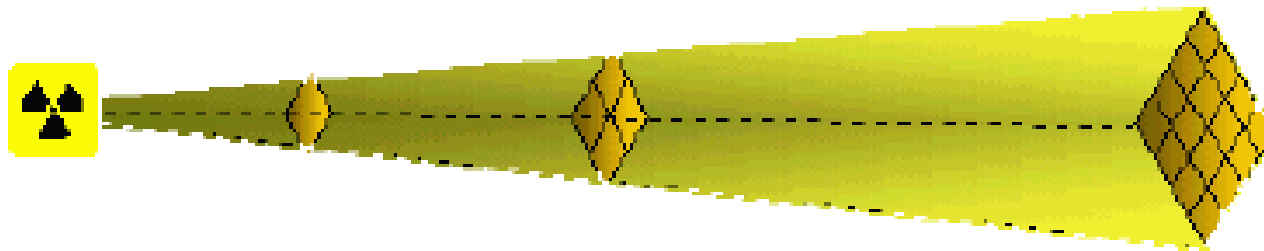
Röntgendiagnosztika – páciensdózis (DAP) irányadó szintek

OENO kód	Eljárás megnevezése	Átmeneti diagnosztikai irányadó szint, (DAP, mGy.cm ²)
31310	Mellkasfelvétel, AP/PA	600
31820	Térd, kétirányú felvétel	300
31840	Boka, kétirányú felvétel	100
31650	Medence, AP felvétel	6.000
31440	Has natív felvétel	4.000
31740	Csukló, kétirányú felvétel	75
31102	Koponyafelvétel, kétirányú	1000
31860	Láb, kétirányú felvétel	115
31604	Váll, AP felvétel	1200
31542	Lumbalis gerinc, kétirányú felvétel	5.000
31720	Könyök, kétirányú felvétel	110
31760	Kéz, kétirányú felvétel	100
31512	Nyaki gerinc, kétirányú	750
31653	Csípőízület, Lauenstein felvétel	2.500
31810	Femur, kétirányú felvétel	1000
31731	Alkar, kétirányú felvétel	150
31762	Kézujjak kétirányú felvétele	15
31420	Vese és hólyag natív felvétel	7.000
31541	Lumbalis gerinc, oldalirányú felvétel	4.000

Röntgendiagnosztika – páciensdózis (DAP) irányadó szintek

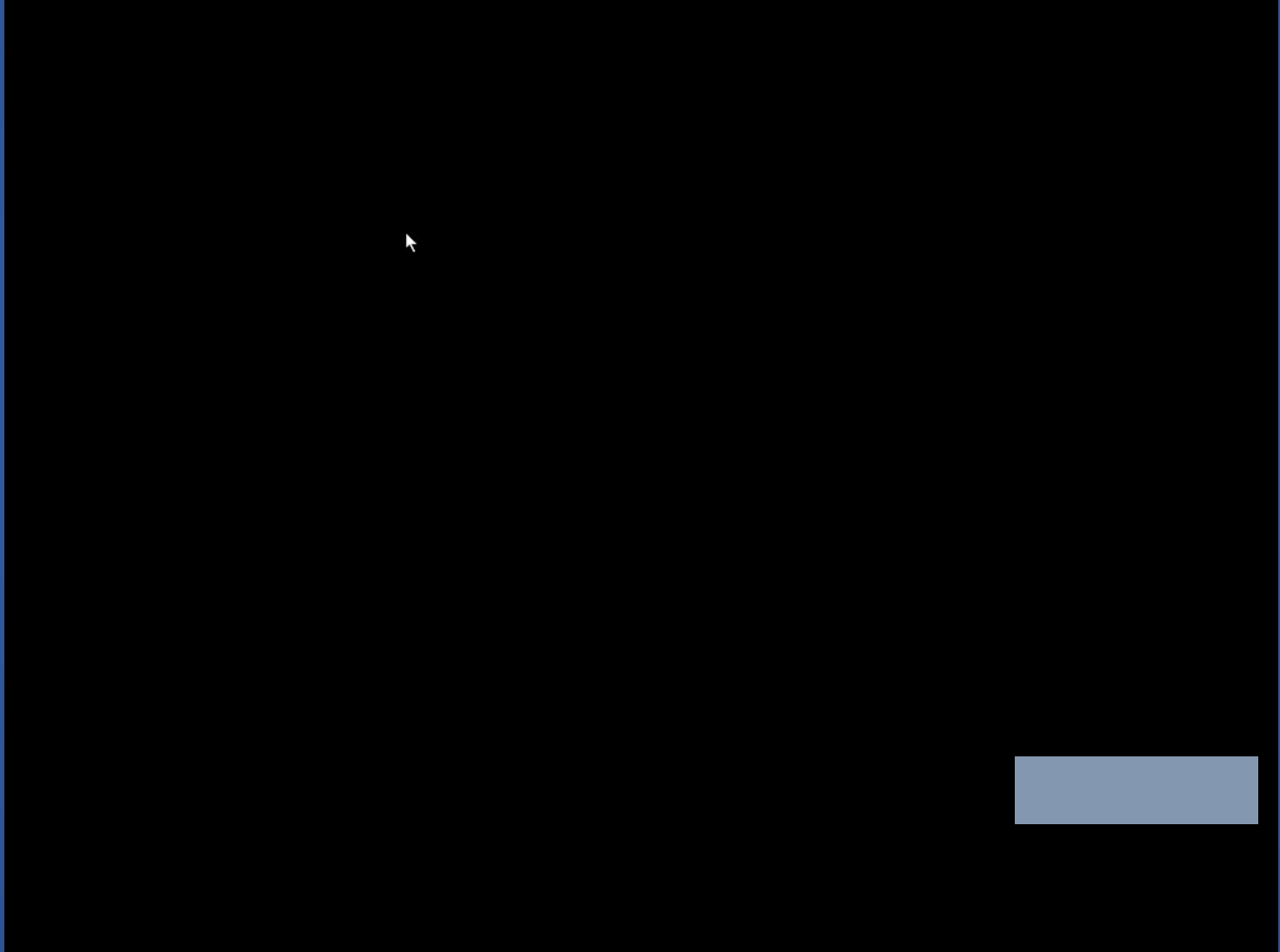


4 Gy	0,5 m	1 Gy	1 m	0,25 Gy	2 m
25 cm ²		100 cm ²		400 cm ²	
100 Gy cm ²		100 Gy cm ²		100 Gy cm ²	



átvilágítás (fluoroszkópia) folyamatos, impulzus, rapid szeriográfia

40..110 kV; 0,5..10 mA; a teljes átvilágítás dokumentálható.



impulzus átvilágítás

A páciens folyamatos sugárterhelése helyett csak a képtárolás pillanatában exponálunk. (1; 4; 8; 15; 25; 30 fps) Ezzel a folyamatos élőképpel azonos képminőség – töredék páciensdózis.

rapid szeriográfia (átvilágításból indított sorozat felvételezés)

Átvilágítási sugármenetből indított, emelt kV és mA paraméterekkel exponált egyetlen kép vagy folyamatos képsorozat. Nagy generátor-, cső-, detektor- és vezérlő PC teljesítményt igényel.

