

SUGÁRVÉDELEM A SUGÁRTERÁPIÁBAN

Dr. Varjas Géza

SUGÁRTERÁPIA FAJTÁI

■ BRACHYTERÁPIA

■ TELETERÁPIA

FOTON TERÁPIA (4-18 MV)

ELEKTRON TERÁPIA (4-21 MeV)

RTG TERÁPIA (30-250 kV)

PROTON ÉS IONTERÁPIA

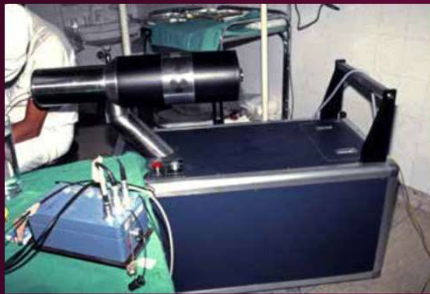
DÓZISOK: 5-78 Gy

Brachyterápiában alkalmazott főbb sugárforrások

Radionuklid	felezési idő	sug. energ.átl	felező
Co 60	5,261 év	1,25 MeV	10,8 cm
Cs137	30 év	0,662 MeV	8,2 cm
Sr 90,Y 90	28,9 év	0,54, 2,72 MeV béta	0,15 cm
Ir 192	73,8 nap	0,38 MeV	6,3 cm
I 125	59,4 nap	0,028 MeV	2,0 cm
Pd 103	16,97 nap	0,021 MeV	1,6 cm

BRACHYTERÁPIA

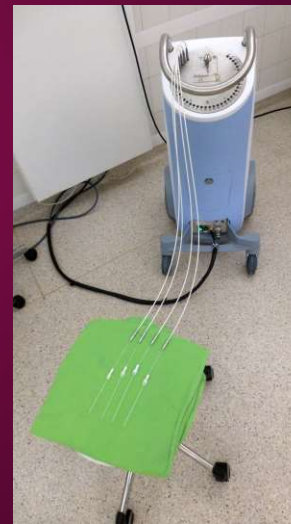
- Tűk, tubusok szélesztése szabadon (manuális LDR)
- Egyszerű applikátorok használata, manuális utántöltés
- Távírányításos utántöltés (HDR afterloading)
- CT-re alapozott besugárzástervezés
- Permanens seed-ek



Gammamed Ii - 1989



microSelectron



Flexitron - 2021



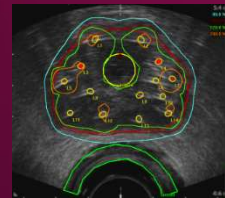
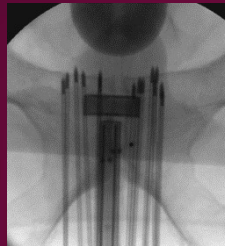
CT/MR kompatibilis applikátorok

BRACHYTERÁPIA - PROSZTATA

HDR

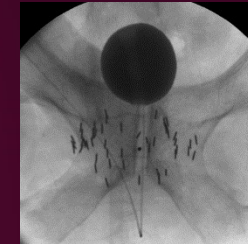
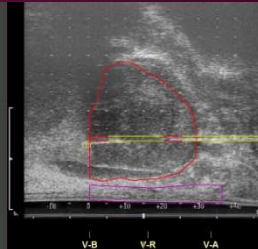
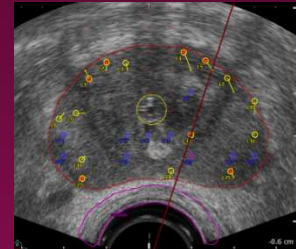


OOI állvány és template
2001 – 2008



Nucletron-Elekt
2008 -

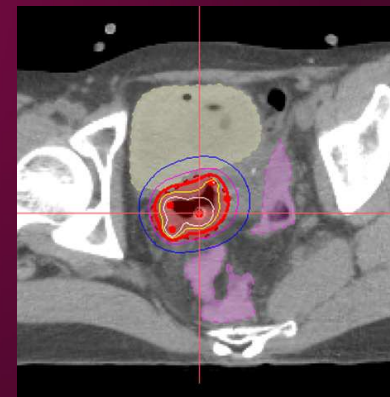
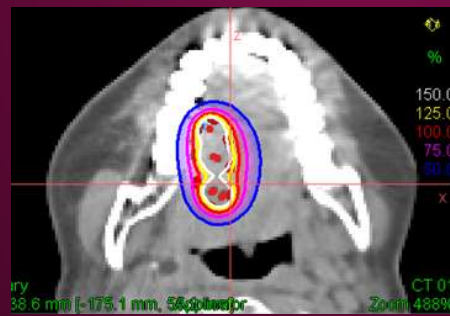
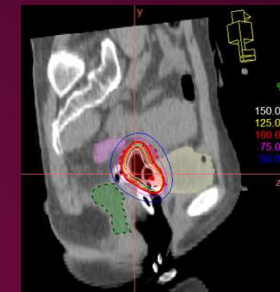
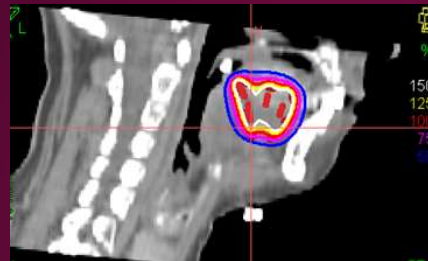
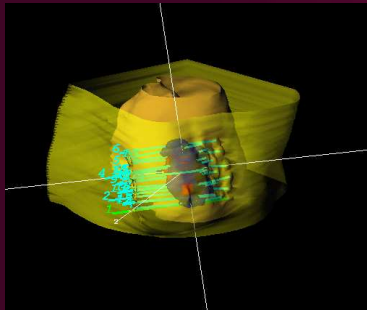
LDR - seed



