

Szövetközi besugárzások (intersticiális brachyterápia)

Dr. Fröhlich Georgina

Országos Onkológiai Intézet
Sugárterápiás Központ
Budapest



*Ionizáló sugárzások a gyógyításban
ELTE TTK, Budapest*

BT típusai

- intrakavitális BT: gyn, rektum, orrmelléküreg, orrgaratüreg,...
- intraluminális: légcső, nyelőcső
- felszíni mould: bőr, szem plakkok
- (intravaszkuláris)
- intersticiális (tűzdelés): emlő, prosztatata, H&N, agy, gyn, légyrész szarkómák, bőr, hólyag, rektum, penis,...
- ideiglenes beültetések: HDR izotópok (Ir-192)
- permanens beültetések: Very LDR (I-125)

Intersticiális BT

	<i>Seeds</i>	<i>HDR</i>
Volume definition:	pre/perimplant	postimplant
Dosimetry:	pre/perimplant fixed	postimplant flexible
Implementation:	live	afterloaded
Verification:	postimplant	preloading

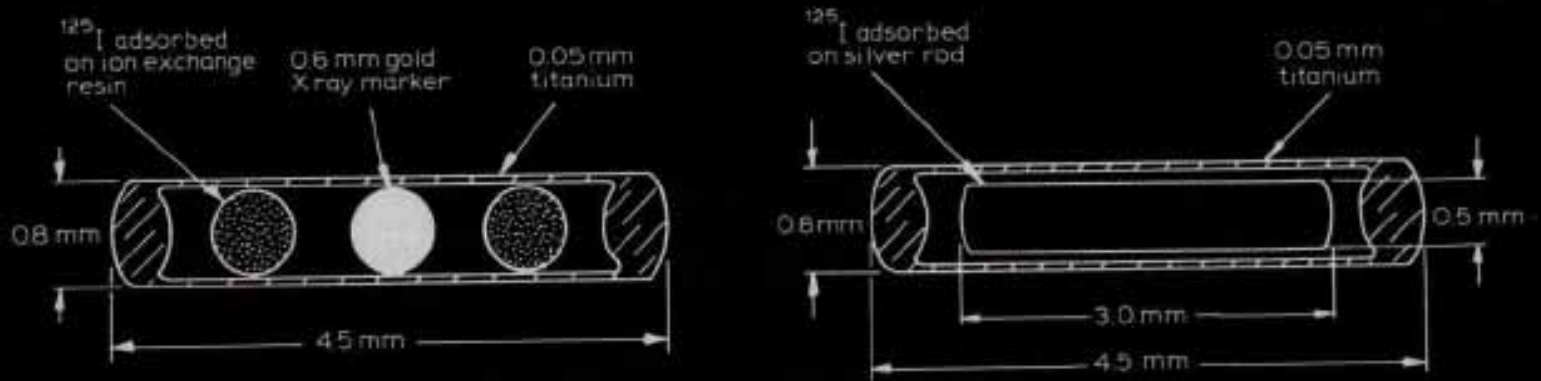
Ideiglenes beültetések

- lokális nagy D – kritikus normál szövetek csökkentett D-a
- aplikátorok beültetése után egyénre szabható
- nagyobb térfogat is besugározható, mint seed-technikánál (pl. extrakapszuláris régió, vezikula szeminálisok)
- nincsenek szabadon a források
- csak 1 db forrás van
- sugárvédelem csak a kezelés ideje alatt
- olcsó
- sok esetben ambuláns
- **DE:** nagy D-telj. → frakcionálni kell

Permanens beültetések

- 1965.

- különböző „seed”-ek:



→ prosztata, emlő, központi ideg-rsz., tüdő, hasnyálmirigy, fej-nyak

Permanens beültetések

- seed-ek: I-125 vagy Pd-103
- alacsony E_{γ} \rightarrow könnyű sugvéd.!

	mean energy	half life	RBE
^{125}I	28 keV X rays	60 d	1- 2.4*
^{103}Pd	21 keV X rays	17 d	1.9**

RBE (Relative Biological Effectiveness) \leftarrow LET-érték (D-telj.)

Permanens beültetések

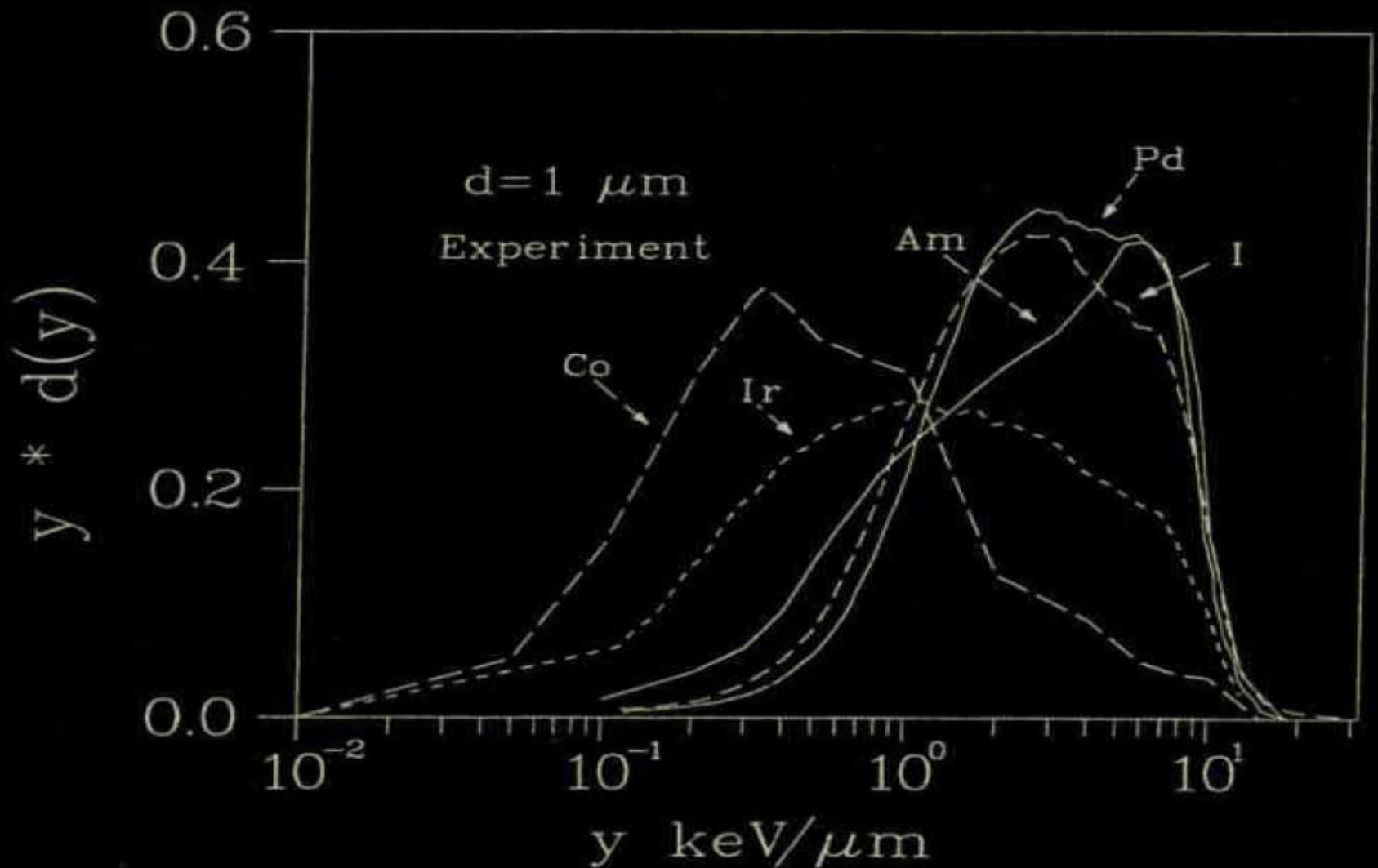
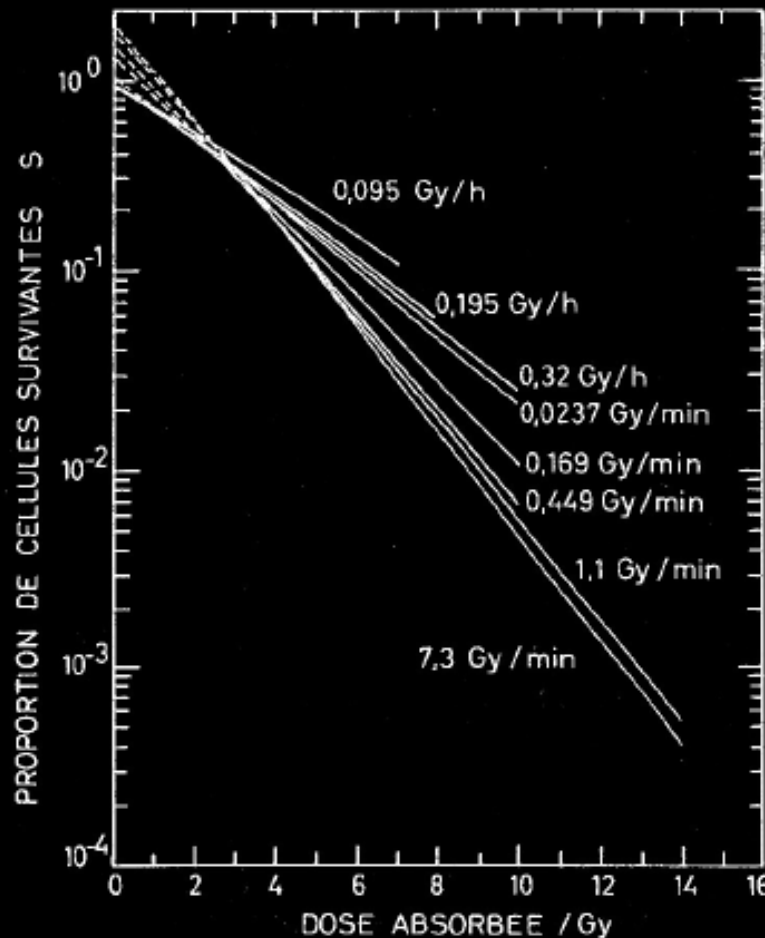


Fig. 8. Measured lineal energy spectra for different brachytherapy sources.