átvilágítás

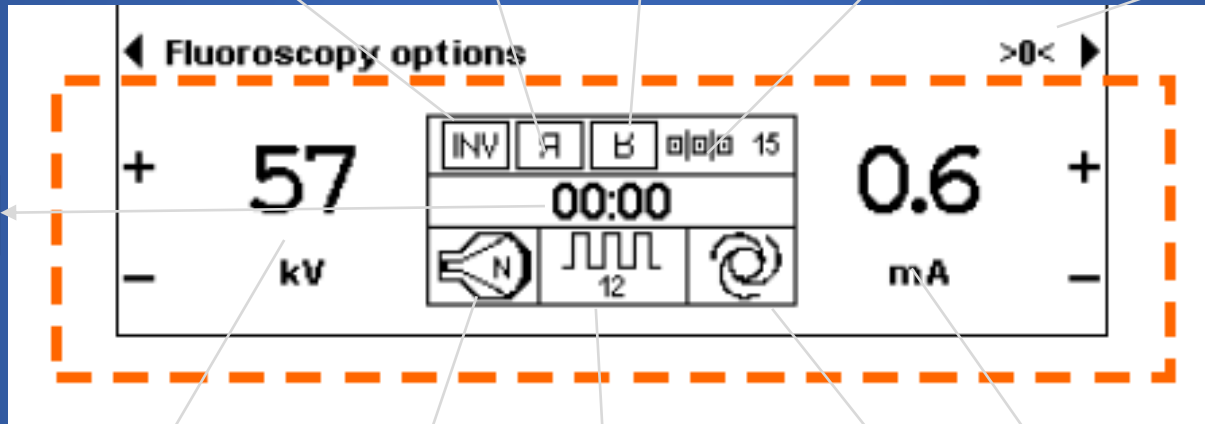
invertálás

tükrözés

forgatás

rapid 15fps

nullázás



átvilágítási idő

átvilágítási kV

nagyítás

impulzus fluoro 12 fps

bekapcsolt ABS

átvilágítási mA

Vizsgálószerkezet

felsőcsöves, távirányítású átvilágító berendezés



Vizsgálószerkezet

alsócsöves, helyi kezelésű átvilágító

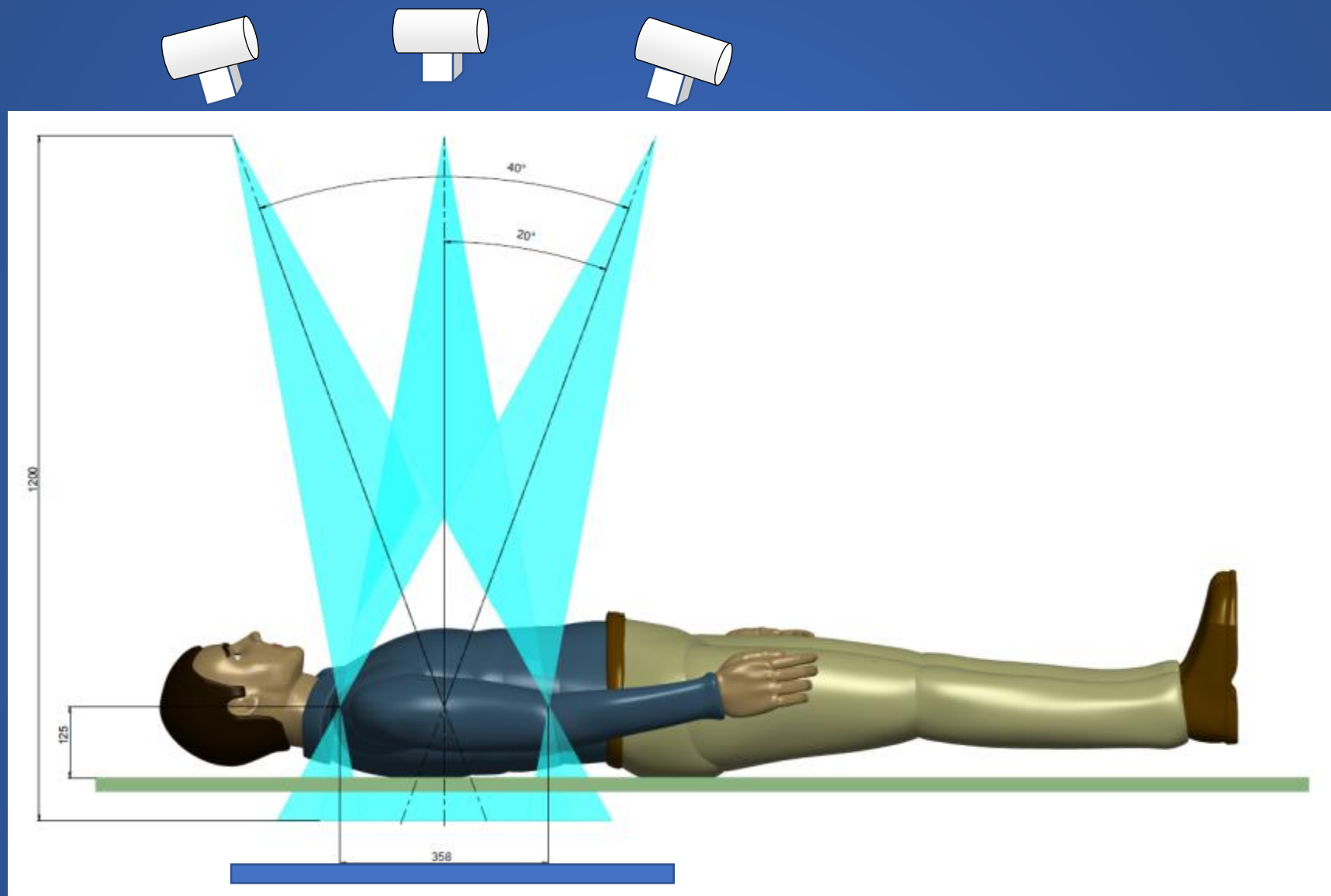


Vizsgálószerkezet

C-íves (sebészeti) röntgenberendezés



tomográfia (rétegfelvételezés, DTS)



Mediagnost vizsgálószerkezet bemutató ábra

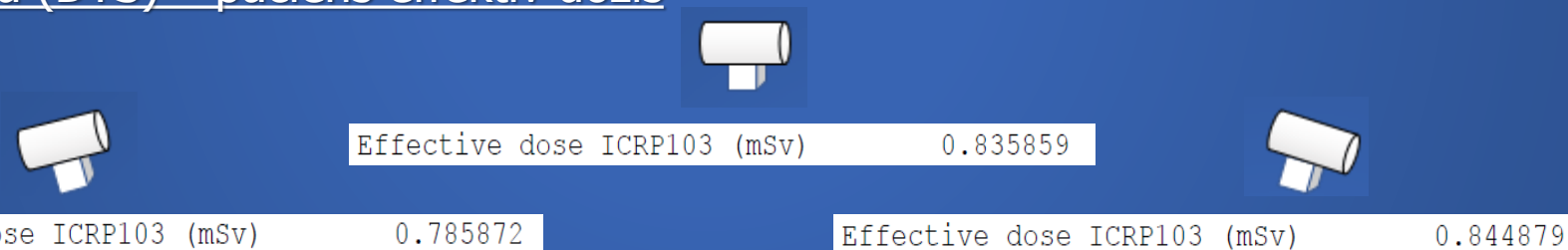
tomográfia (rétegfelvételezés, DTS)

80..90 kV; 1..2 mAs; 8 sec.

DTS/digitális tomoszintézis: A páciensről 40 felvétel készül, +20..-20 fok lefutási irányokból, melyekből a metszeti képek előállíthatók.

A DTS fontos jellemzője, hogy miközben a teljes páciens-sugárdózis összevethető egy korszerű hagyományos felvételi röntgen dózisával, addig a DTS elváltozás detektáló képessége, legalább egy nagyságrenddel jobb, mint a felvételezése.