Nucletron-seedSelectron
2008 - 2011

Bebig „kötött sugárforrás”
2011 -

BRACHYTERÁPIA – EMLŐ, FEJ-NYAK, NŐGYÓGYÁSZAT







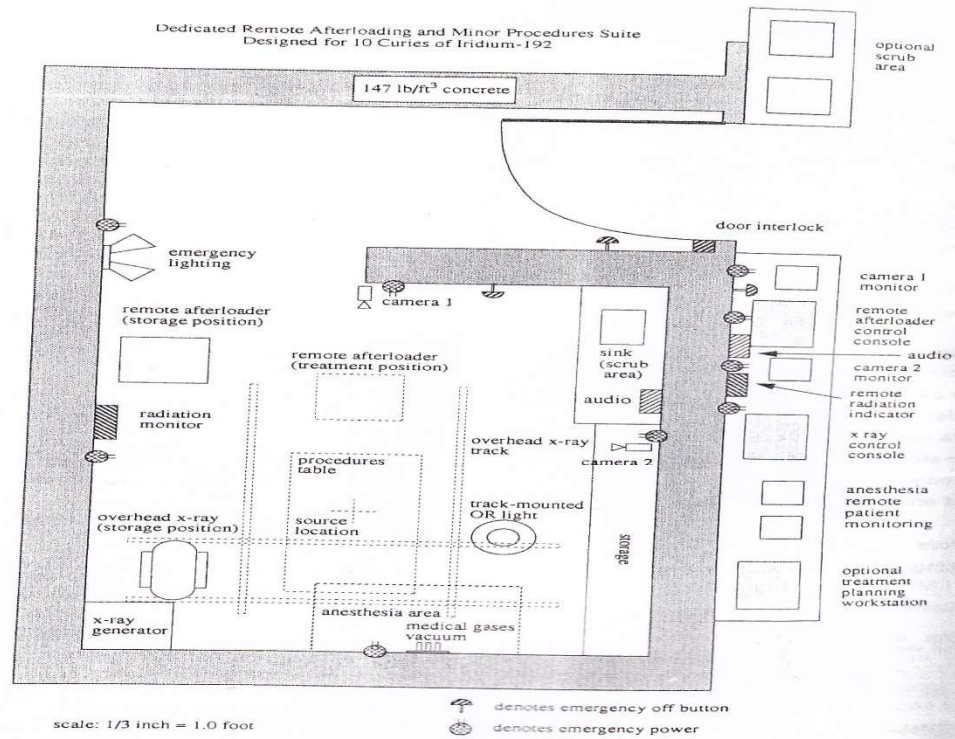
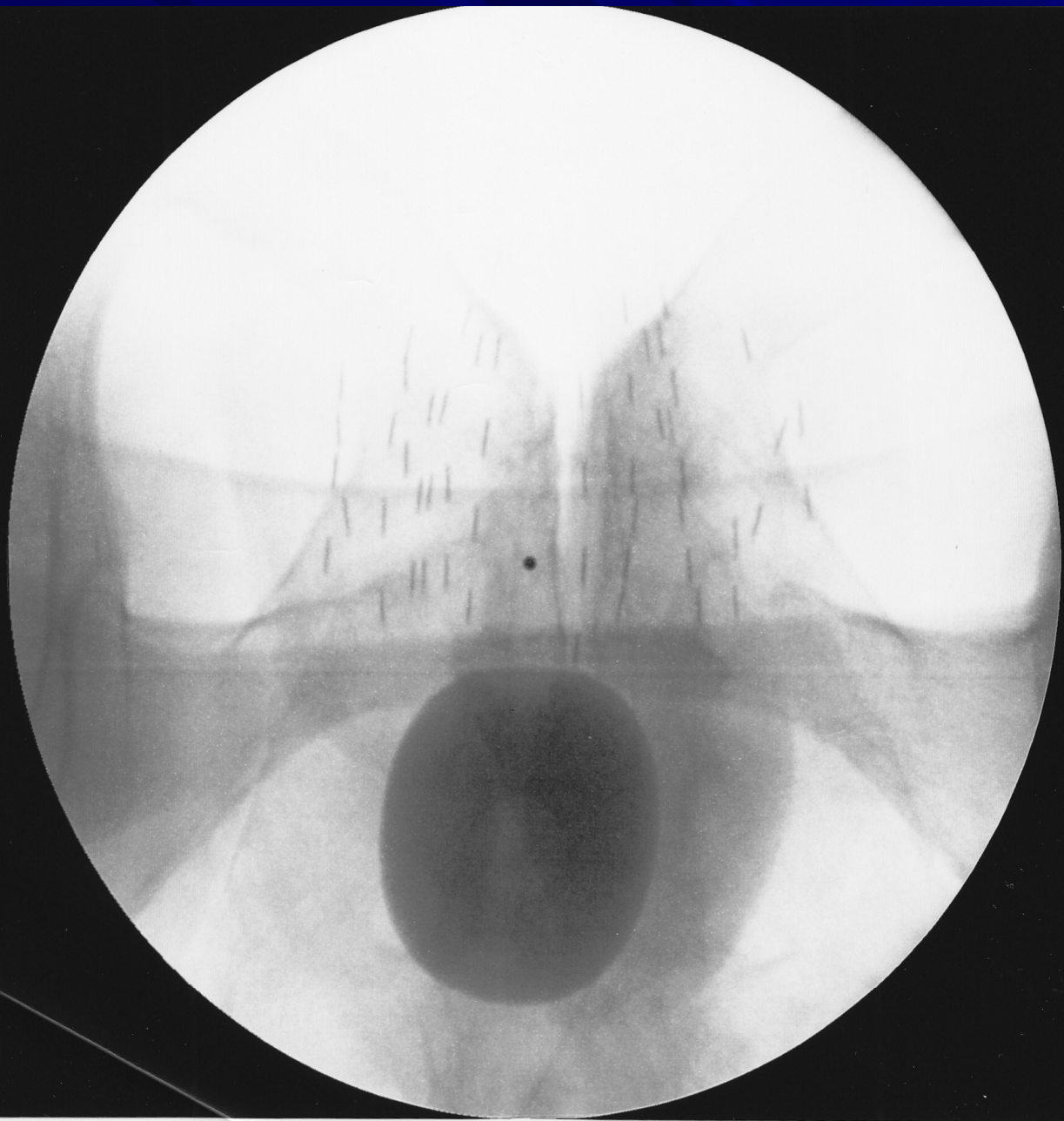


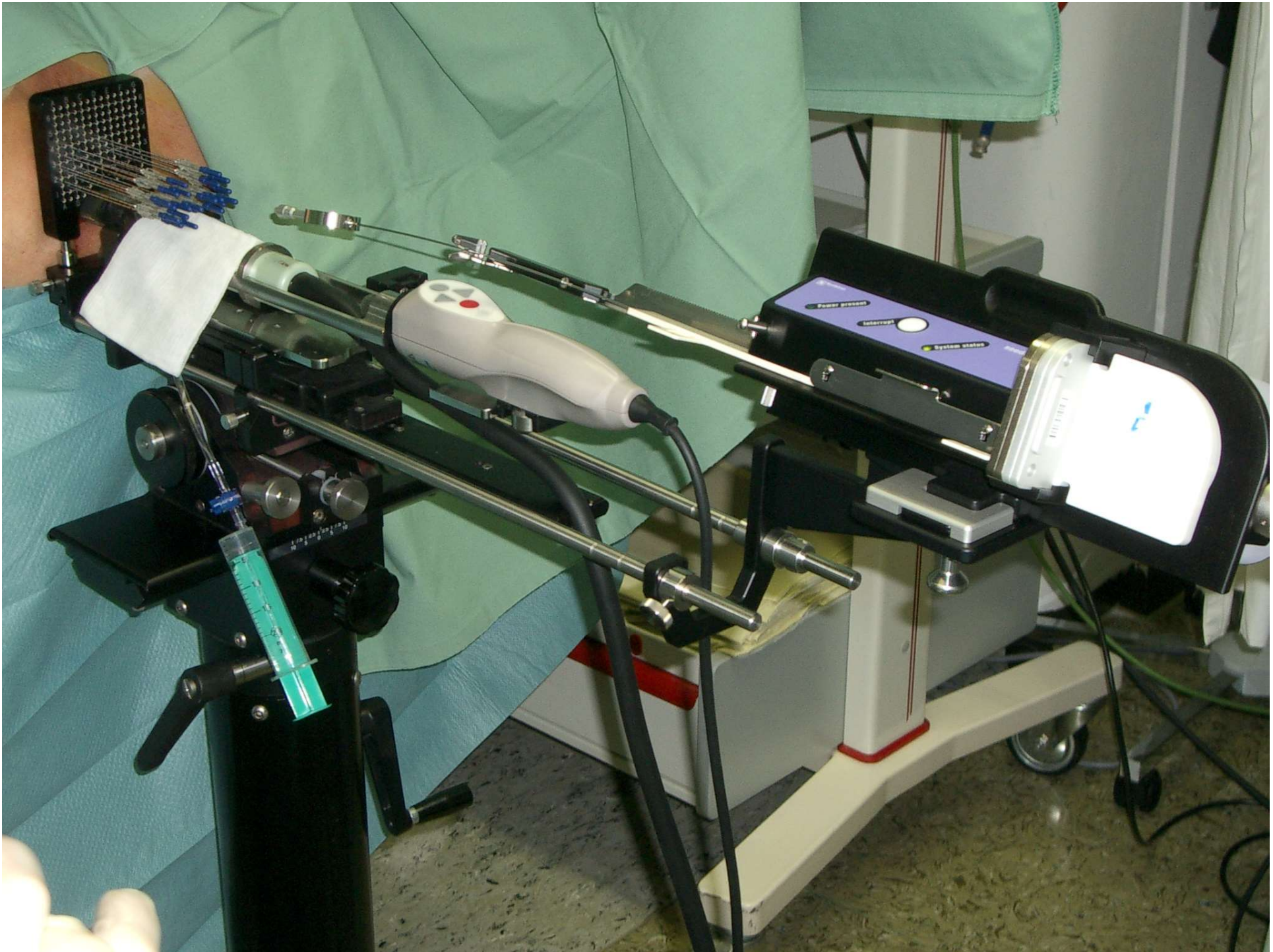
Figure 18.32
A dedicated HDR remote afterloading vault with ancillary equipment. [Reprinted from AAPM Report 41, "Afterloading Technology," Figure 4, page 28, Copyright 1993, with permission from AAPM.]