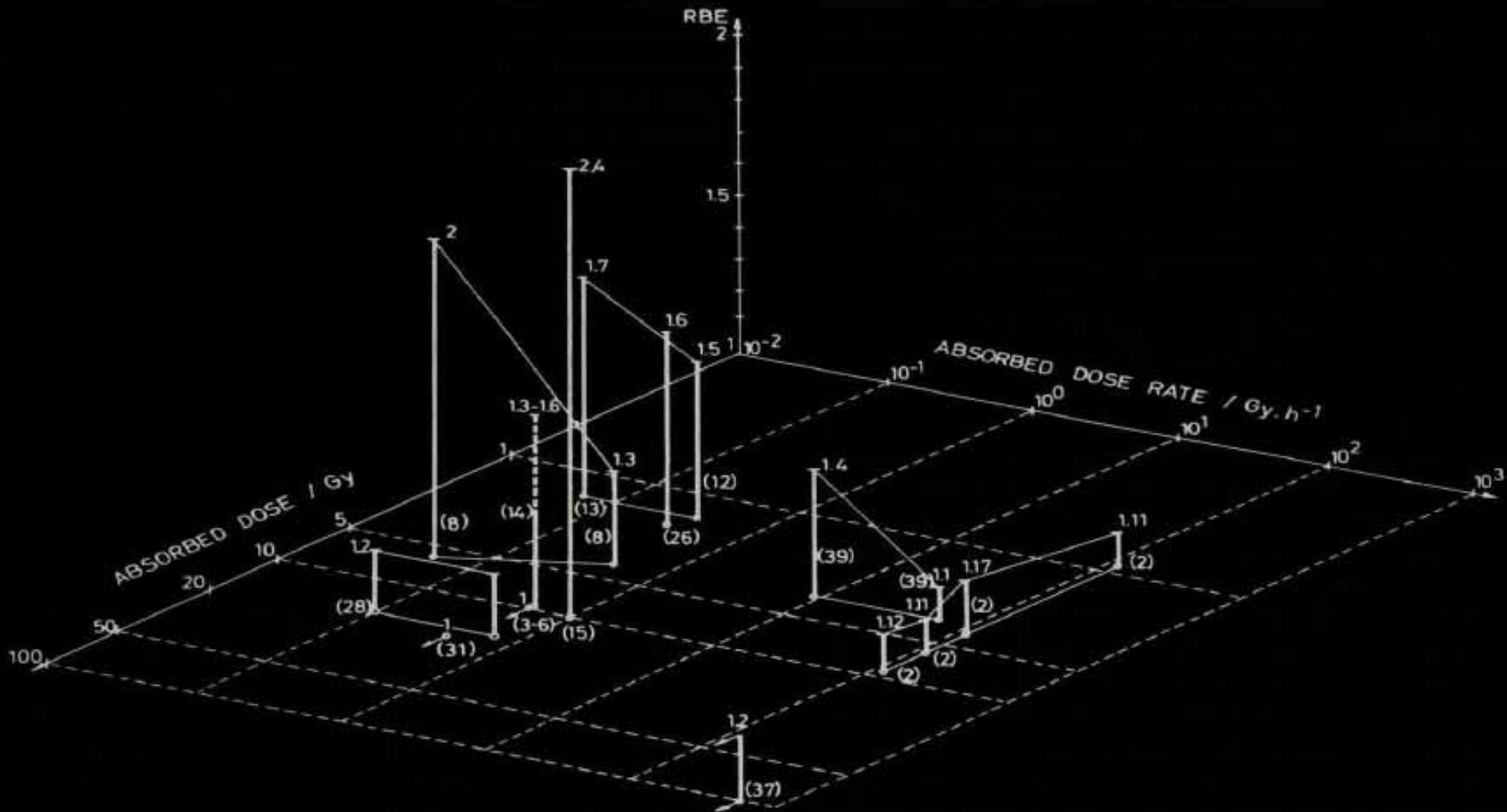
Permanens beültetések

- magas D-telj. (ideiglenes beültetések) → RBE = 1,15-1,2
- alacsony D-telj. (permanens beült.) → RBE = 2-2,2



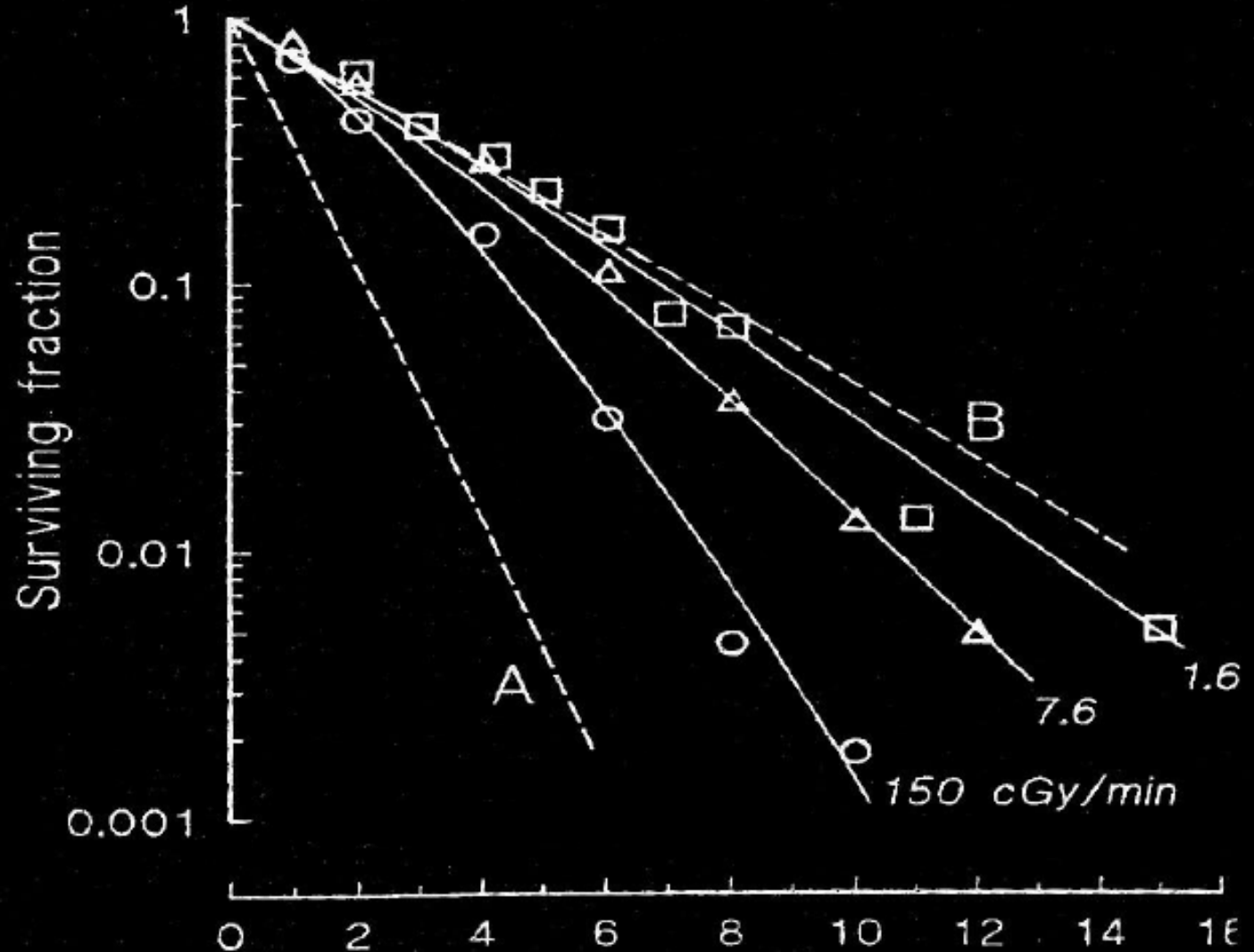
Permanens beültetések

I-125



Permanens beültetések

Very LDR



Permanens beültetések

Very LDR:

- I-125 prosztata-beültetés

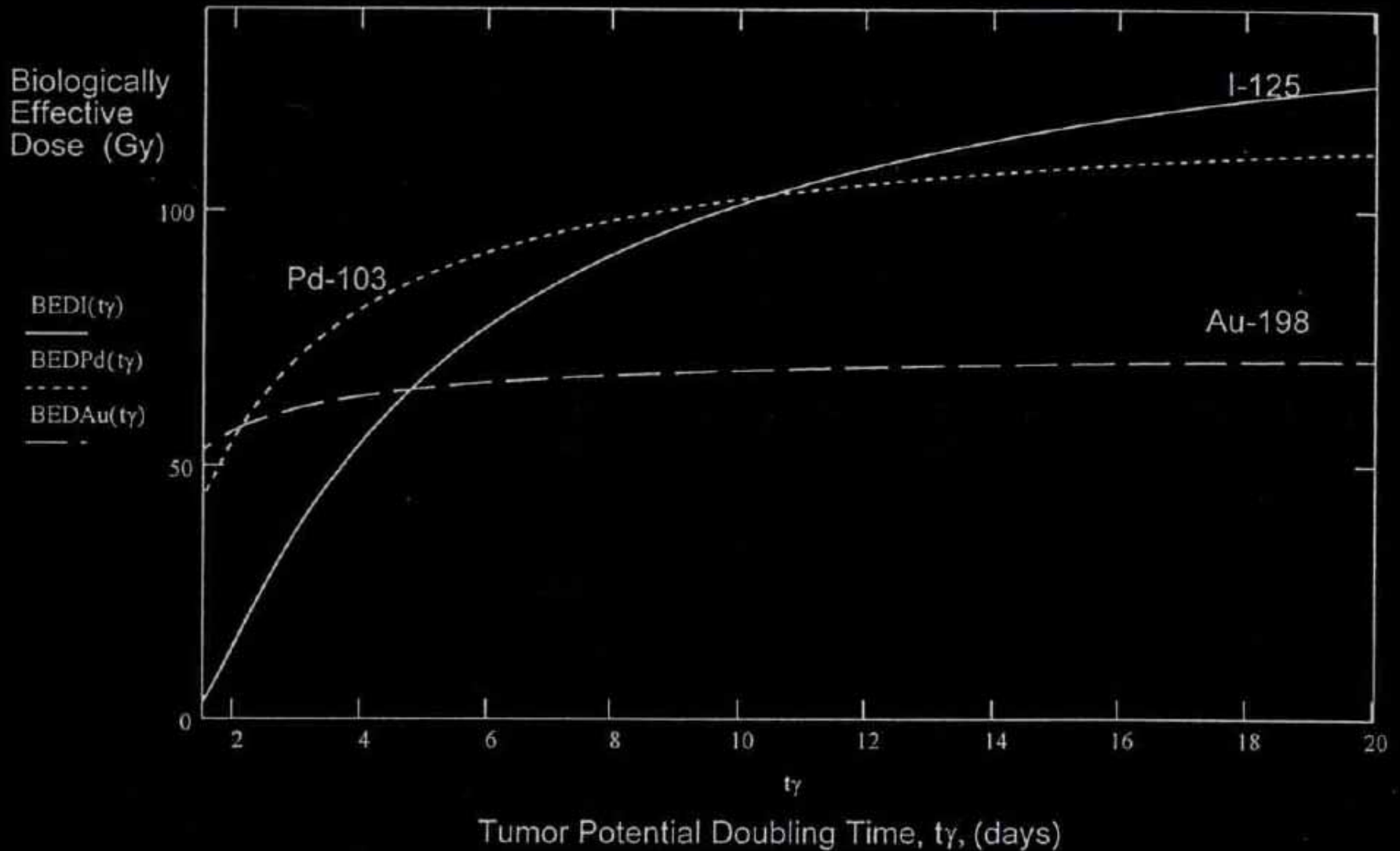
- 150 Gy, 7 cGy/h kezdetben

→ kritikus 120 Gy-t 140 nap után éri el, ekkor: 1,4 cGy/h

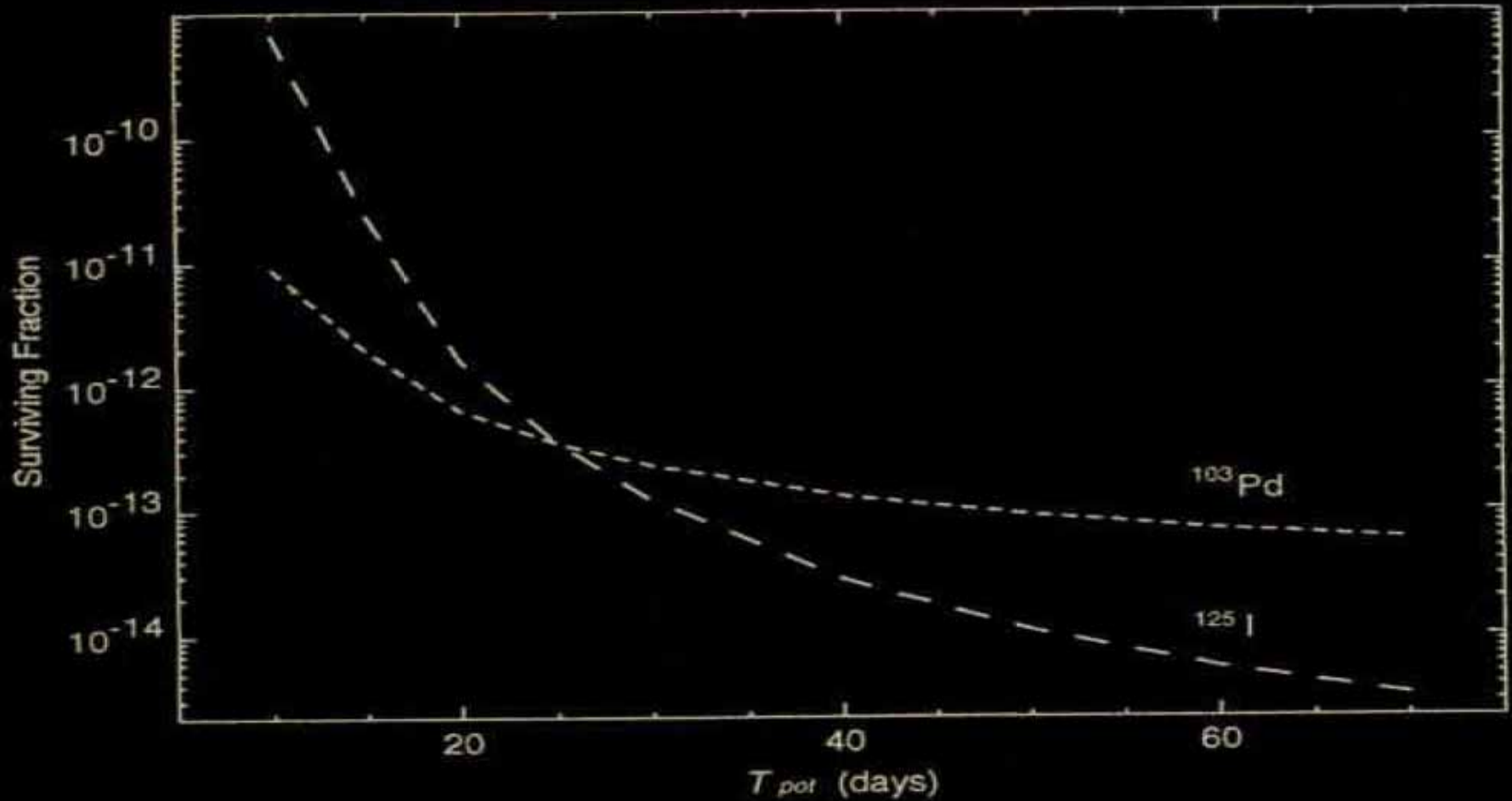
- PD-103 cytotoxikusabb → nagy kock. tumoroknál előnyösebb

- egyébként ekvivalensek a klinikai kimenetel tekintetében

Permanens beültetések



Permanens beültetések



Besugárzás-tervezés

Manuális dozimetriai rsz.-ek:

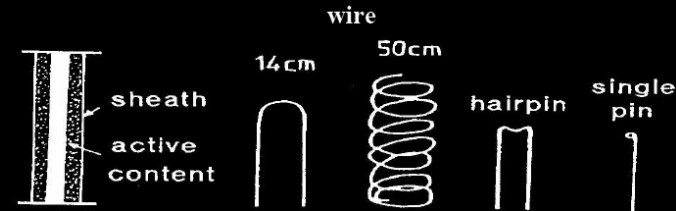
- Párizs
- Manchester/Paterson-Parker
- Quimby
- Memorial nomogramok

} → ideiglenes interstic. BT

Számítógépes módszerek

- hogyan kell implantálni
- D-előírás, optimalizálás
- D-számítás

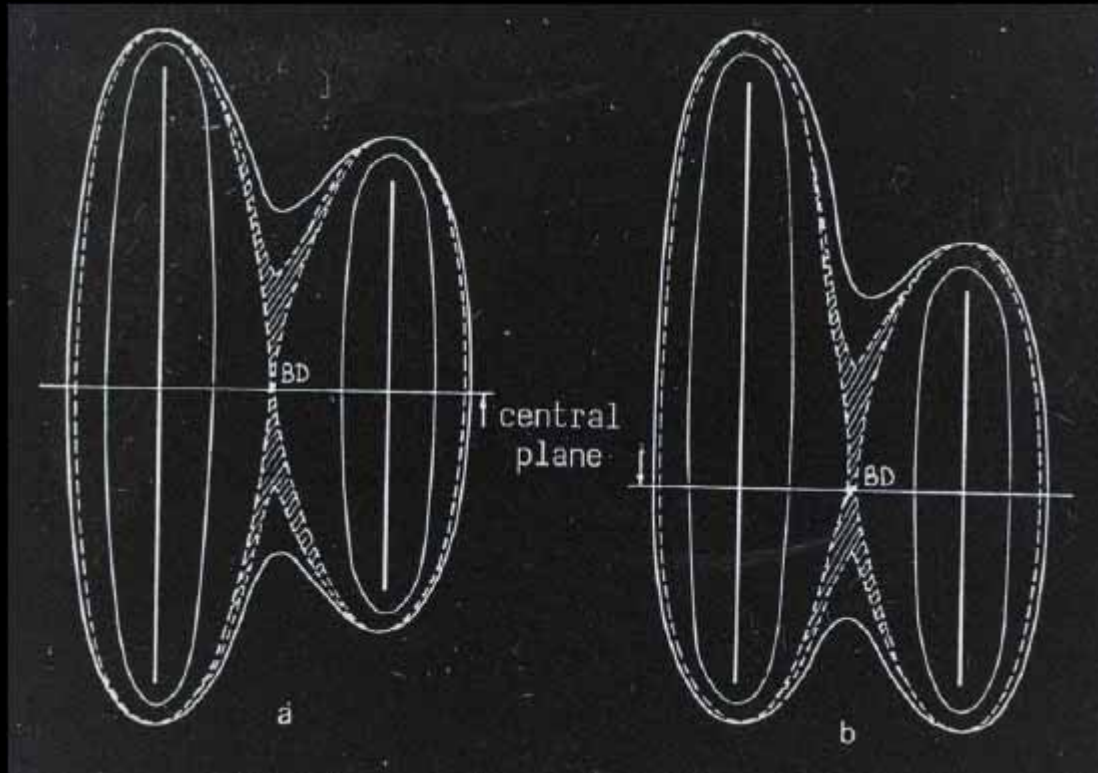
Besugárzás-tervezés



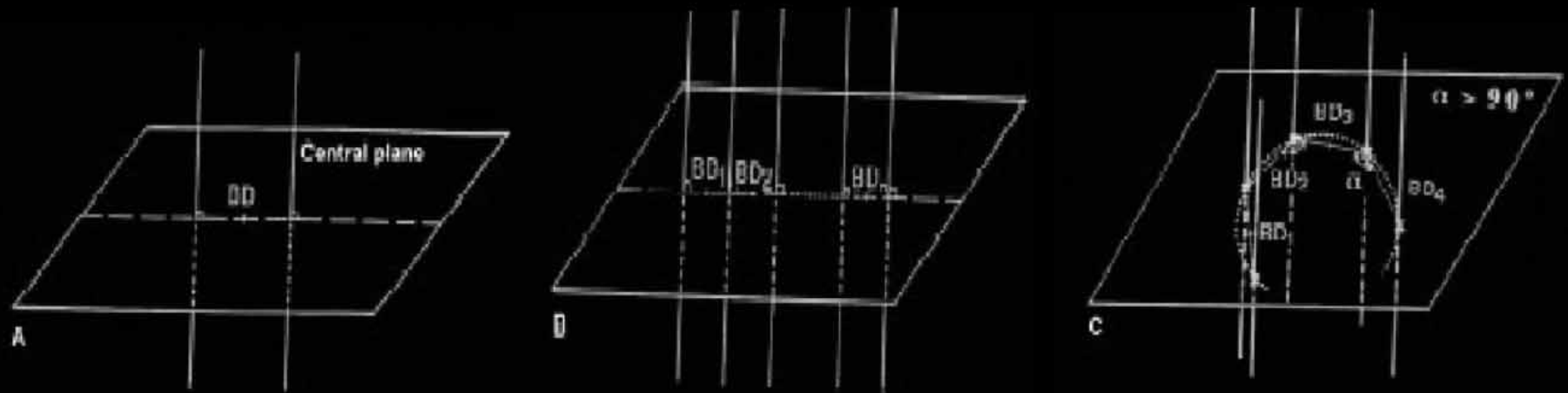
Párizs-rendszer (PDS, Paris Dosimetry System):