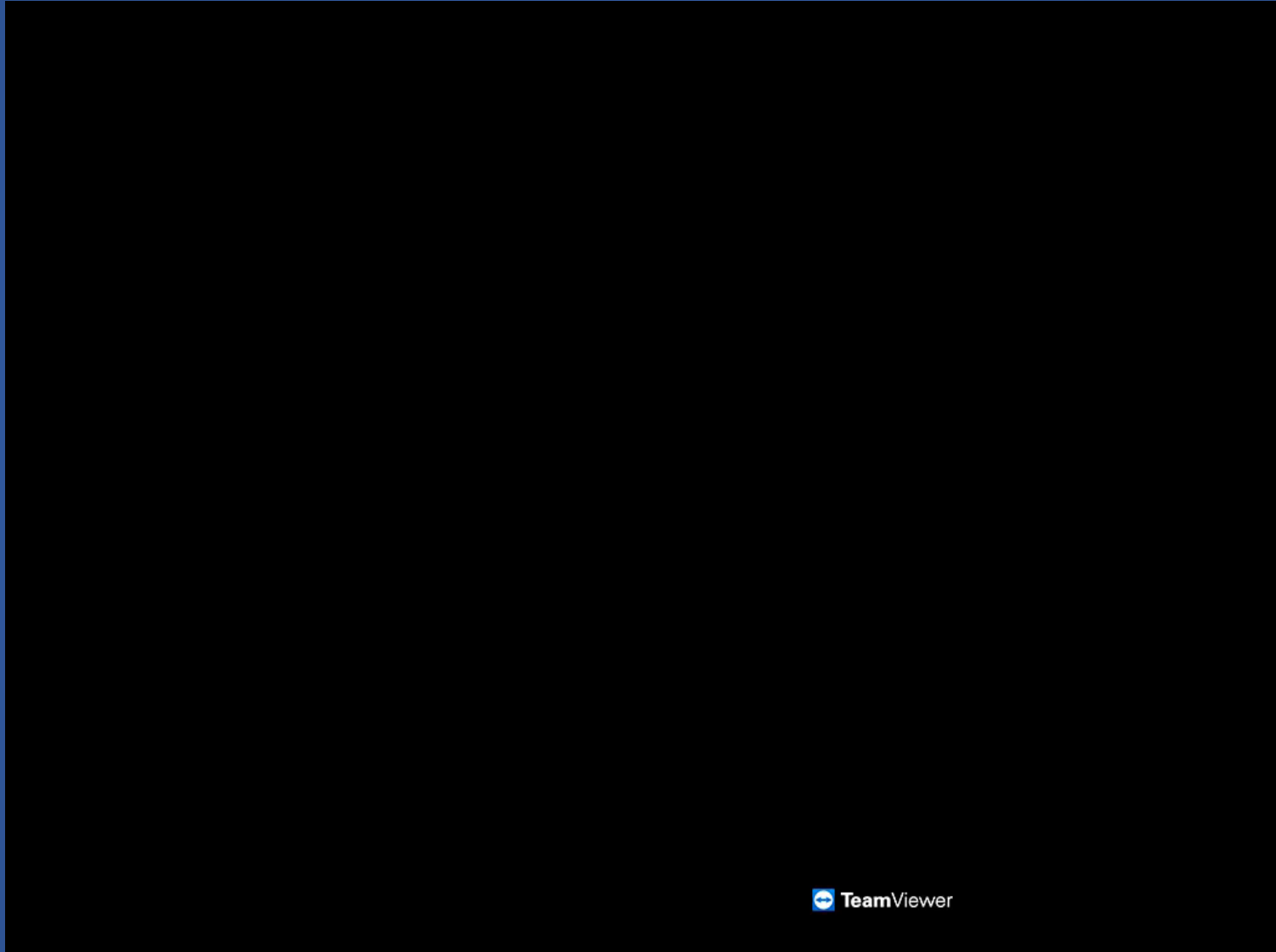
tomográfia (DTS) – páciens effektív dózis



Átlag effektív dózis E = 0,8222003 mSv

90 kV; sum 44 mAs; 2,9 mm Al; 31x28 cm mezőméret; normál páciens - (PCXMC 2.0; Elek Richárd NNK SFO)

tomográfia (rétegfelvételezés, DTS)

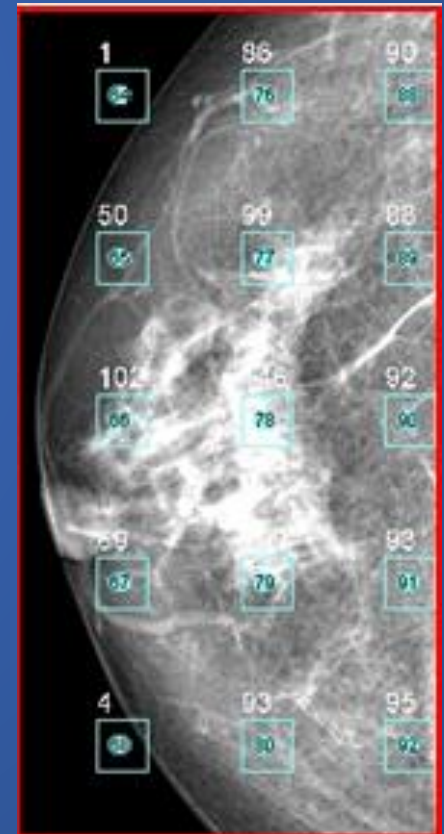


mammográfia

20..39 kV; 5..640 mAs; 40..70 μm képdetektor pixelméret; 5MP felbontás; 16 bit színmélység;

7 lp/mm térbeli felbontás; generátor teljesítmény 7..20 kW; molibdén vagy wolfram anód; Rh és Ag szűrők; 0,1 - 0,3 mm fókuszméret; SID 70 cm; képnagyítási funkciók külön készülékkel (1,5-1,8-2x); kompresszió 70..200 N

PRE expozíció fogalma: Egy felvételhez két expozíció történik. Az első rövid idejű expozíció alatt az expozíciós paraméterek átlagolásra kerülnek 96 érzékeny terület mozaikja alapján. Ez után történik a valós felvétel expozíciós paramétereinek meghatározása.

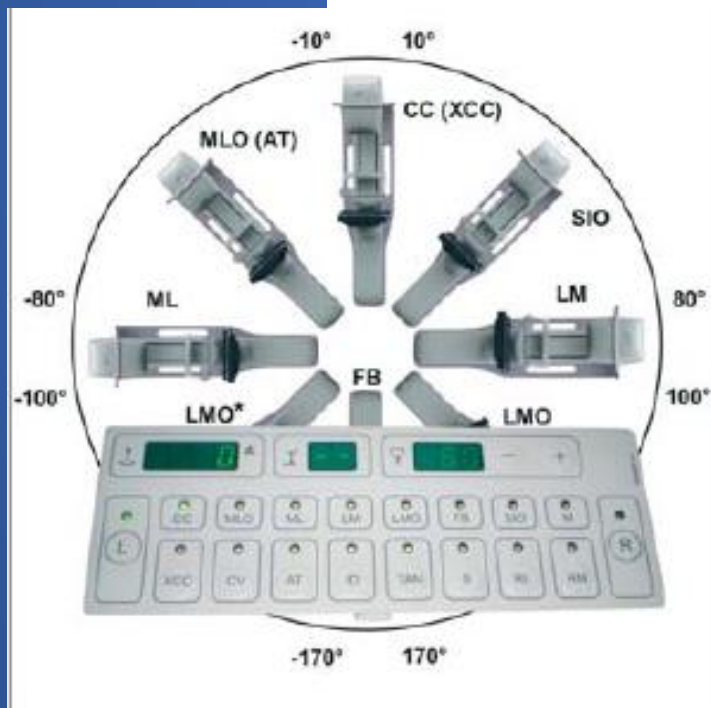


mammográfia

Jellemzően 8 felvételi irány.