Transport

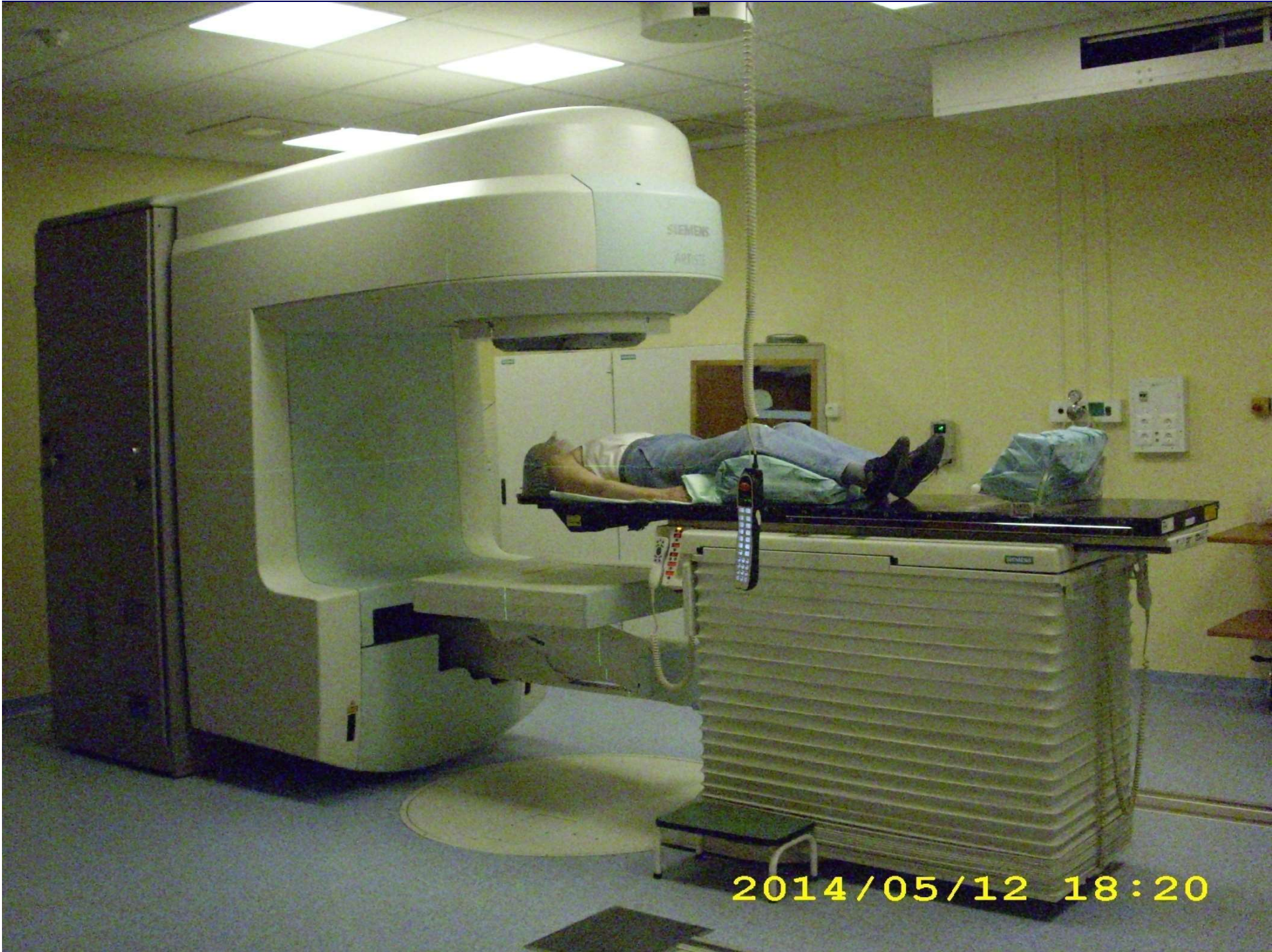
Disposal











KÉPVEZÉRELT ÉS LÉGZÉSVEZÉRELT SUGÁRTREÁPIA

2009 Artiste – MV-os CBCT és kV-os „in room” CT

2014 TrueBeam – kV-os CBCT

2015 Légzésvezérelt besugárzások

2017 Cyberknife – kétirányú röntgen, valós idejű tumormozgás-követés,
keret nélkül, test sztereotaxia



SZTEREOTAXIÁS SUGÁRTERÁPIA: SUGÁRSEBÉSZET

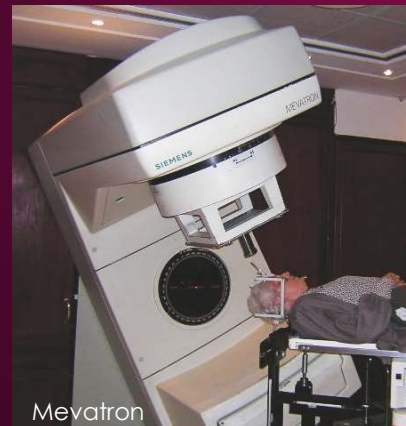
1991 Neptun, sztereotaxiás kerettel

2000 Mevatron (Radionics 2010)

2014 Primus

2016 TrueBeam

2018 Cyberknife (maszkkal)



LEGÚJABB KÉSZÜLÉKEINK



O-ring (CBCT)



Ethos



FreeMax MRI

MR sugárterápiához

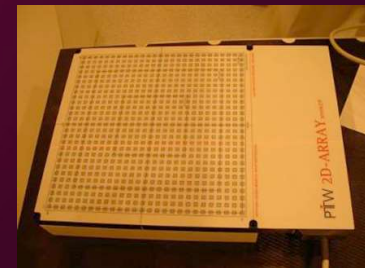
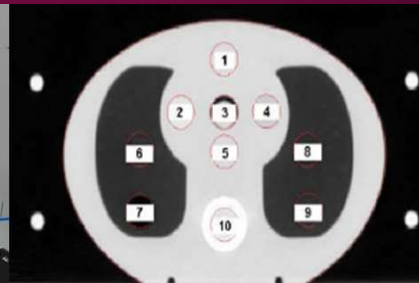
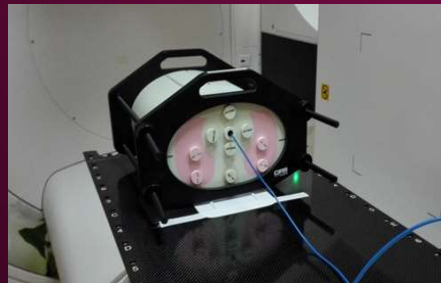


2024-ES ESZKÖZPARK



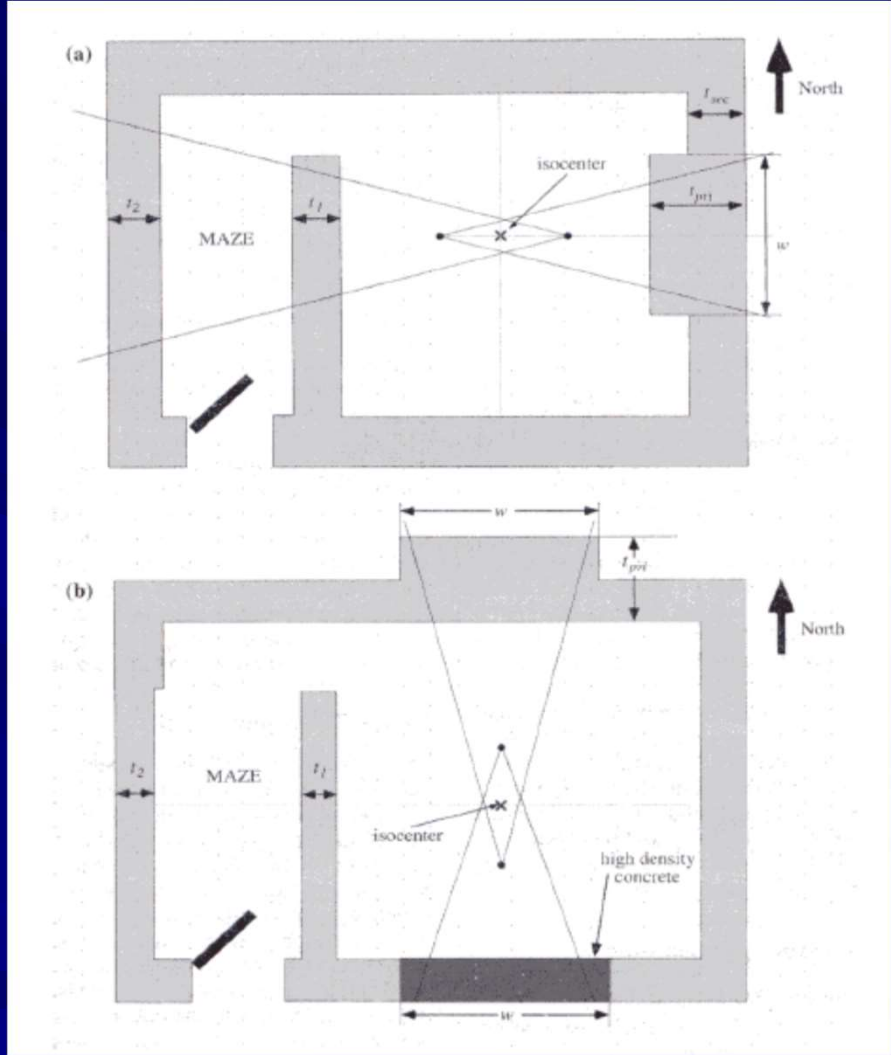
- 2 TrueBeam
- 2 VitalBeam
- 1 Unique
- 1 Halcyon (2022-től Ethos)
- 1 Cyberknife
- 2 CT-szimulátor
- 1 Co-60 egészségtestbesugárzó
- 1 X-Strahl röntgenterápiás készülék
- 1 Flexitron HDR afterloading
- Proszata „seed” rendszer
- O-ring (kV-os CBCT) BT-hoz
- FreeMax MRI besugárzástervezéshez