- eredetileg 1-2 síkú tűzdelésre, hosszúkás forrásra
- forrásokat egyenesen, párhuzamosan, egyenlő távolságban kell beültetni, egyforma hossz, forrás-erősség kell, középpontjuk egy síkban (**Central Plane**)
- forrás megállási pozíciói: PTV-n belül (5 mm-es lépésköz)
- geometriai + grafikus optimalizáció (anno nem volt! → nagyobb aktív hosszak)
- D ref. pontok: a katéterek középső síkjában (**Basal Dose Points**)
→ D normalizálás ezek átlagára (**Mean Central Dose, Basal Dose**)
- D-előírás: **F-faktor** = a ref. D ? %-a a MCD-nak

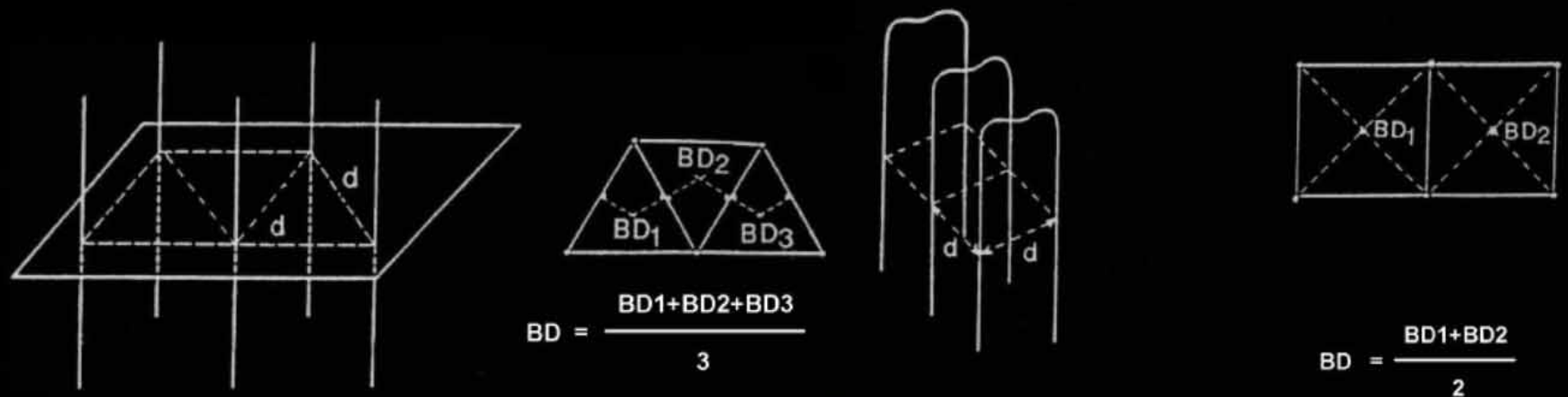
Besugárzás-tervezés



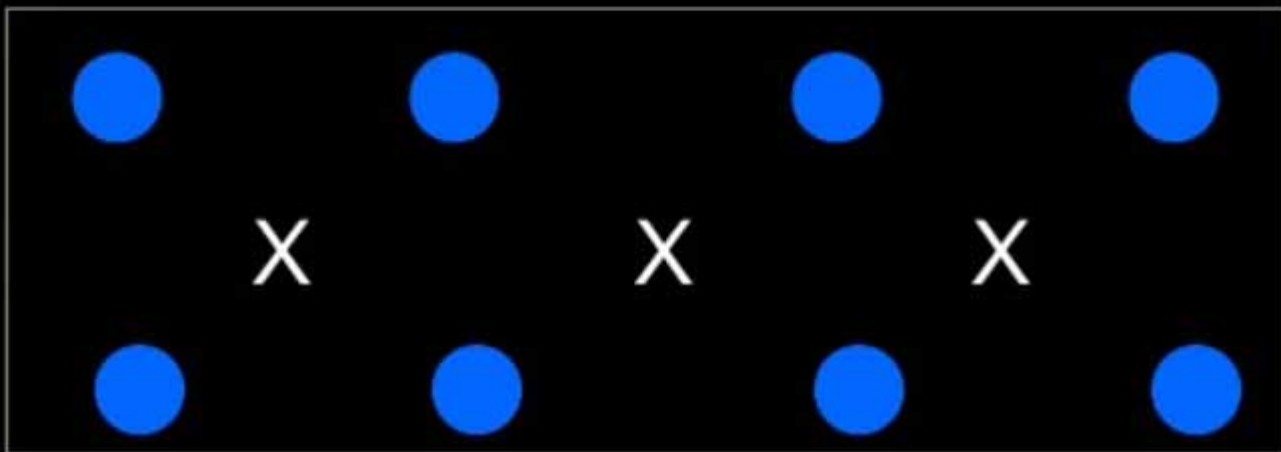
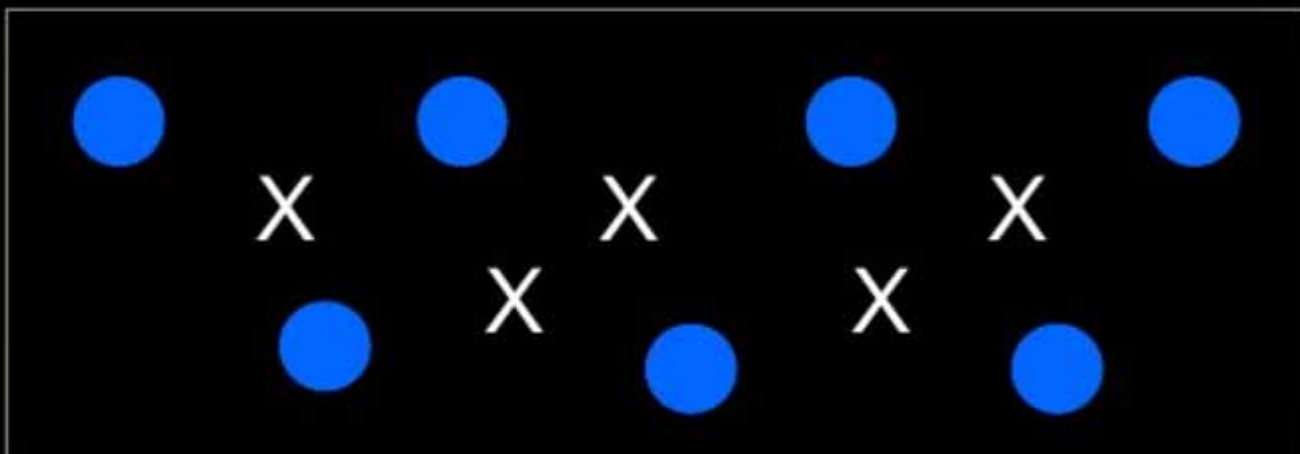
Central Plane



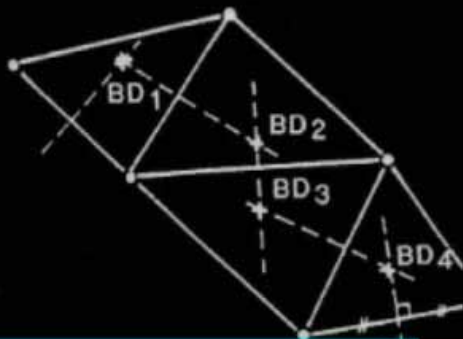
Calculation of the basal dose rate [BD]: Planar (A, B) or curved surfaces (C). Basal doses calculated midway between each pair of sources and averaged.



Calculation of the basal dose rate BD in triangles (A), in squares (B). Basal doses calculated equidistant from each of the adjacent sources.



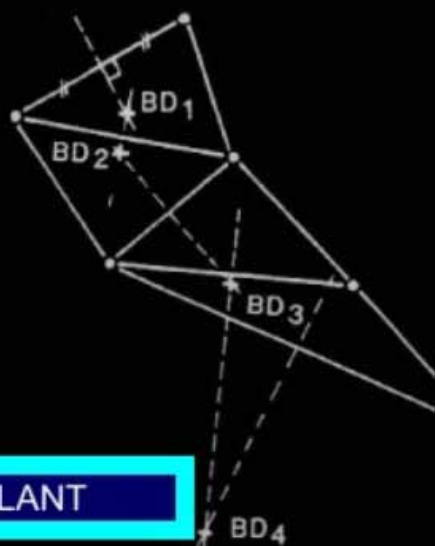
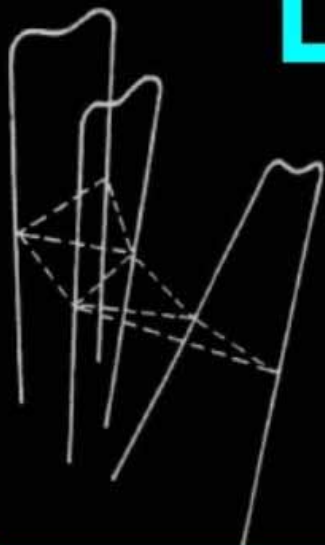
IMPLANTS WITH IMPERFECT GEOMETRY



Acceptable implant:

BD1
BD2
BD3
BD4

= BD +/- 10% of BD



UNACCEPTABLE IMPLANT

ROSSZ BEÜLTETÉST NEM LEHET
HELYREHOZNI
OPTIMALIZÁLÁSSAL!



SORRY!! THIS WAS MY FIRST IMPLANT,
I'LL IMPROVE BEFORE YOUR TWO
MORE SESSIONS ARE OVER!