felvételi irányok

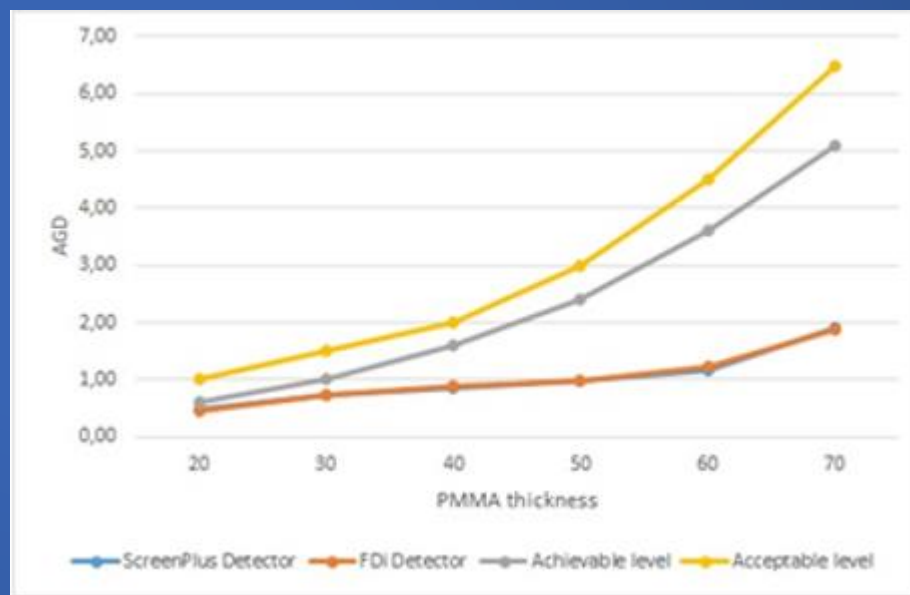
KÓD	JELENTÉS	KÓD	JELENTÉS	KÓD	JELENTÉS
R	Right	CC	CranioCaudal	ID	Implant Displaced
L	Left	ML	MedioLateral	S	Spot
M	Magnification	MLO	MedioLateral Oblique	RM	Roll Lateral
		LM	LateroMedial	RL	Roll Medial
		LMO	Lateromedial Oblique	TAN	Tangential
		FB	From Below		
		SIO	Superlateral to Inferomedial Oblique		
		XCC	Exaggerated CranioCaudal		
		CV	Cleavage		
		AT	Axillary tail		



mammográfia - páciensdózis

AGD (Average Grandular Dose - mirigy dózis) vizsgálat során mért, átlagolt és regisztrálásra átadott dózismennyiség.

STD	kV 26,5 – mAs 41,5 – mGy 1,09
HC	kV 24,0 – mAs 74,0 – mGy 1,22
LD	kV 28,0 – mAs 24,6 – mGy 0,83



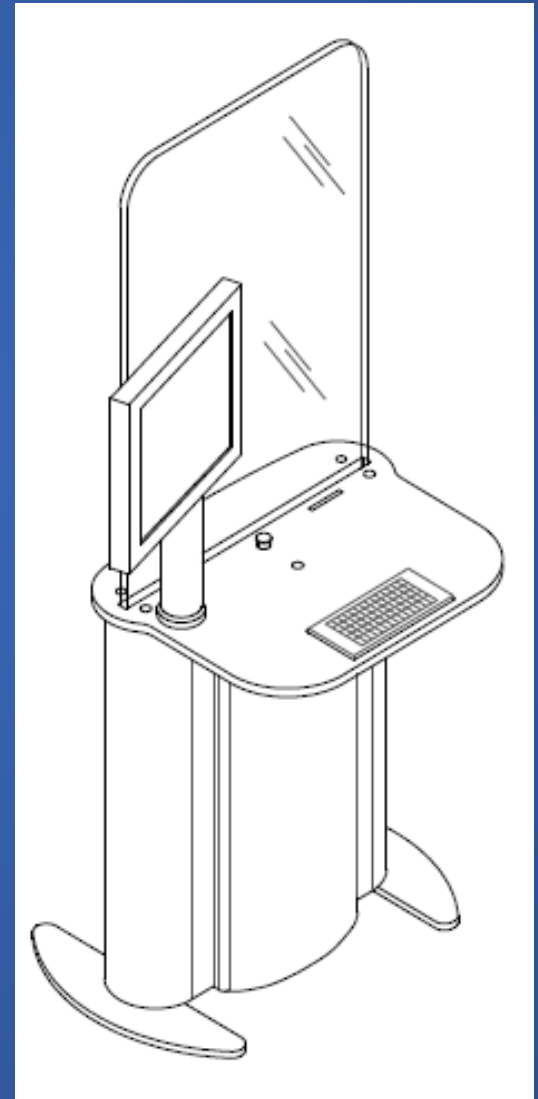
Mammográfiás röntgenvizsgálat: **felvételenként** 1,6 mGy átlagos mirigy dózis

Vizsgálószerkezet

mammográfiás berendezés



vezérlő PC és sugárvédelem



fogorvosi felvételezés (intraoralis, extraoralis, CBCT)

60..70 kV; 2..8 mA; max. 15 sec. felvételezési idő (panoráma); max 4 sec. (intraorális)

- intraoralis – 3-4 fog helyszíni felvételezése, III. sugárvédelmi kategória
- OP (ortopántomográfia) panoráma– teljes fogsor felvételezése
- CBCT (cone beam CT) – teljes fogsor térbeli felvételezése, különböző szögállásokból



intraoralis



fogorvosi felvételezés – páciensdózis:

- intraorális: 5 μSv /felvétel.
- panoráma: 30 μSv /felvétel.
- CBCT : 200-300 μSv /felvétel.

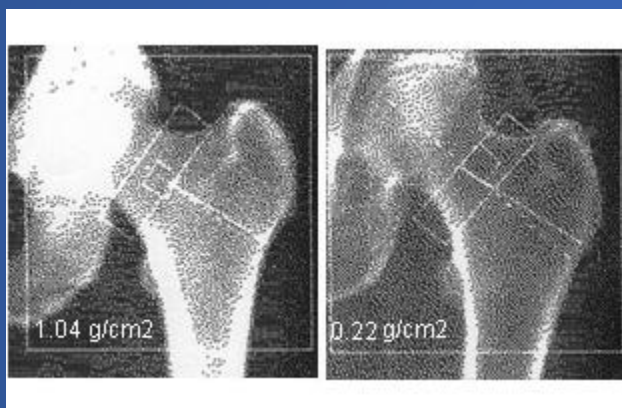
Vizsgálószerkezet

fogröntgen



csontsűrűség mérés, osteodenzitometria

50..60 kV; 1 mA; erősen kollimált sugármenet (pencil-beam; vagy legyezősugár); generátor teljesítmény 10..20 kW; egyfókuszos rtg.cső; III. sv. kat.; külön sugárvédelmet nem igényel, néhány perc szkennelési idő



Region	BMD	T(30.0)		Z	
L1	0.497	-3.98	54%	-1.88	71%
L2	0.591	-3.98	57%	-1.74	76%
L3	0.673	-3.74	62%	-1.38	82%
L4	0.741	-3.41	66%	-0.99	87%
L1-L4	0.648	-3.78	61%	-1.44	88%

BMD - ásványi csontsűrűség (bone mineral density; g/cm²)