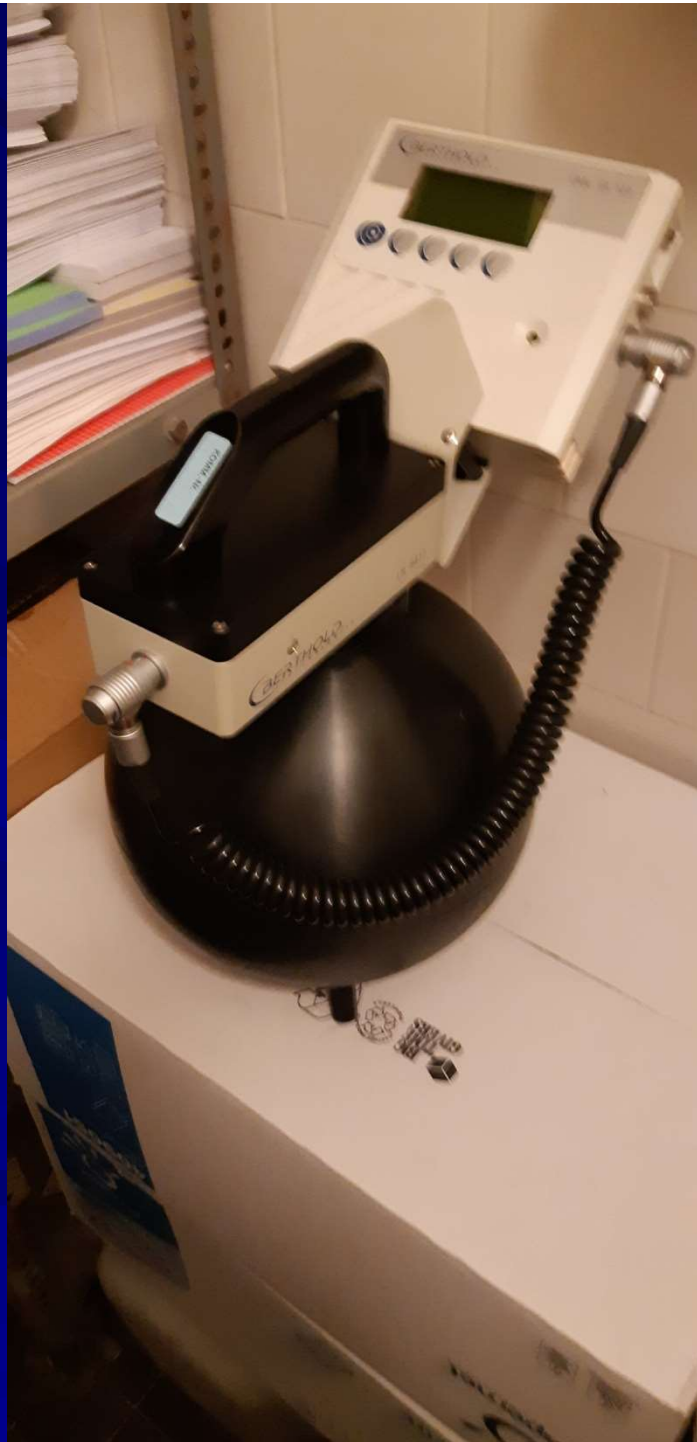
FANTOMOK MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI MÉRÉSEKHEZ



CYBERKNIFE







Sugárkezelések biztonsága

- A kuratív vagy palliatív sugárterápiának három fő szempontja van: a hatékonyság, az életminőség és a biztonság.
- A biztonság szempontjából speciális a helyzet:
 - 1./ A betegre közvetlenül igen intenzív sugárnyalábot irányítunk.
 - 2./ Igen nagy dózist adunk le.
 - 3./ Az aluldozírozás is következményekkel jár.
 - 4./ A sugárterápia nagy számú résztvevővel és sok lépésben zajlik le.

A balesetek okai

- 1./ Készülék problémák
- 2./ Felkészülés és gyakorlat hiánya
- 3./ Protokollok hiánya
- 4./ Alapvető információk átadásának a hiánya
- 5./ Független ellenőrzés hiánya
- 6./ Figyelmetlenség és tájékozatlanság
- 7./ Sugárforrások ellenőrizetlen, hosszú idejű tárolása, elvesztése

A sugárbalesetek klinikai következményei

- 1./ Mellékhatások és komplikációk
- 2./ Sugárbaleset következményének típusai:
 - a./ Tumor kontrollra való hatás
 - b./ Korai (akut) komplikációk
 - c./ Késői (krónikus) komplikációk
- 3./ Az egyéni sugárérzékenység
- 4./ Sugárbalesetek klinikai detektálása

Ajánlások a sugárterápiás balesetek megelőzésére

- Átfogó és egységes minőségbiztosítási program, amely kiterjed a sugárterápia teljes folyamatára.
- A nemzetközi szervezetek (IAEA, ESTRO, AAPM, WHO stb.) és nemzeti ajánlásokra alapulva saját minőségbiztosítási rendszert kell alkalmazni és azt folyamatosan karbantartani.
- Szervezés
- Képzés és gyakorlat
- Információ átadás