Besugárzás-tervezés

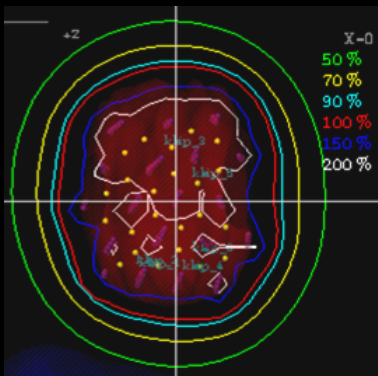
F-faktor = a ref. D ? %-a a MCD-nak

$F(PDS) = 0,85$

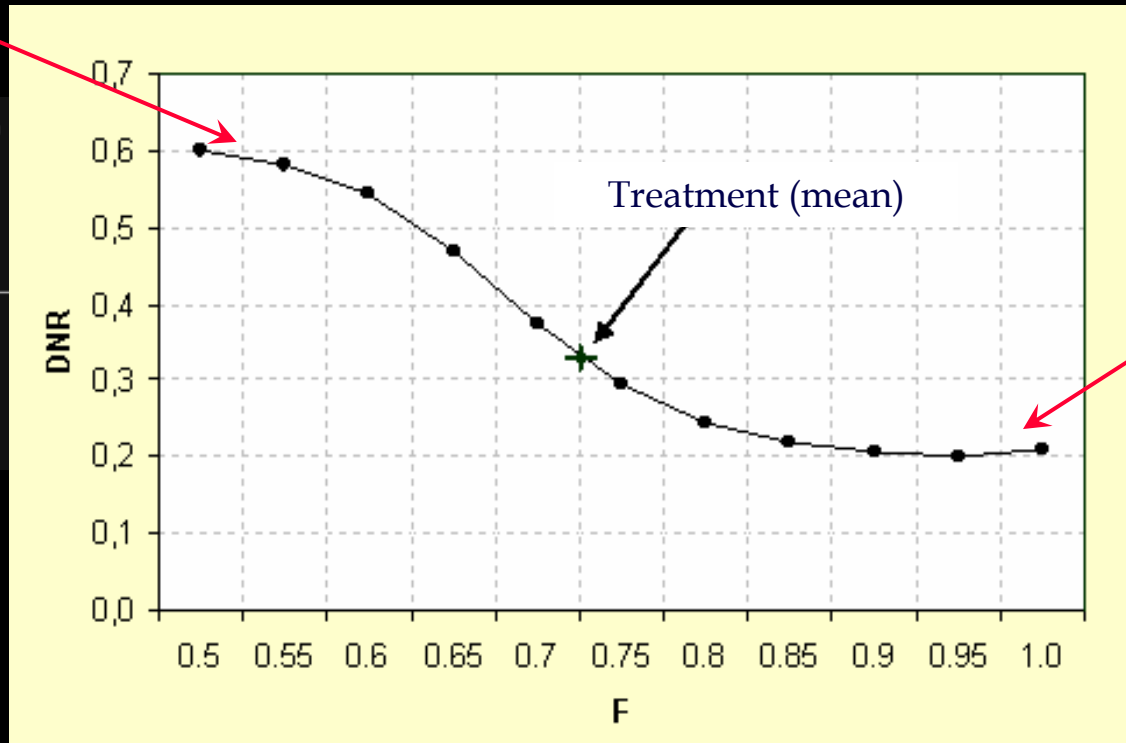
F: 0,5 → 1 ⇒ DNR

$$F = \frac{ref.D}{MCD} (\%)$$

távoli
izodózis



~ pontforrás



közeli
izodózis



~ pontforrás

F-faktor = 0,75 (0,70-0,85)

DNR = 0,32 (0,25-0,41)

Besugárzás-tervezés

ICRU D-riport: MCD, MTD = Minimum Target Dose (= ref. D),
MTD/MCD

Számítógépes D-rsz.: ~Párizs, Quimby

D → izodózis vonal/felület

nincsenek kereszteződő források → aktív hossz ~40%-kal
hosszabb PTV-nél, hogy megfelelően lefedje D-sal

+ optimalizálás

RULES OF INTERSTITIAL IMPLANT SYSTEMS

CHARACTERISTIC	PATERSON-PARKER	QUIMBY	PARIS	COMPUTER
LINEAR STRENGTH	VARIABLE (full intensity, 0.66 mgRa/cm; half intensity, 0.33 mgRa/cm)	CONSTANT (full intensity, 1mg Ra/cm; half intensity, 0.5 mgRa/cm)	CONSTANT (0.6-1.8 mg Ra eq/ cm)	CONSTANT (0.2-0.4 mg Ra eq/cm)
SOURCE DISTRIBUTION	PLANAR IMPLANTS (in periphery) Area <25cm ² - 2/3 Ra Area 25-100cm ² - 1/2 Ra Area >100cm ² - 1/3 Ra	UNIFORM	UNIFORM	UNIFORM
	VOLUME IMPLANTS CYLINDER: belt , four parts; core , two parts, each end one part SPHERE: shell , six parts; core , two parts CUBE: each side , one part; core , two parts	UNIFORM distribution of sources throughout the volume	Line sources arranged in parallel	Line source arranged in parallel planes or cylindric volumes
LINE SOURCE SPACING	CONSTANT Approximately 1cm apart from each other or from crossing ends	Same as Paterson- Parker	CONSTANT [according to implant dimensions - larger spacing used in large volumes; 8mm min to 15mm max separation	CONSTANT 1-1.5cm, depending on size of implant (larger spacing for larger size implants)
CROSSING NEEDLES	Crossing needles required to enhance dose at implant ends	Same as Paterson- Parker	Crossing needles NOT used, active length 30%-40% longer than target length	Crossing needles NOT used, active length of sources 30-40% larger than target length

Besugárzás-tervezés

Dokumentáció:

- interstic.
- HDR/permanens
- TRAK
- forrás típusa
- templét, aplikátor típusa
- (szimpla/ dupla/ multiplane)
- optimalizálás
- forrás megállási pozíciói + idők/seed-ek pozíciói
- D-telj., kezelési idő
- ref. D, kritikus szervek D-a

Fej-nyaki tűzdelések

- nyelvgyök, nyelv, ajak
- tonsillaris régió
- lágyszájpad



- boost (5-35 Gy)/recidíva (30-35 Gy)/postop (50-60 Gy)

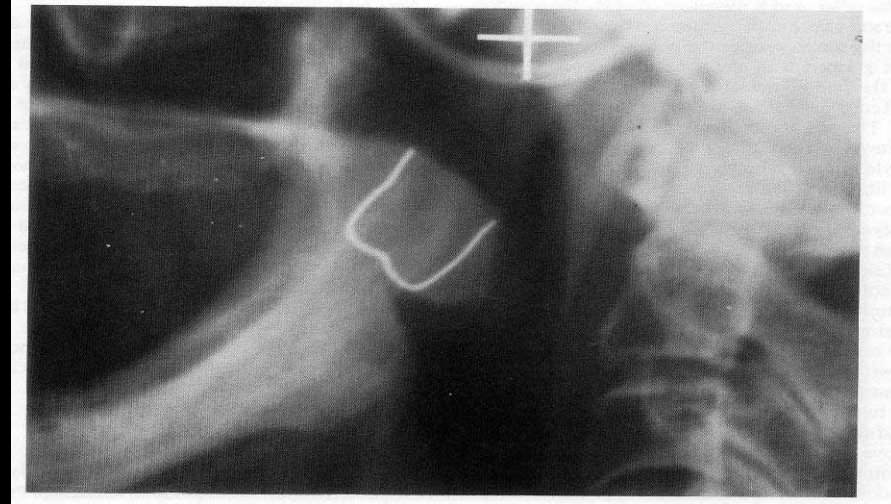
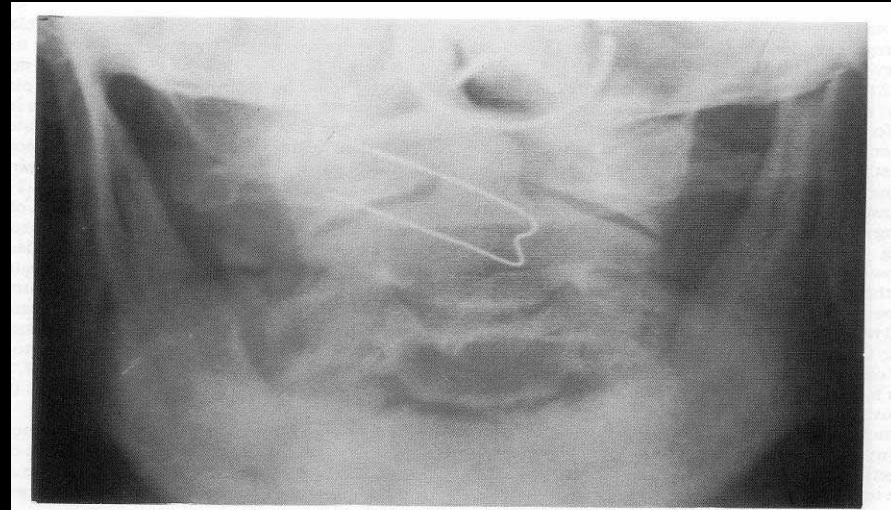
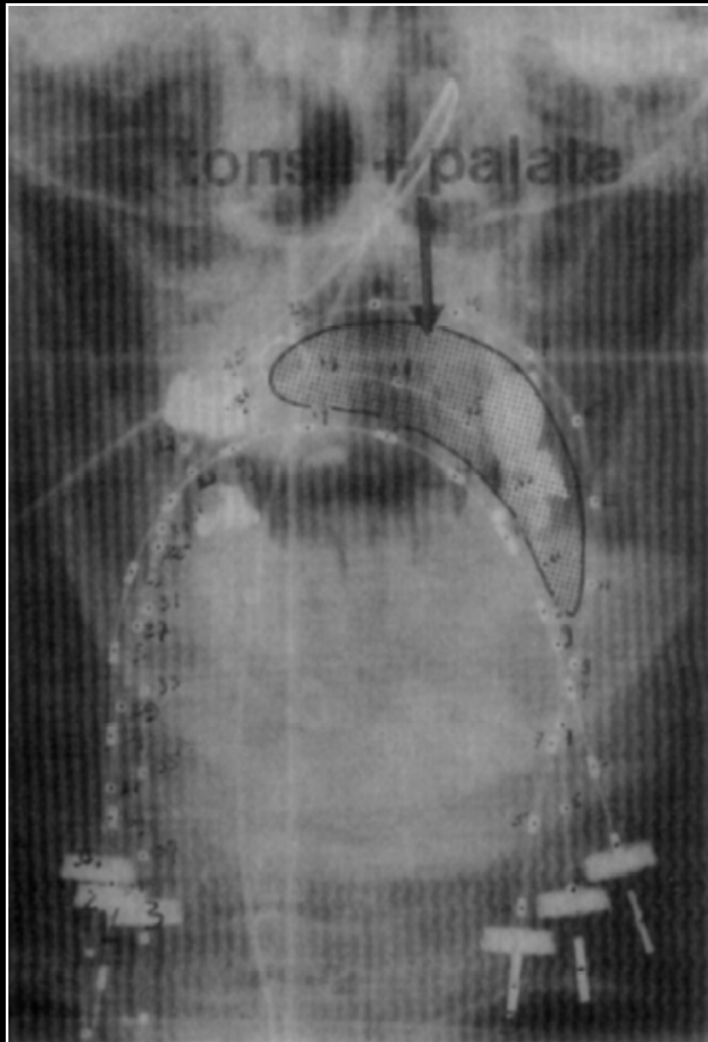
→ funkcionális és kozm. károsodások elkerülése