Z - a mért csonttömeg és a korban hozzáillő normál csontérték viszonya

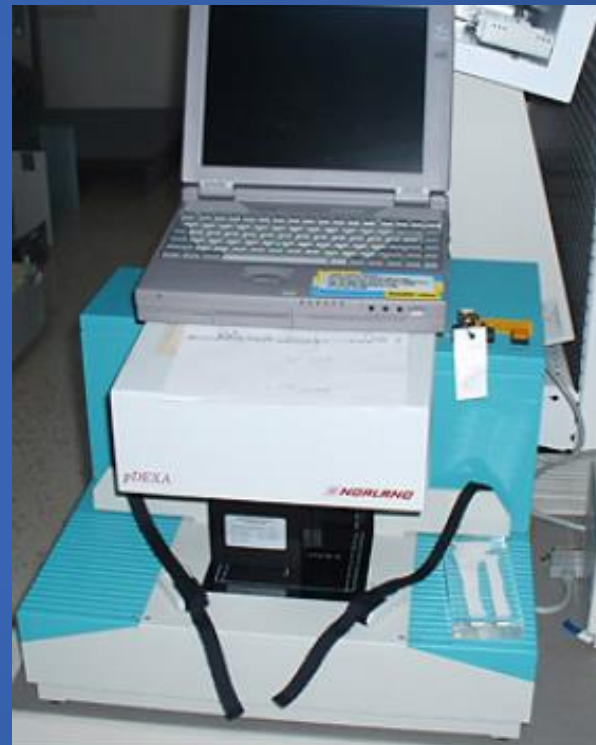
Osteoporosis (eljárásrend) OEP Elemzési, Orvosszakértői és Szakmai Ellenőrzési Főosztály

Vizsgálószervezet

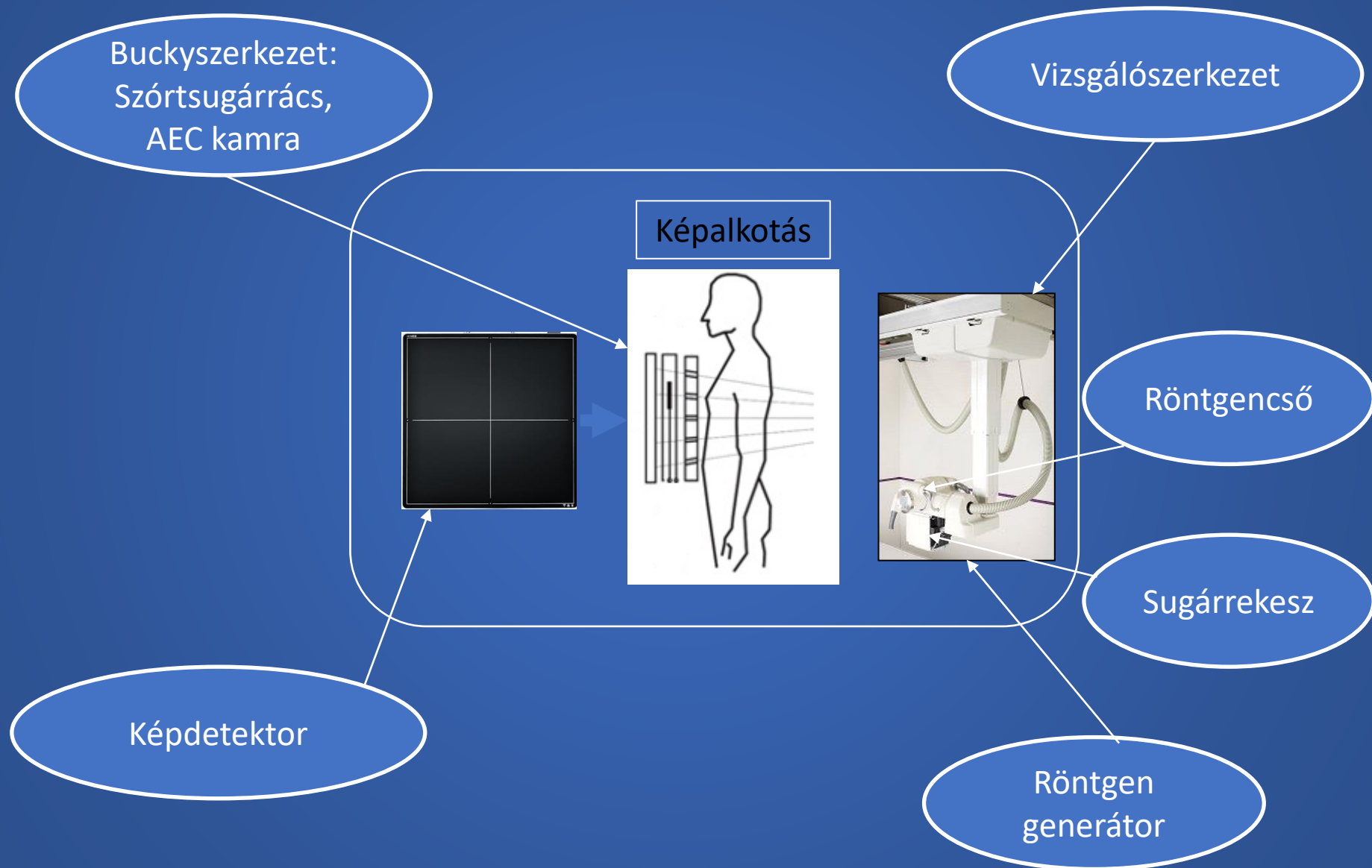
csontsűrűség mérő (teljes test)



csontsűrűség mérő (kéz)



diagnosztikai röntgenberendezés részei



Ionizáló sugárzások egészségügyi felhasználása

Diagnosztika

(az ionizáló sugárzás fizikai, kémiai hatása)

Röntgensugárzás
■ Hagyományos
röntgen
diagnosztika

■ Intervenciós
radiológia
(CT, DSA)
■ (UH, MRI)

Nukleáris medicina
Izotópdiaagnosztika

■ Szcintigráfia
■ PET, SPECT

Hibrid modalitások

■ PET-CT
■ PET-MRI
■ SPECT-CT-PET

Terápia

(az ionizáló sugárzás biológiai - sejtpusztító hatása)

TELETERÁPIA

■ Kobaltágyú
■ Röntgen terápia
– Felületi terápia
– Mélyterápia –
ortovoltos besugárzás
■ Lineáris gyorsítók

BRACHYTERÁPIA
zárt sugárforrás

Nukleáris medicina
Izotópterápia
nyitott sugárforrás

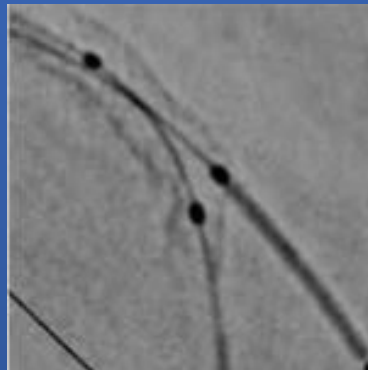
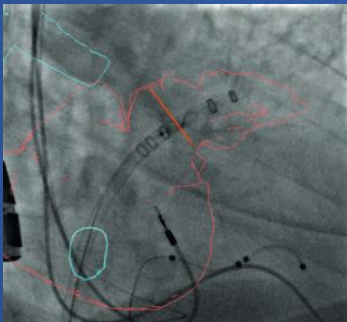
Intervenciós radiológia

angiográfia (DSA), digitális szubsztrakciós angiográfia

Intervenciós eljárás. Agyi – neuro radiológia; szív – cardio radiológia; teljes test – vascularis radiológia.