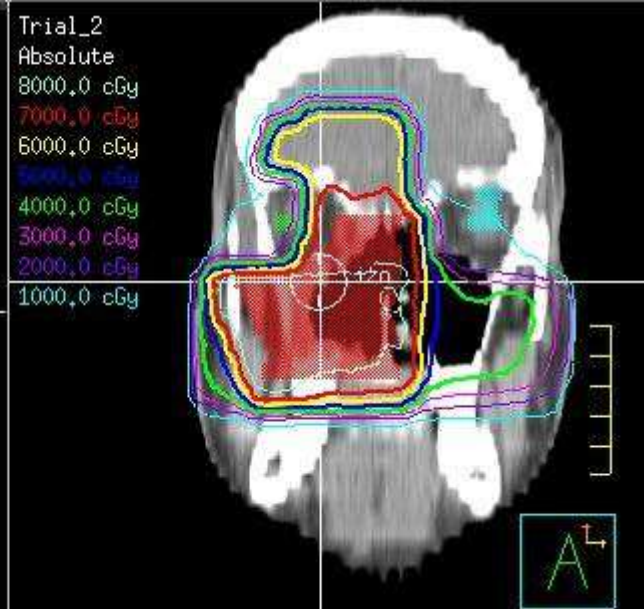
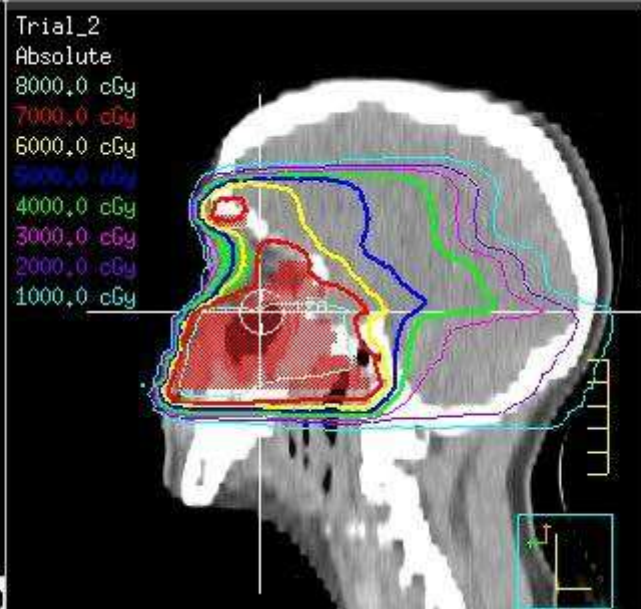
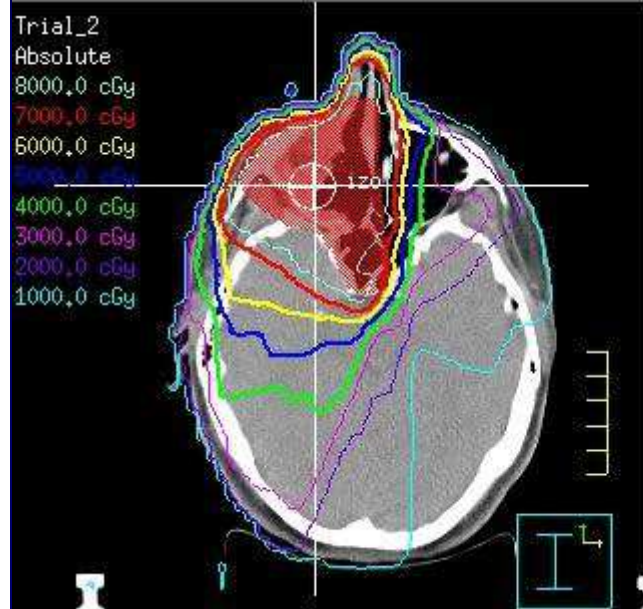
A minőségbiztosítás és a baleset elhárítás jövője

- A sugárterápiában alkalmazott módszerek, eszközök viharos fejlődése önmagában még nem nyújt védelmet a nemkívánatos események ellen.
- A gondos törvényi és egyéb szabályozás, ezek megfelelő végrehajtásának a kikényszerítése, a képzés, a gyakorlás, a QA programok fejlesztése, a szervezési, személyi, anyag és eszközi feltételek biztosítása lehetővé teszi a nemkívánatos események számának és súlyosságának alacsony szinten tartását.

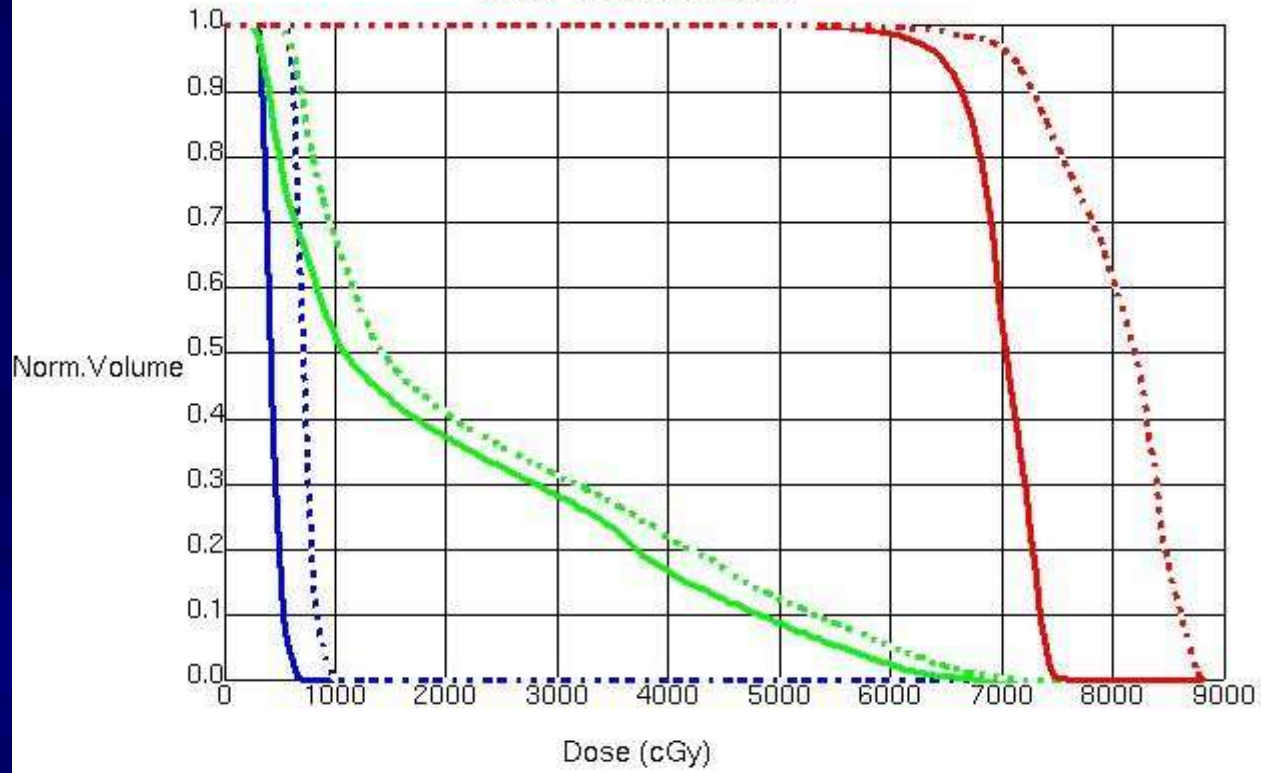
SUGÁRTERÁPIÁS KEZELÉSEKET MEGALAPOZÓ, ILLETVE KÍSÉRŐ SUGARAS KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK

- Röntgendiagnosztika
- Izotóp (SPECT, PET)
- Röntgen és CT szimulátorok
- Beállító felvételek
- Képvezérelt besugárzások
- Besugárzás alatti monitorozás