→ lokális D-eszkaláció



Fej-nyaki tűzdelések

hurok (loop) módszer



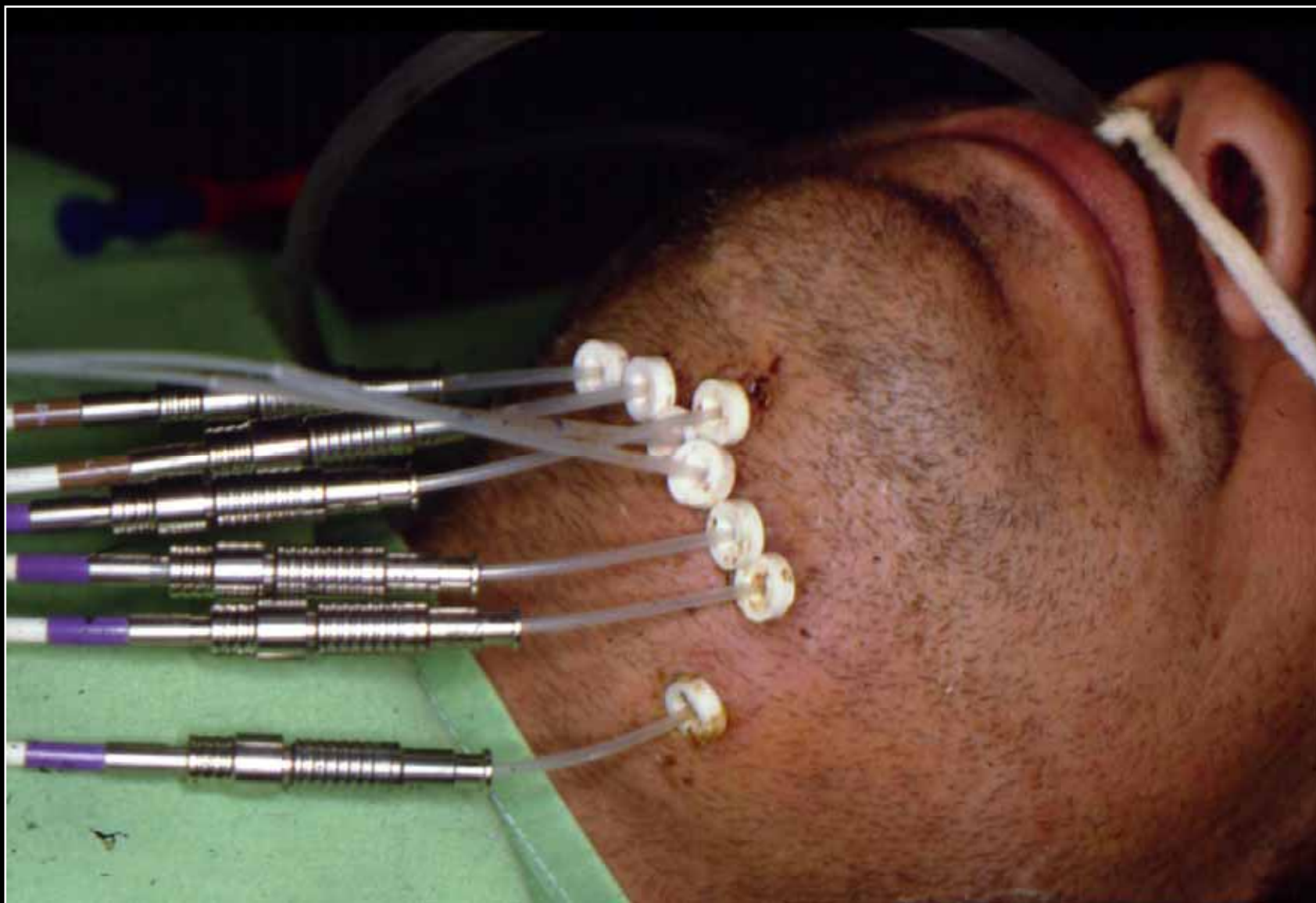
Fej-nyaki tűzdelések

beültetés:

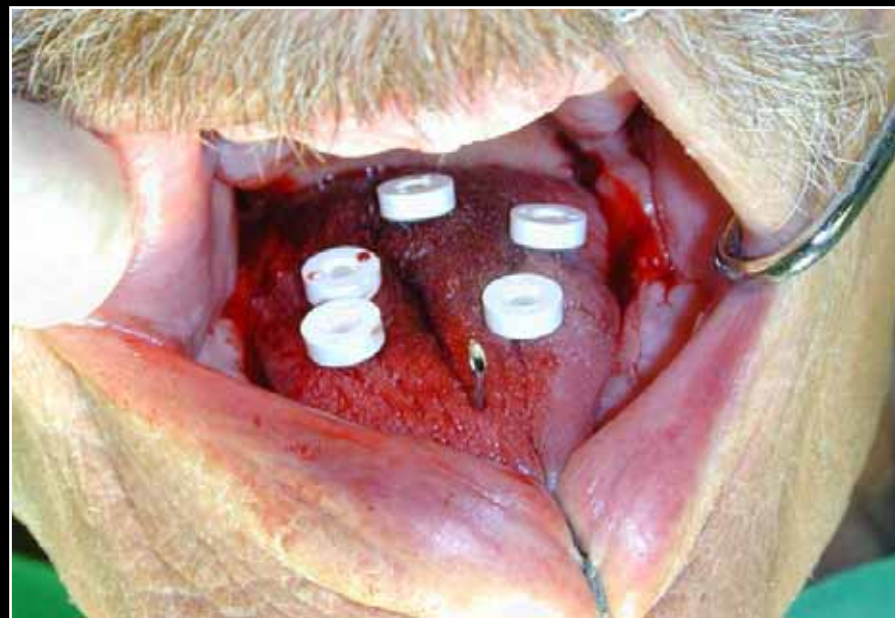
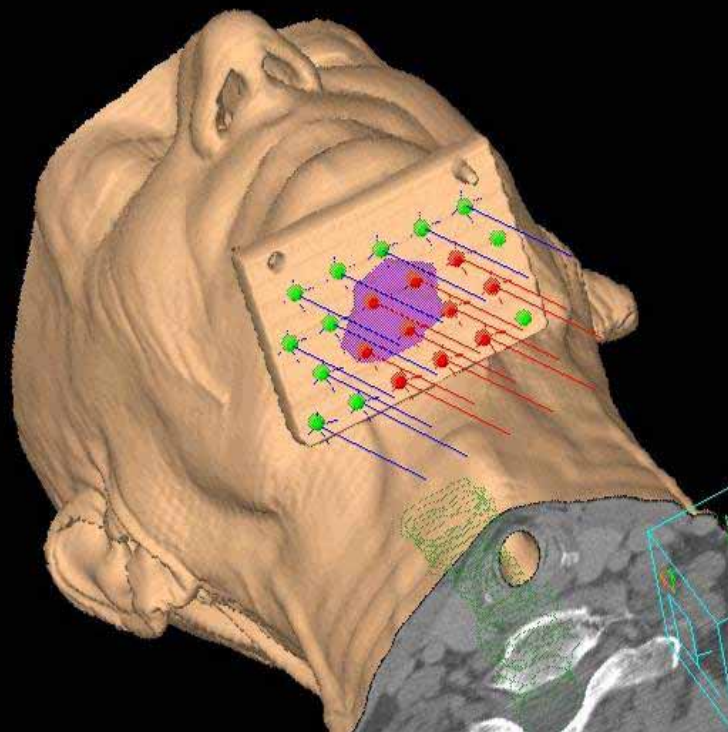
merev fémtűk → rugalmas műanyag katéterek (hurok/egyenes szál)



Fej-nyaki tűzdelések



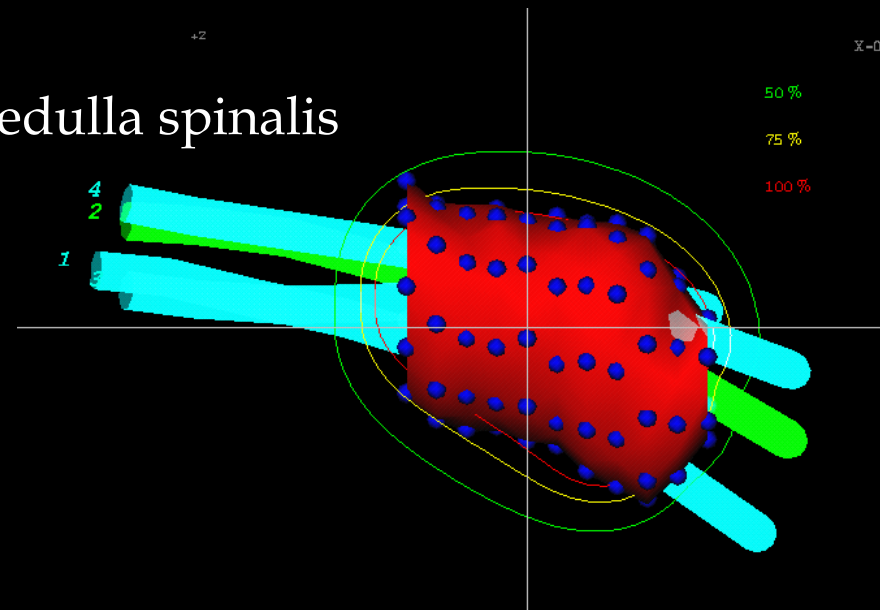
Fej-nyaki tűzdelések



Fej-nyaki tűzdelések

besugárzás-tervezés:

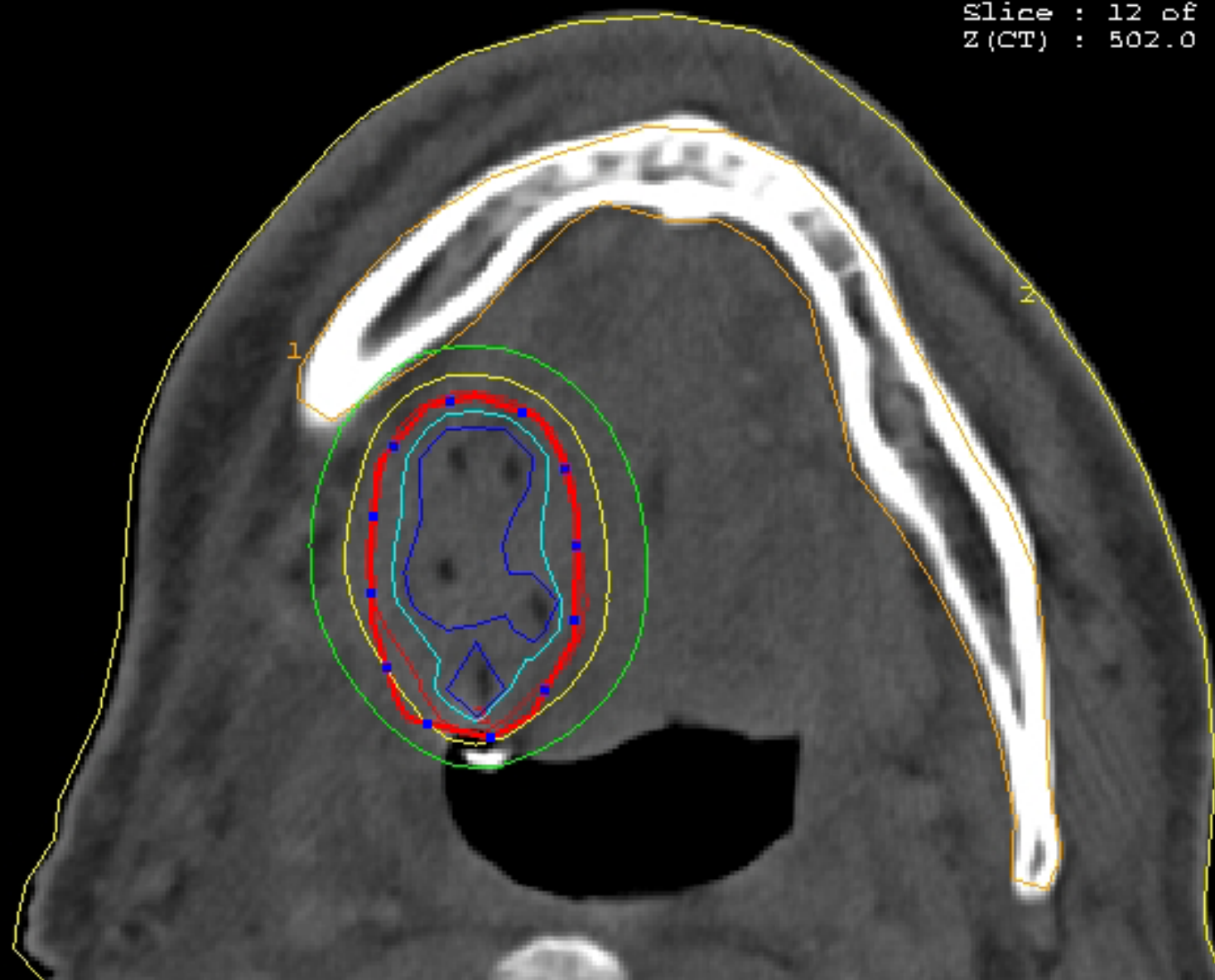
- **2D**: szimulációs RTG → D ref. pontok az implantátumtól lat.
- **3D**: CT → PTV, OARs, ref. pontok a PTV felszínén (konformális tervezés)
- **Dózispont optimalizálás (DPO)**: a ref. D-pontokra
 - V100, V150, DNR, CI
 - védendő: mandibula, parotis, medulla spinalis