DSA - „maszk kép” készítése felvételező üzemmódban, natív módon. Ezután kontrasztanyagos átvilágítás, impulzus üzemben, 30 fps sebességgel. Minden képből kivonásra kerül az eredeti „maszk” kép. (szubsztrakció – szoftveres eljárás)

30x30 cm vagy 43x43 cm képdetektor; precíz pozicionálás; teljesen digitalizált leképező lánc; 3 fókuszú rtg. cső; 80..125 kV; 1000 mA; 2 sugárforrás (2 rtg. cső – detektor páros)

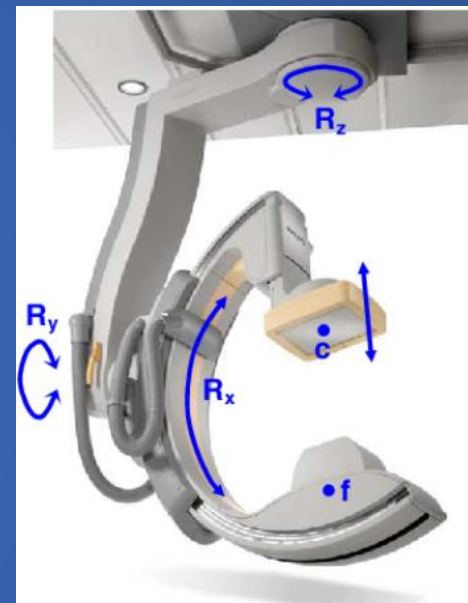


angiografía



Vizsgálószerkezet

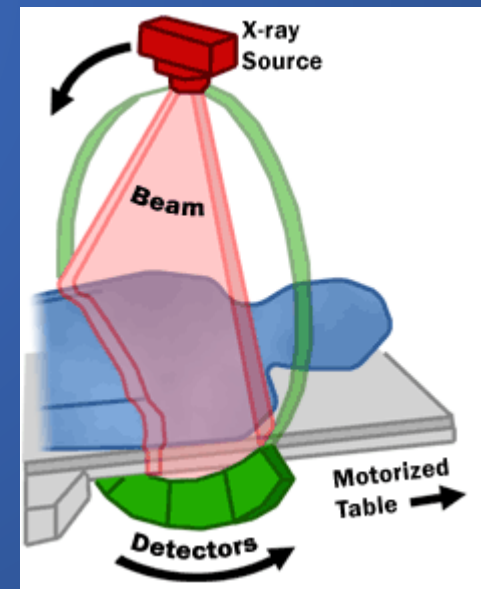
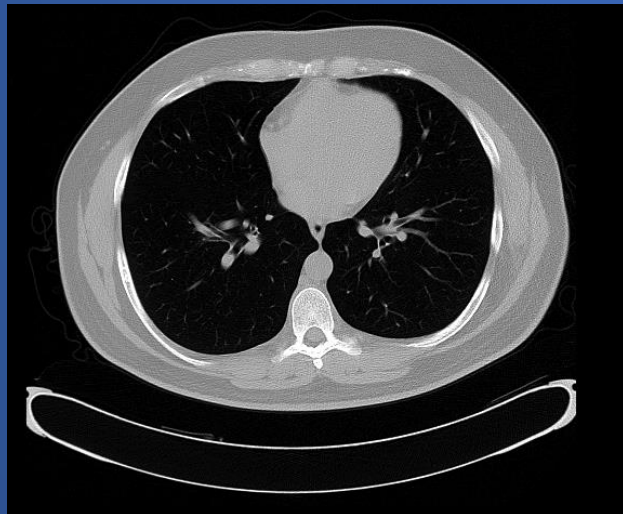
DSA berendezés



CT (computed tomography)

120-140 kV; 40-80 mA; 0,5 sec./teljes kör forgási sebesség

- Spirális CT - egy röntgencső forog a vizsgált terület központi tengelye körül. Szemben vele a képdetektor
- Duál CT – 2 sugárforrás és 2 detektor, 90 fokkal eltolva, nagyobb időbeli felbontás (fél fordulat alatt / CT szelet)
- Low-dose CT – mellkas CT vizsgálat; ICRP 103 szövetsúlyozási faktorokon alapuló eredmények 1,6 és 2,4 mSv effektív dózist eredményeztek.
- Szelet szám – (16-128) szeletes CT. A gantry 1 körülfordulása alatt rögzített síkok száma



CT (computed tomography)

gantry – a CT-kép készítéséhez szükséges röntgensugarak előállításához és észleléséhez szükséges alkatrészeket tartalmazza. A röntgenső(vek) és a detektor(ok) egymással szemben helyezkednek el, és a gantry nyílása körül forognak. A csúszógyűrűk használatának köszönhetően az egyirányú folyamatos forgás kábel körbevezetés nélkül lehetséges.



Vizsgálószerkezet

Mobil CT berendezés



Forrás: OBSI - Medicalcorex

CT páciensdózis (DLP) irányadó szintek

OENO kód	Eljárás megnevezése	Átmeneti diagnosztikai irányadó szint (DLP, mGy.cm)
34410	Agykoponya natív CT vizsgálata	1000
34412	Agykoponya CT vizsgálat natív plusz iv. kontrasztanyag adását követőleg	2000
34422	Arckoponya CT vizsgálata natív	1000
34424	Gerinc CT vizsgálata (min. 2 csigolya segmentum) natív	600
34432	Nyaki lágyrész CT vizsgálata natív plusz iv. kontrasztanyag adását követőleg	1300
34440	Mellkas CT vizsgálata natív	300
34441	Mellkas CT vizsgálata iv. kontrasztanyag adását követőleg	650
34442	Mellkas CT vizsgálata natív plusz iv. kontrasztanyag adását követőleg	950
34454	Teljes has és medence CT vizsgálata natív és iv. kontrasztanyag adását követőleg	3000
34460	Medence CT vizsgálata natív	550

Ionizáló sugárzások egészségügyi felhasználása

Diagnosztika

(az ionizáló sugárzás fizikai, kémiai hatása)

Röntgensugárzás
■ Hagyományos
röntgen
diagnosztika

■ Intervenciós
radiológia
(CT, DSA)
■ (UH, MRI)

**Nukleáris medicina
Izotópdiaagnosztika**

■ Szcintigráfia
■ PET, SPECT

Hibrid modalitások

■ PET-CT
■ PET-MRI
■ SPECT-CT-PET

Terápia

(az ionizáló sugárzás biológiai - sejtpusztító hatása)

TELETERÁPIA

■ Kobaltágyú
■ Röntgen terápia
– Felületi terápia
– Mélyterápia –
ortovoltos besugárzás
■ Lineáris gyorsítók

BRACHYTERÁPIA
zárt sugárforrás

**Nukleáris medicina
Izotópterápia
nyitott sugárforrás**

Nukleáris medicina - izotópdiagnosztika

PET (pozitron emissziós tomográfia)

Izotóp sugárforrás; radiofarmakonok használata – „nyomkövetők”; a célterület funkcionális működését vizsgálja.

Radiofarmakon előállítása meglelaborban történik. A páciens a beadó helyiségben kapja meg a radiofarmakont.

Izotóp injektálása/inhalálása – béta-bomlás – pozitron kibocsátást kísérő gamma-sugárzás – gamma kamera érzékelés.

Vizsgálat után a páciens az aktív váróban várakozik.