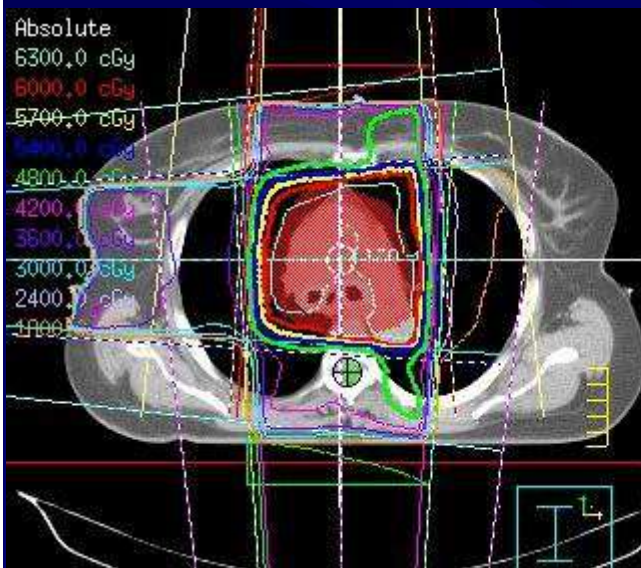


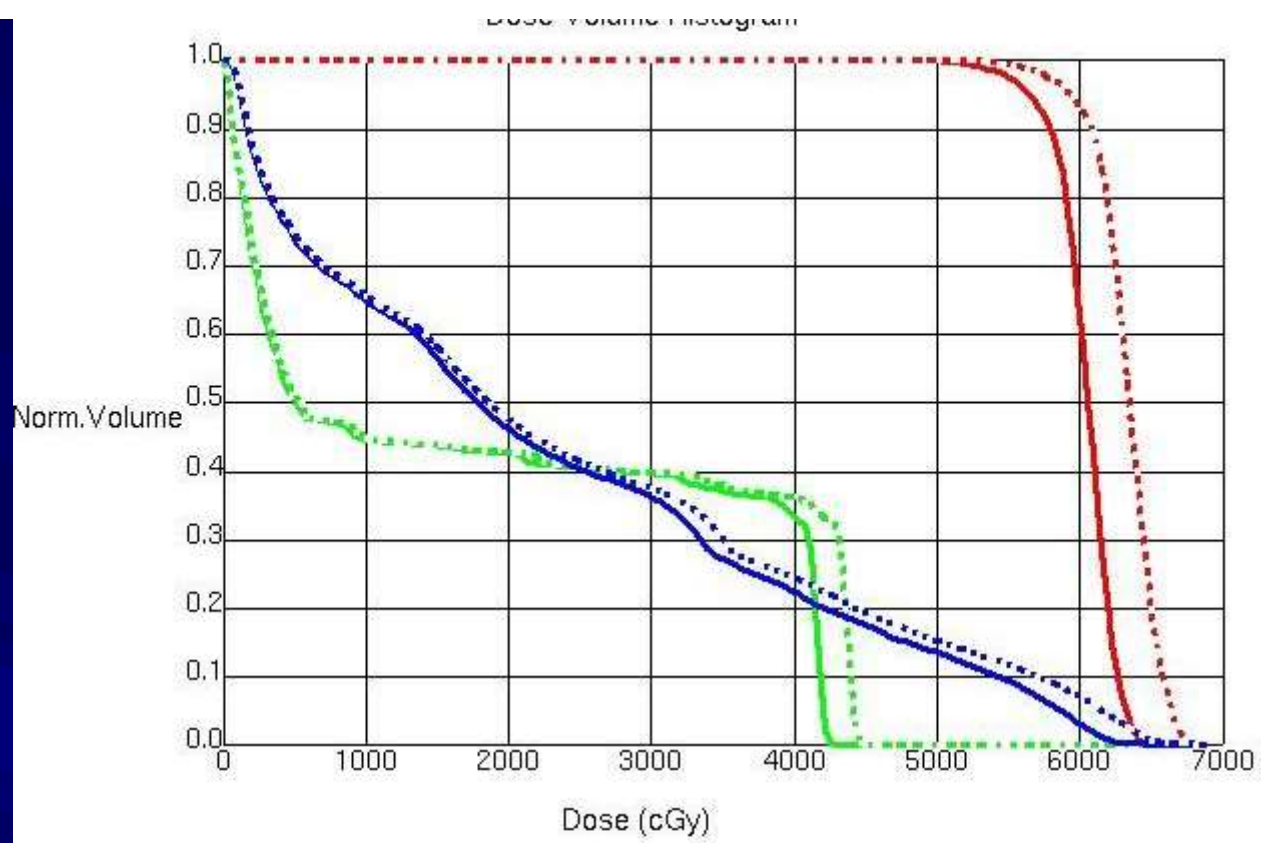
Dose Volume Histogram



ROI Statistics

Line Type	ROI	Trial	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	% O
	jobb lencse	Trial_1	302.6	695.2	428.5	74.0	0.
	jobb lencse	Trial_2	573.2	1007.1	721.9	81.7	0.
	jobb szem	Trial_1	239.7	6737.2	1965.9	1740.2	0.
	jobb szem	Trial_2	458.9	7156.7	2323.2	1805.8	0.
	ptv	Trial_1	2386.8	7595.5	7004.1	325.8	0.
	ptv	Trial_2	2913.8	8805.9	8032.9	540.8	0.





ROI Statistics

Line Type	ROI	Trial	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	% Out G
◆ —	gerinc	Trial_1	26.7	4268.9	1846.5	1851.6	0.0
◇ - - - -	gerinc	Trial_3	27.8	4480.5	1938.3	1945.9	0.0
◇ —	ptv	Trial_1	4297.4	6525.4	6030.8	214.8	0.0
◇ - - - -	ptv	Trial_3	4520.9	6864.9	6324.7	223.8	0.0
◇ —	tudo	Trial_1	39.9	6463.4	2287.6	1908.2	0.0
◇ - - - -	tudo	Trial_3	41.4	6800.6	2399.1	2005.3	0.0

Cone beam CT

kV-os CBCT esetén: 1-3 cGy

MV-os CBCT

1./ Alacsony dózisú: 2-3 cGy

2./ Nagy dózisú: 9 cGy

A terhelés függ az alkalmazás számától,
ismétlődésétől

MOBIL TUMOROK KÉPVEZÉRELT BESUGÁRZÁSA

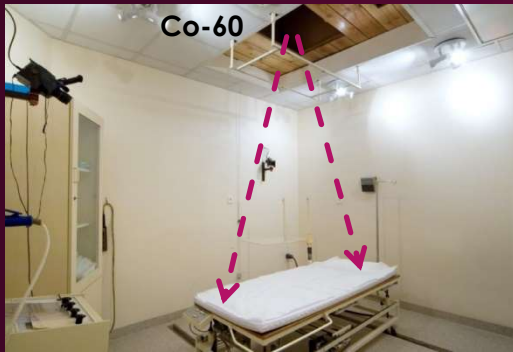
Mobil tumor: két besugárzás között elmozduló vagy besugárzás alatt mozgó tumor és légzés kapuzás

Képalkotás: 4 db. röntgen képerősítővel

Bőr sugárterhelés: *akár 1200 mGy/h*

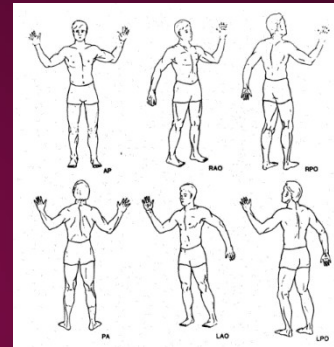


EGÉSZTEST BESUGÁRZÁS



1984, évente kb. 30 – 50 beteg

TELJES TESTFELSZÍN-BESUGÁRZÁS



1993, évente 1 – 4 beteg

Sztochasztikus sugárhatás I

30 éves méhnyakrákos beteg
30 nap in –room CT a célzás és a szerv
deformáció figyelembe vételére : Scan hossz: 24
cm, F:0,137 mSv/mGy, $CTDI_{lev}$:60 mGy, E: 8,2
mSv ($E=CTDI_{lev} \times F$), $30 \times 8,2 = 246$ mSv, ICRP
együttható a rák előfordulás valószínűsége: 5×10^{-5} /
mSv, $246 \text{ mSv} \times 5 \times 10^{-5} \text{ mSv} = 0,0123$ vagyis 1,2%
a sugár indukált rák valószínűsége, mely
alulbecslés, mert a női medence kb. 2x
sugárérzékenyebb, mint a férfi
A beteg életkora miatt ez valós kockázat.

Sztochasztikus sugárhatás II

70 éves prosztatata rákos beteg
CT felvétel a tervezéshez (60 mGy, 8,2 mSv),
amelyet követ 30 napon keresztül minden nap
beállító felvétel 6 MV-os energiával felvételenként
2 MU-al (kb. 2 cGy), Medencénél az effektív dózis
férfinál 0,33 mSv/ MU).

$$30 \times 1,3 \text{ mSv} + 8,3 \text{ mSv} = 47,2 \text{ mSv}$$

$47,2 \text{ mSv} \times 5 \times 10^{-5} / \text{mSv}$ kb. 0,2%-os sugár indukált
rák valószínűséget eredményez a beteg életében,
amely valóságos kockázatot a gyakorlatban nem
jelent

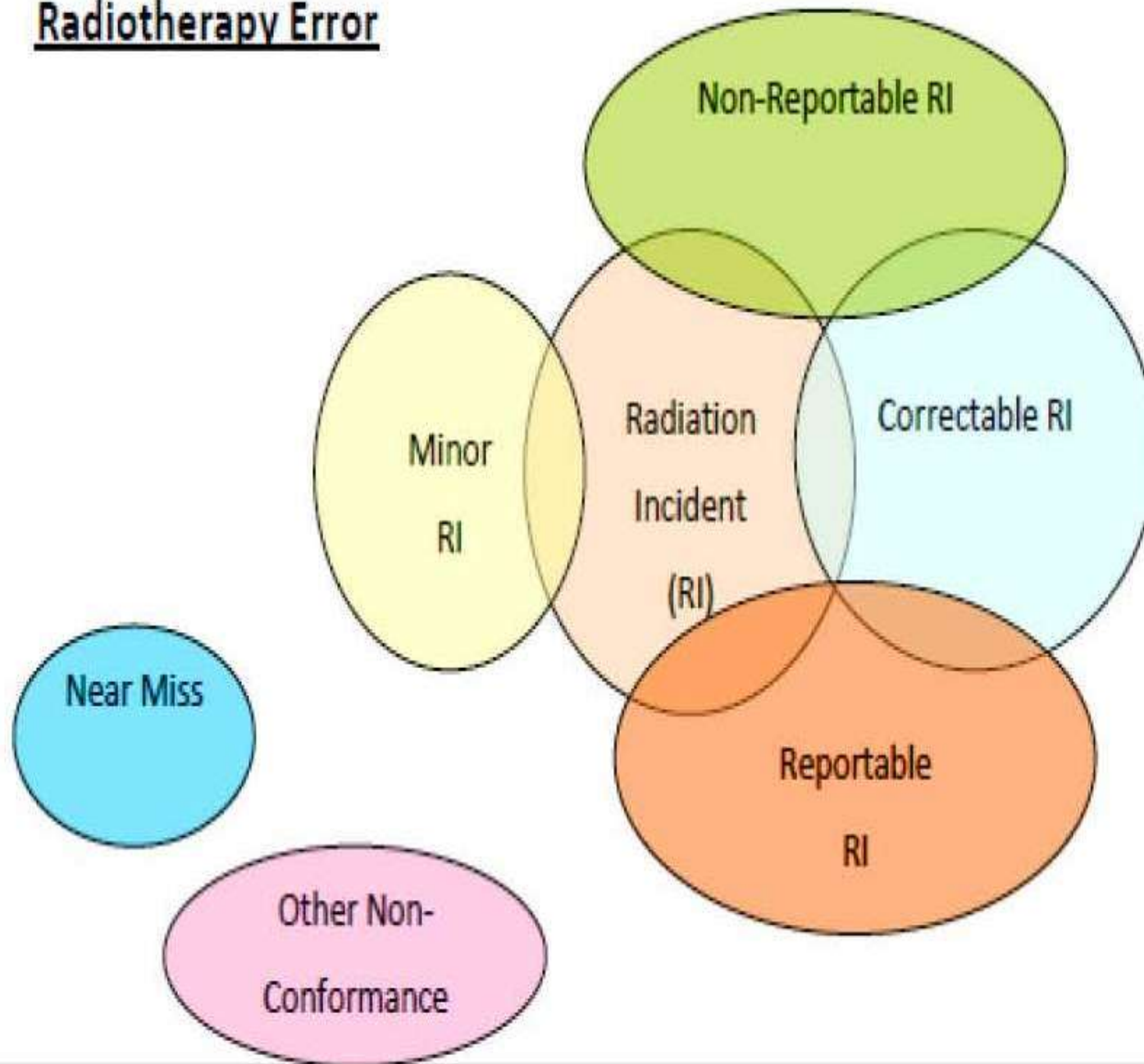
**A brachyterápia és a nagyenergiájú
intenzitás modulált sugárkezelések
összehasonlítása:**

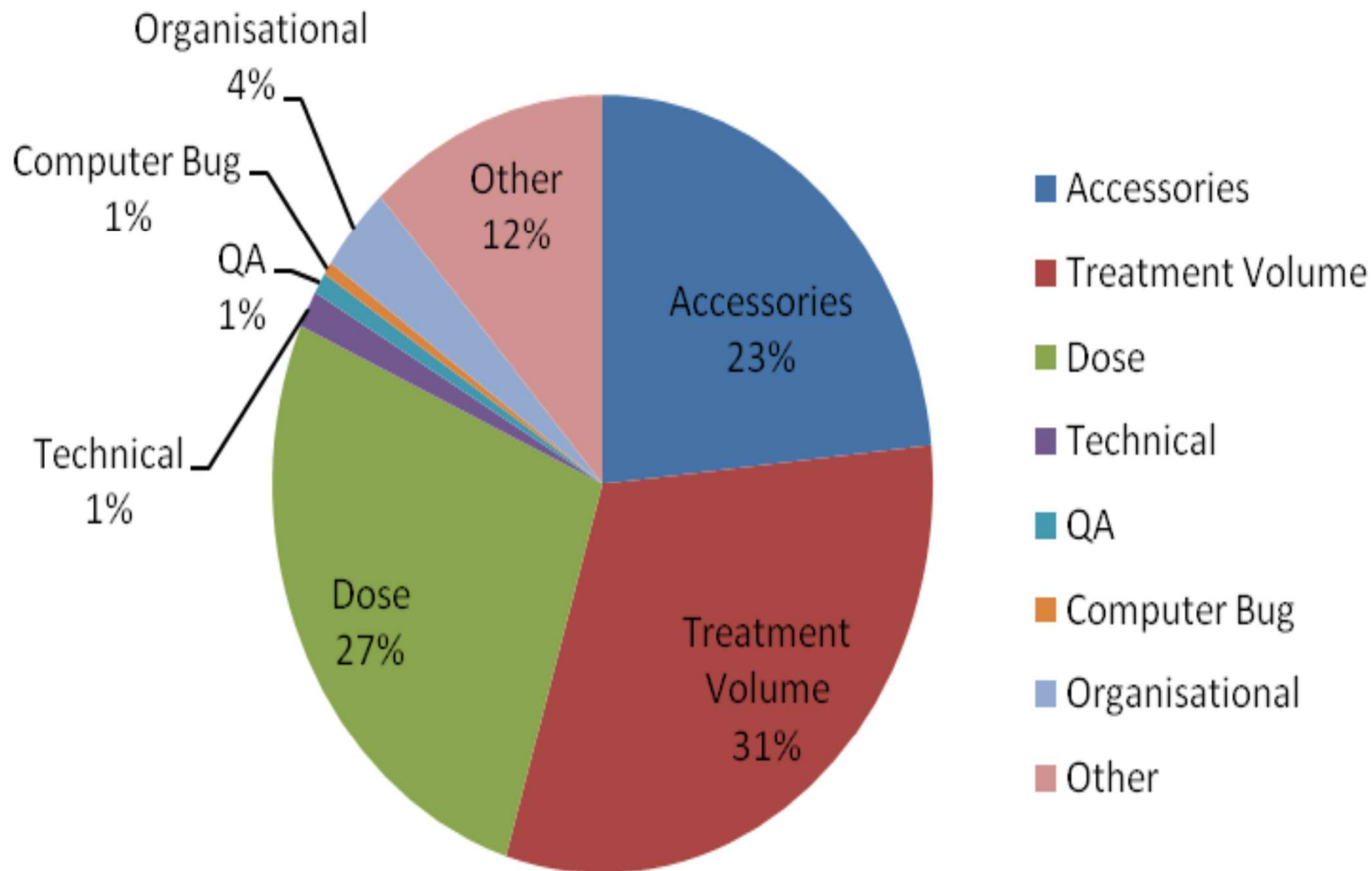
**A prosztatarák nagyenergiájú (15 MV)
intenzitás modulált teleterápiás
sugárkezelésnél a sugárindukált
bőrtumorok aránya jelentős mértékben
és szignifikánsan nagyobb, mint a I-125
seed-ek beültetésével végzett
brachyterápiánál**

RADIATION ONCOLOGY SAFETY INFORMATION SYSTEM (ROSIS)

- SUGÁRBALESETEK
- MAJDNEM BALESETEK
- ANONYM
- NEMZETKÖZI
- HELYI

Radiotherapy Error





Bejelentés időpontja:	
Sugárkezelés módja: (a megfelelőt húzza alá)	Teleterápia Brachyterápia Egyéb: _____
Az esemény helye: (a megfelelőt húzza alá)	Lineáris gyorsító: P1, P2, P3, M, A Szimulátor: I, II Top CT Mélyterápiás röntgenkészülék HDR Brachyterápia Brachyterápia seed I-125 kezelés Egyéb: _____
Az esemény rövid leírása:	
A hibajavítás céljából elrendelt intézkedések rövid leírása:	

Sugárkezelés kockázata kis dózis esetén

A tüdőszövetet ért 1 Gy
besugárzás után 1% a
kockázata, hogy 25 éven belül
tüdőrák fejlődik ki