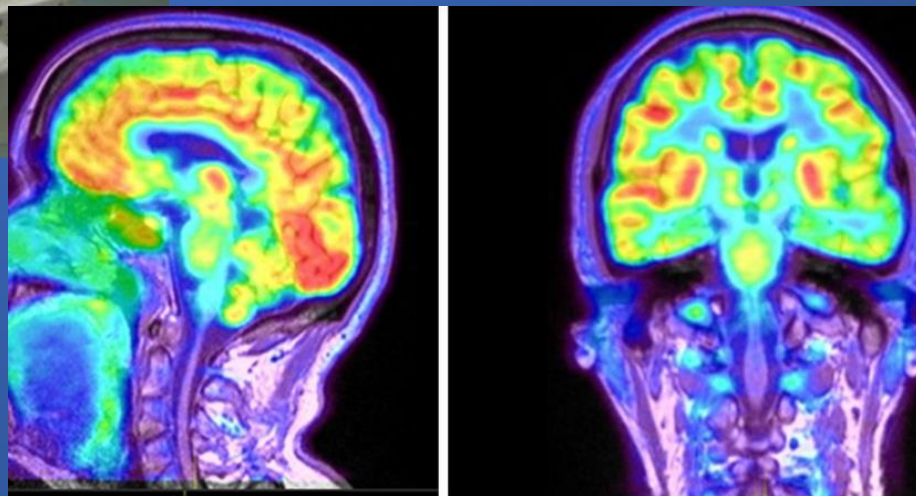
C-11 (20 perc); N-13 (10 perc); F-18 (110 perc); O-15 (2 perc) – felezési idő

Vizsgálószerkezet

PET berendezés



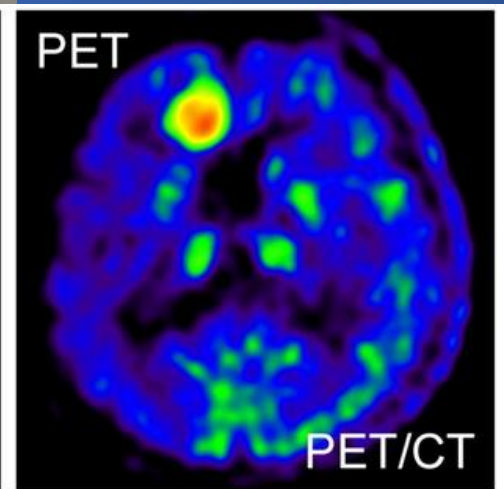
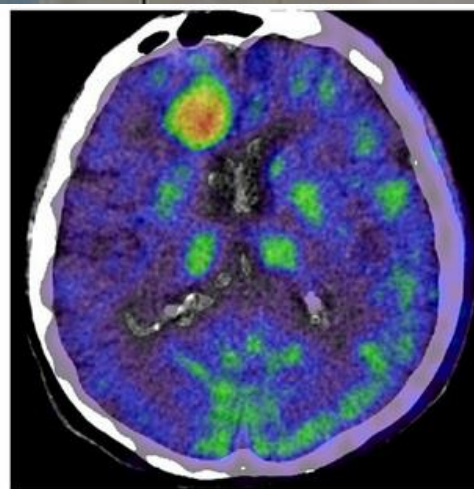
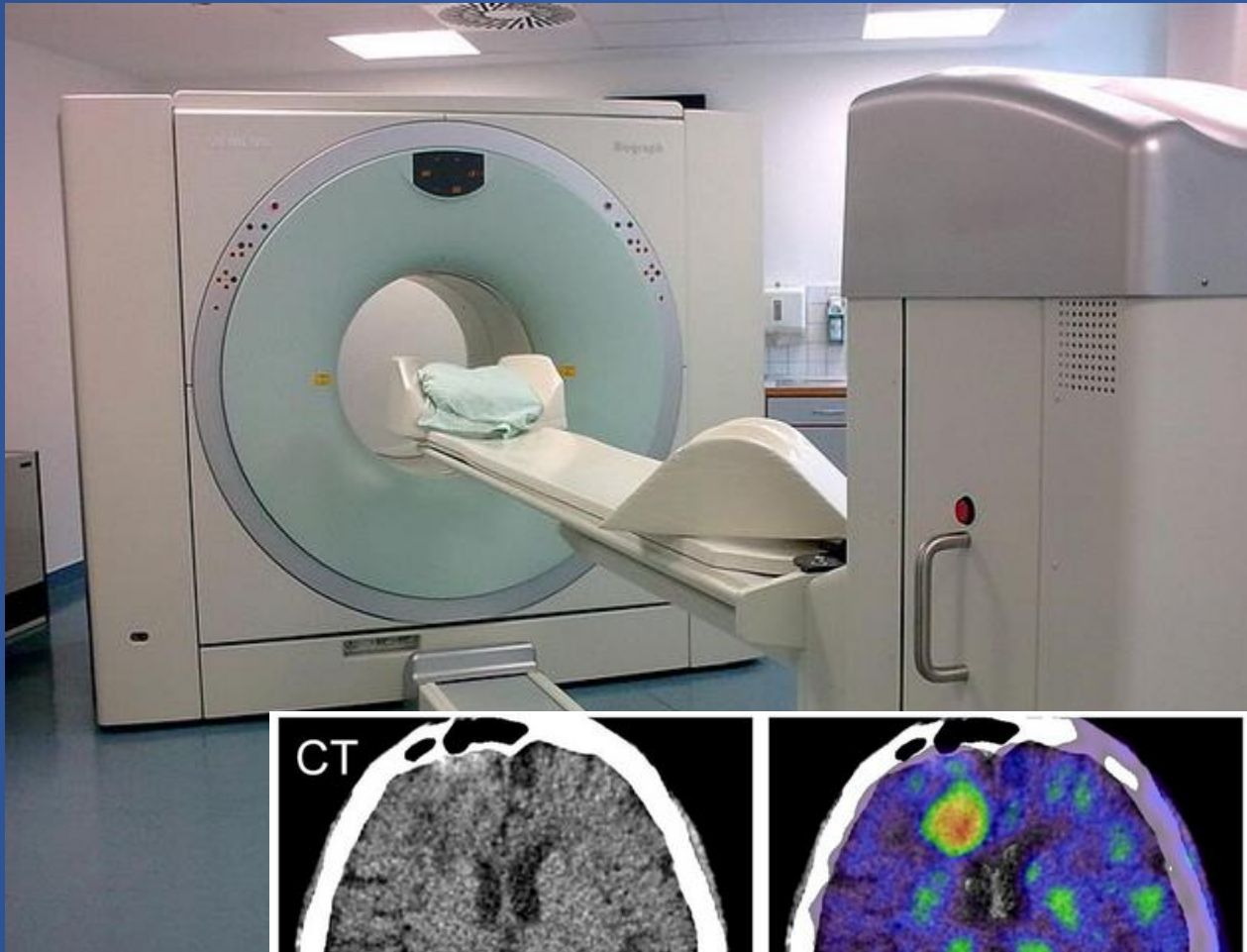
Az ehhez hasonló PET berendezéseket folyamatosan felváltják olyan rendszerek, amelyek a PET- és a CT-szkennereket egyetlen PET/CT-képkalkoló készülékben egyesítik.



SPECT és PET összehasonlítása

	SPECT (single foton emissziós tomográfia)	PET (pozitron emissziós tomográfia)
jellege	funkcionális képalkotó eljárás	funkcionális képalkotó eljárás
sugárzás	gamma-sugárzás	pozitron sugárzás
eljárás költsége (izotóp előállítás + kamera)	alacsonyabb ár	nagyon drága
izotóp előállítása	Mo-99 -ből állítják elő technécium generátorral, nagy tömegben	bonyolult eljárással, ciklotronban
radiofarmakon	Tc-99m; I-123; I-131	F-18
felezési idő	6 óra; <60 nap	110 perc
felbontás	alacsony térbeli felbontás	jobb térbeli felbontás
detektorok száma	egyetlen detektor	körben szerelt több detektor

PET-CT (pozitron emissziós tomográfia- CT)



Ionizáló sugárzások egészségügyi felhasználása

Diagnosztika

(az ionizáló sugárzás fizikai, kémiai hatása)

Röntgensugárzás
■ Hagyományos
röntgen
diagnosztika

■ Intervenciós
radiológia
(CT, DSA)
■ (UH, MRI)

Nukleáris medicina
Izotópdiaagnosztika

■ Szcintigráfia
■ PET, SPECT

Hibrid modalitások

■ PET-CT
■ PET-MRI
■ SPECT-CT-PET

Terápia

(az ionizáló sugárzás biológiai - sejtpusztító hatása)

TELETERÁPIA

■ Kobaltágyú
■ Röntgen terápia
– Felületi terápia
– Mélyterápia –
ortovoltos besugárzás
■ Lineáris gyorsítók

BRACHYTERÁPIA
zárt sugárforrás

Nukleáris medicina
Izotópterápia
nyitott sugárforrás

Terápia

Teleterápia

felületi röntgen terápias besugárzó

- röntgensugárzás alkalmazása
- 50-80 kV röntgenső feszültség
- kb. 5 mm mélységű felületi elváltozások kezelése
- kis mezőméret
- kis behatolási mélység



bőrgyógyászati besugárzó



mélyterápiás (ortovoltos) besugárzó

- röntgensugárzás alkalmazása
- 150-300 kV röntgenső feszültség
- csontáttétek kezelése
- mélyebb behatolási mélység

aplikátor



ortovoltos besugárzó



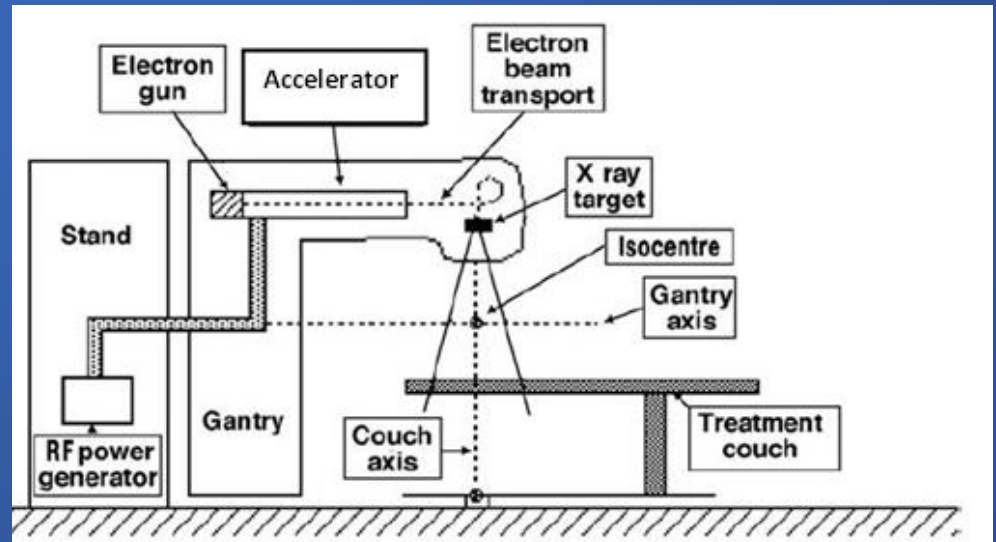
gyorsító

- rendkívül széles felhasználási lehetőség
- elsődleges sugárzások: 4-18 MV foton; 6-22 MV elektron
- másodlagos sugárzás: 10 MV felett neutronsugárzás keltés
- jelentős sugárvédelmi tervezést igényel (bunker)

Működése:

Fűtött katód (elektronágyú) – a katódból kilépő elektronok gyorsítása – mágneses eltérítés –

- targettel ütköztetés – nagy energiájú fékezési röntgensugárzás (gyakoribb)
- vagy elektronsugárzás kivezetése



gyorsító



Forrás: varian.com

Ionizáló sugárzások egészségügyi felhasználása

Diagnosztika

(az ionizáló sugárzás fizikai, kémiai hatása)

Röntgensugárzás
■ Hagyományos
röntgen
diagnosztika

■ Intervenciós
radiológia
(CT, DSA)
■ (UH, MRI)

Nukleáris medicina
Izotópdiaagnosztika

■ Szcintigráfia
■ PET, SPECT

Hibrid modalitások

■ PET-CT
■ PET-MRI
■ SPECT-CT-PET

Terápia

(az ionizáló sugárzás biológiai - sejtpusztító hatása)

TELETERÁPIA

■ Kobaltágyú
■ Röntgen terápia
– Felületi terápia
– Mélyterápia –
ortovoltos besugárzás
■ Lineáris gyorsítók

BRACHYTERÁPIA
zárt sugárforrás

Nukleáris medicina
Izotópterápia
nyitott sugárforrás

Brachyterápia

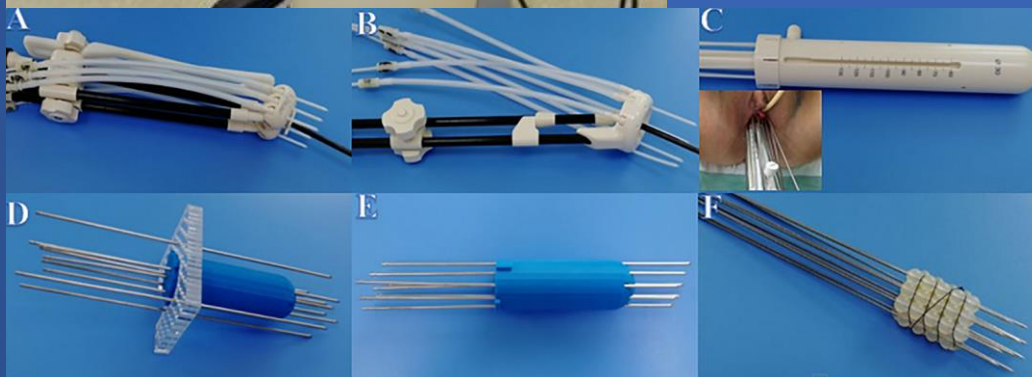
- zárt sugárforrás alkalmazása
- testen belüli / invazív eljárás
- kis térfogatban nagy dóziskoncentráció
- béta sugárzás;; Sr-90; Y-90 izotóp
- **LDR** – low dose rate (max. 2 Gy/h)
 - állandó implantáció – „take-away radiation”
 - Cs-131 (9,7 nap – 30 keV)
- **MDR** – medium dose rate (2-12 Gy/h)
 - napi több frakcióban
- **HDR** – high dose rate; (min. 12 Gy/h);
 - frakcionált kezelés
 - Ir-192 (74 nap – 380 keV)

brachyterápia

HDR bracyterápiás berendezés



zárt sugárforrások



aplikátorok



Nukleáris medicina – izotópterápia

- nyitott sugárforrás alkalmazása
 - általában folyadék halmazállapotú
 - Intravénásan vagy lenyelve kerül a szervezetbe (In vivo)
 - az izotóp a szervezeten belül szelektíven a kóros elváltozáshoz kötődik
 - I-131; Sr-89 izotópok
 - Frakcionált kezelés, ellenőrzése SPECT/CT berendezéssel
-
- Az In vivo izotóplaboratóriumokra vonatkozó sugárvédelmi előírások (PET; SPECT vizsgálókra is vonatkozik)
 - II. sugárvédelmi kategória
 - 2/2022 OAH rendelet
 - MSZ 62-7:2011

Összefüggő helyiségcsoport:

Inaktív helyiségek: váró, WC, öltöző, tartózkodó, leletező, raktár

Aktív helyiségek: meglelabor, hulladék tároló, beadó, váró, WC, vizsgáló, vezérlő

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Mulvai János
sugárvédelmi szakértő
engedélyszám: SVR-HA13512
06-20-390-1588
mulvai.janos@gmail.com