NÉHÁNY GYAKORLATI MEGJEGYZÉS

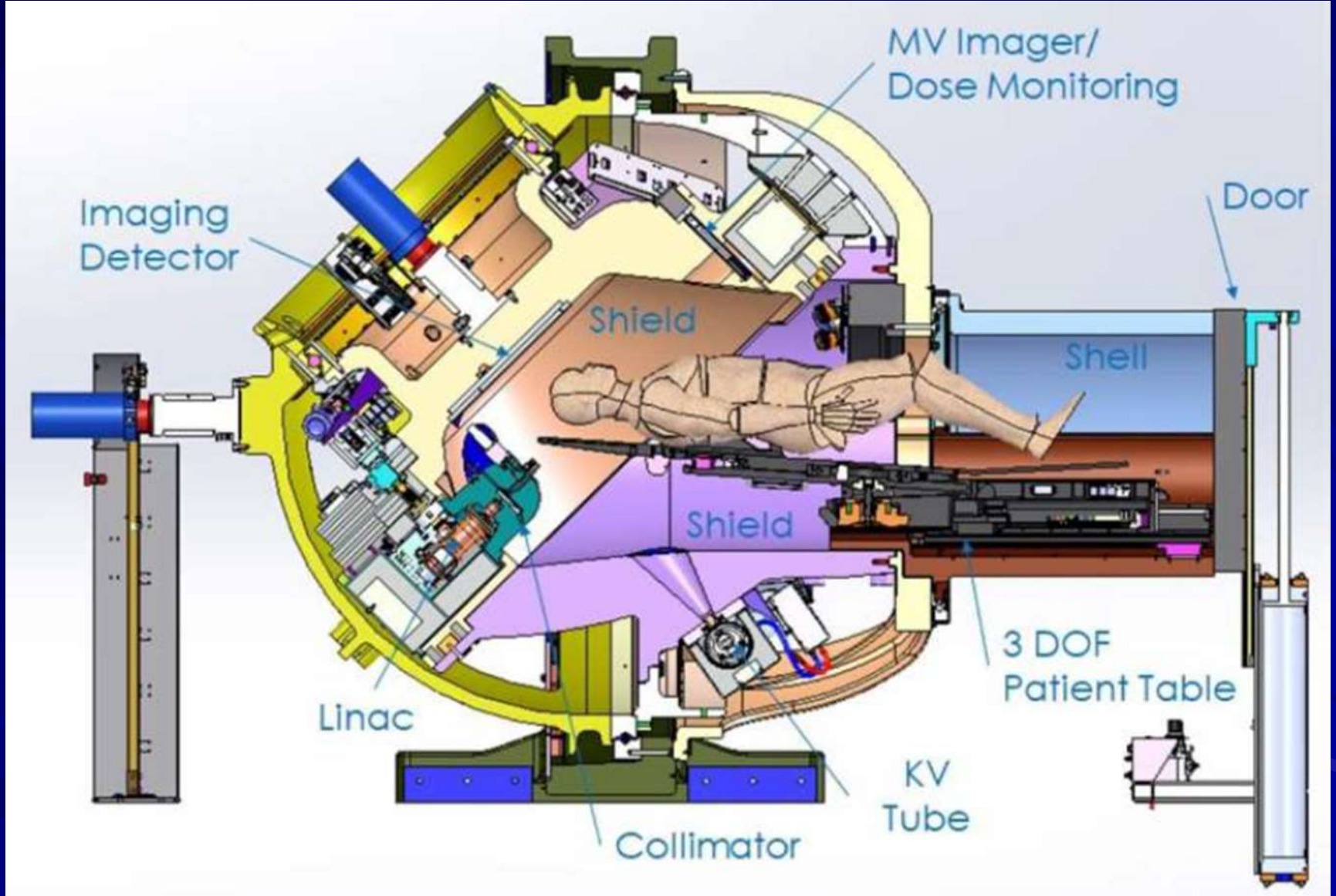
TELETERÁPIÁS GYORSÍTÓK MIND IMPULZUS ŰZEMBEN
MŰKÖDNEK: GM CSŐ NEM HASZNÁLHATÓ

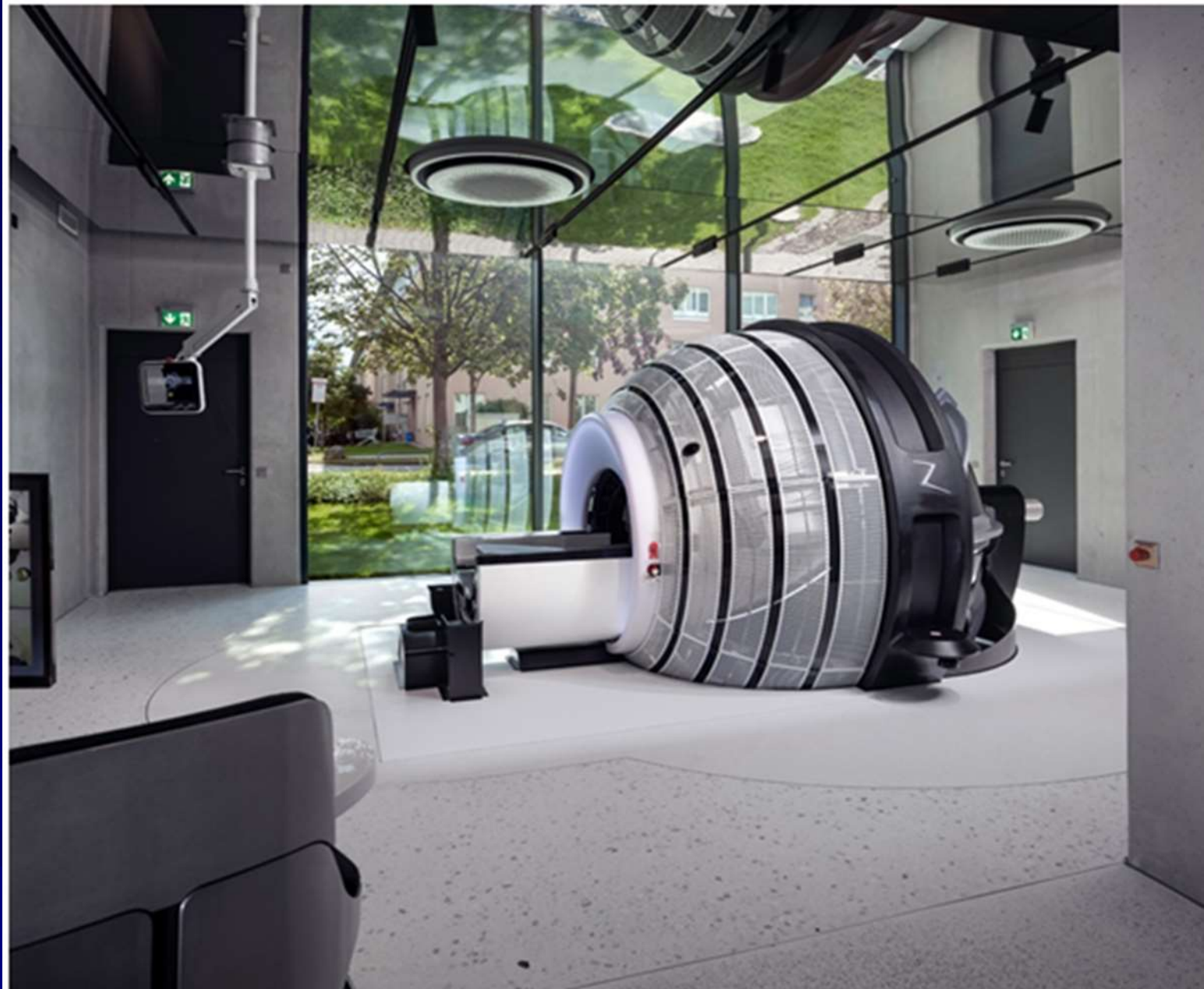
AZ ELŐKÉSZÍTŐ ÉS KÍSÉRŐ DÓZISOK EGYRE NŐNEK

NAGY DÓZISOK MIATT A MINŐSÉG BIZTOSÍTÁS
NAGYON FONTOS

AUDIO-VIZUÁLIS KAPCSOLAT A BETEGGEL

BRACHYTERÁPIÁNÁL A SZEMÉLYZET
SUGÁRTERHELÉSE NAGYOBB, A BETEGÉ KISEBB.
TELETERÁPIÁNÁL FORDÍTVA







**KÖSZÖNÖM MEGTISZTELŐ
FIGYELMÜKET**