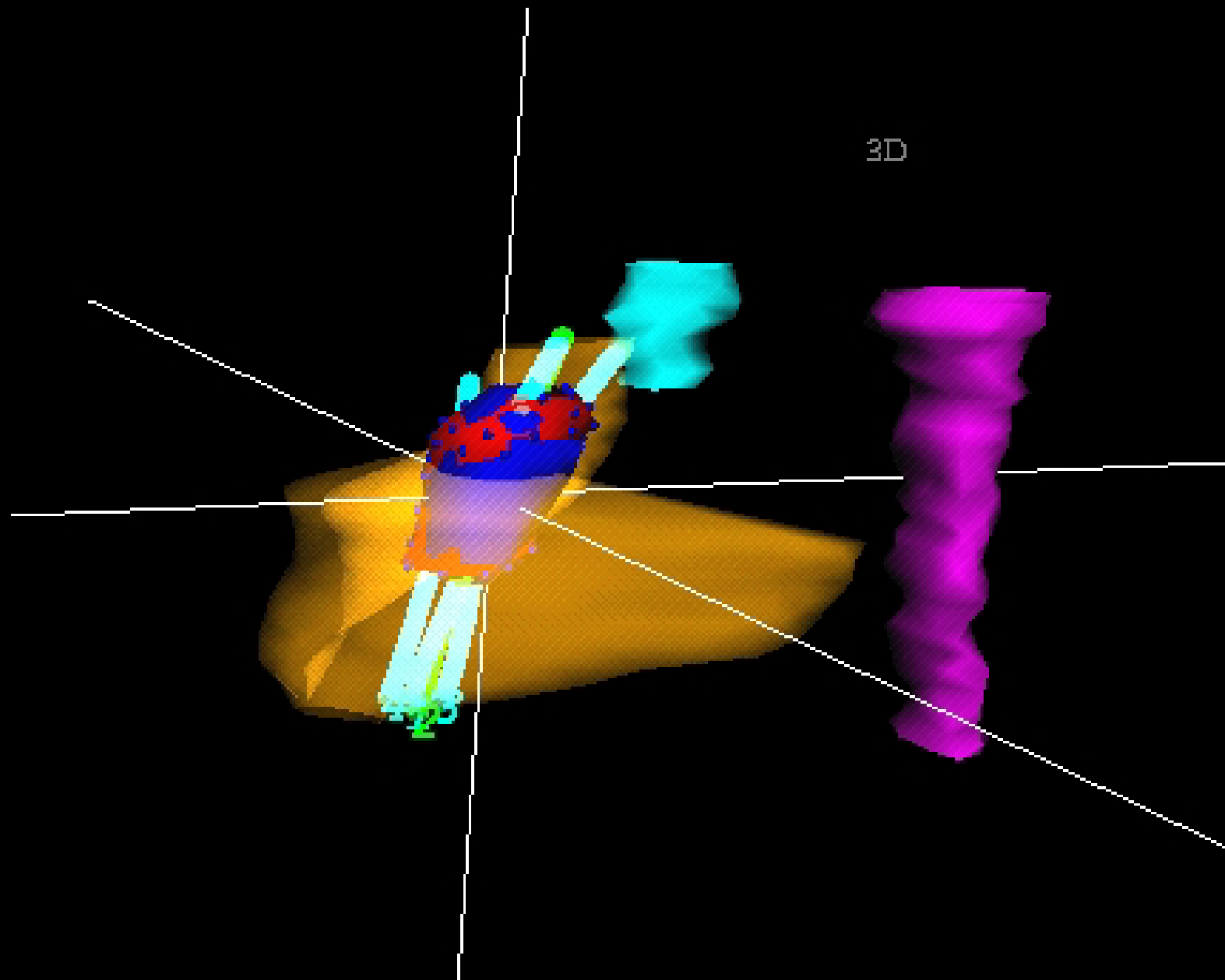
Fej-nyaki tűzdelések

Slice : 12 of 22
Z (CT) : 502.0

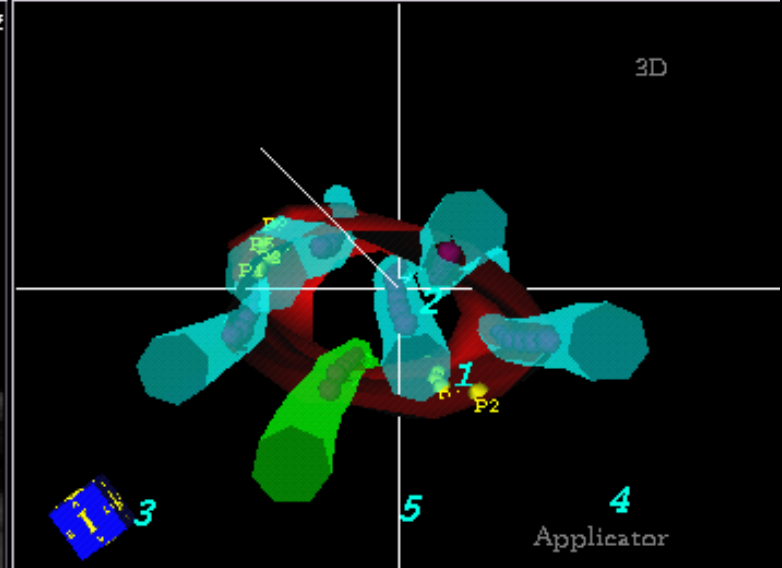
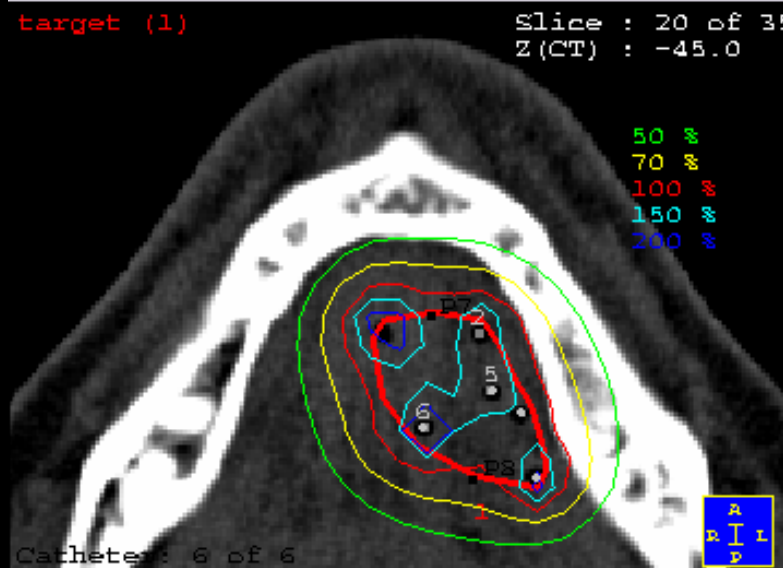
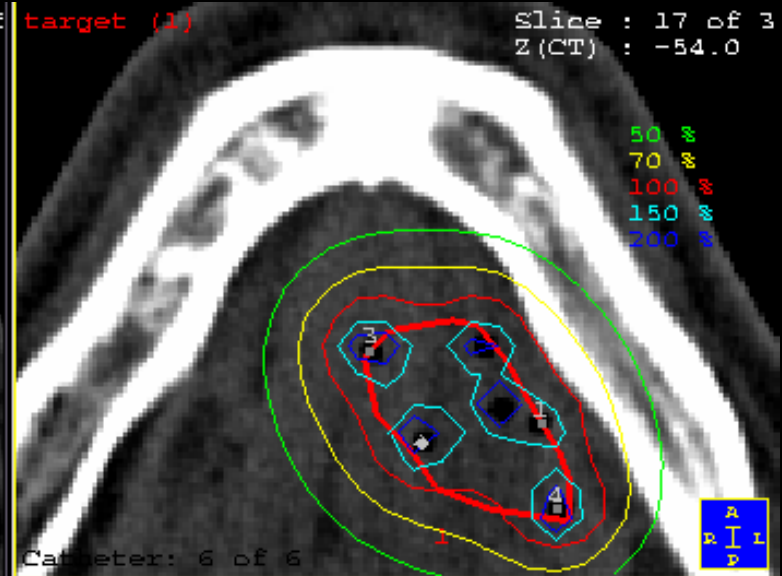
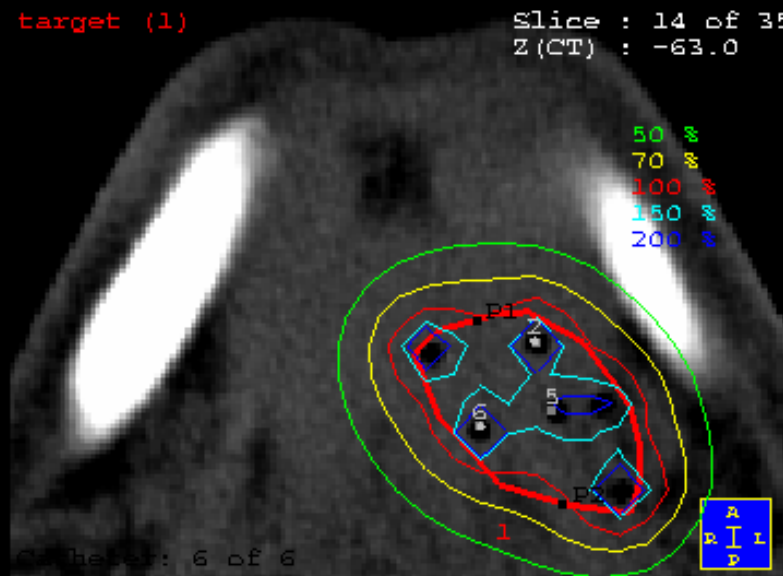
50 %
75 %
100 %
150 %
200 %



Fej-nyaki tűzdelések

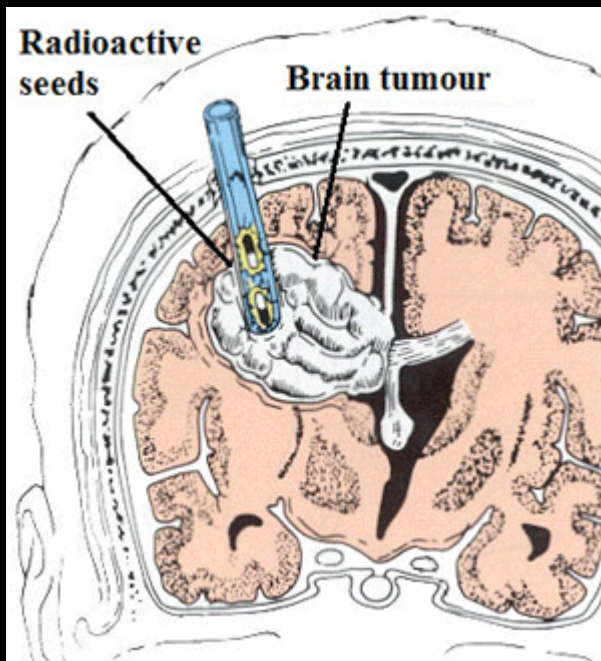


Fej-nyaki tűzdelések



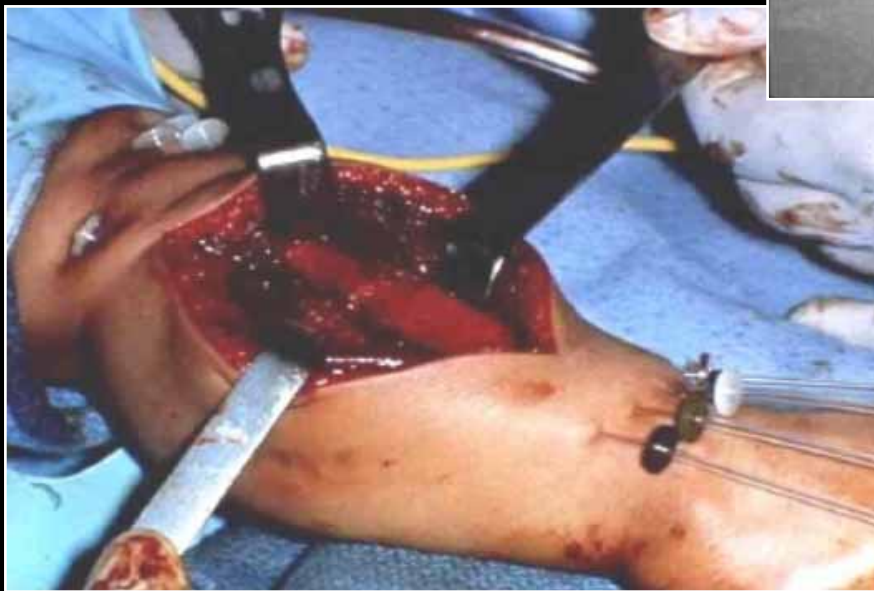
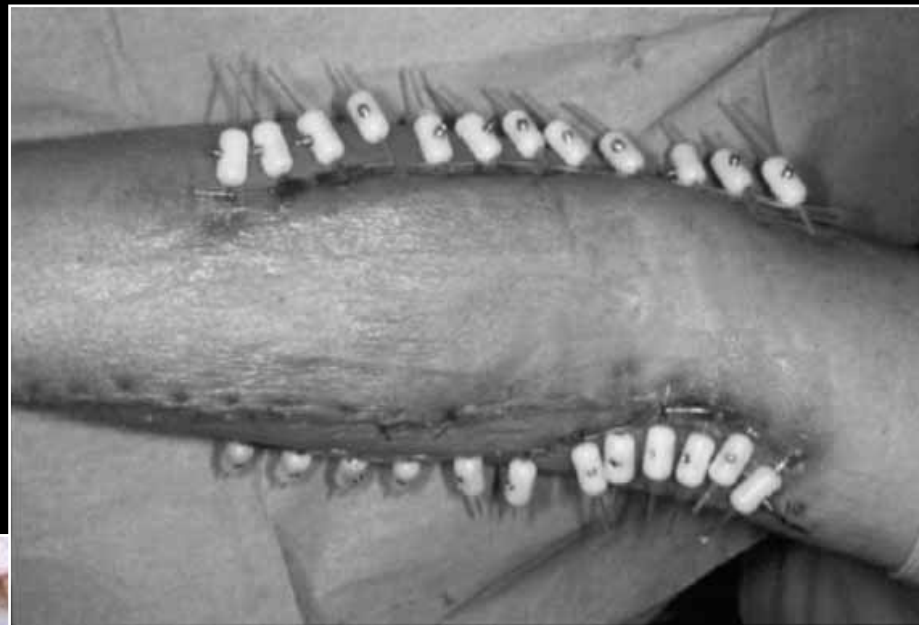
Agyi tűzdelések

- **HDR:** Ir-192
- **LDR:** I-125, Ir-192
- 50-60 Gy
- beültetés idegseb. műtőben (1-4 katéter)



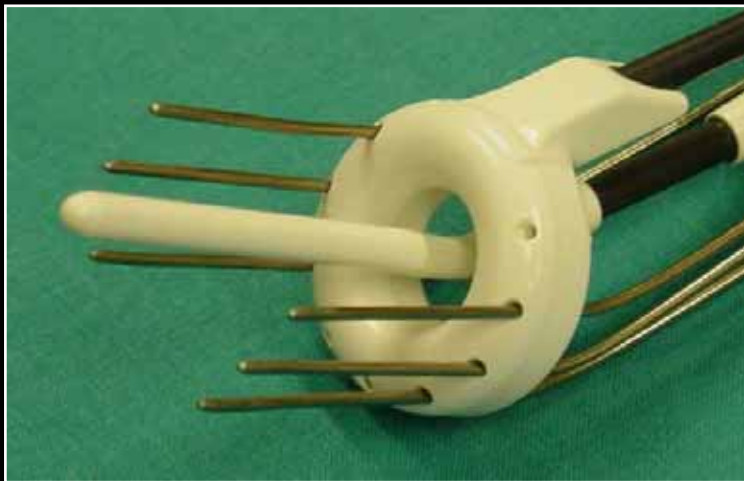
Lágyrész szarkómák tűzdelései

- monoter.: 65-70 Gy
- boost: 10-15 Gy
- intraop.
- konformális D-tervezés

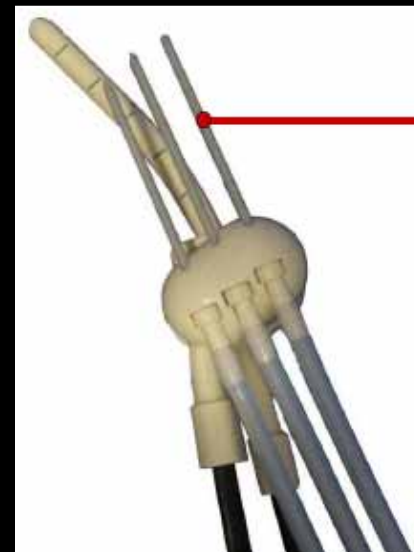


Nőgyógyászati tűzdelések

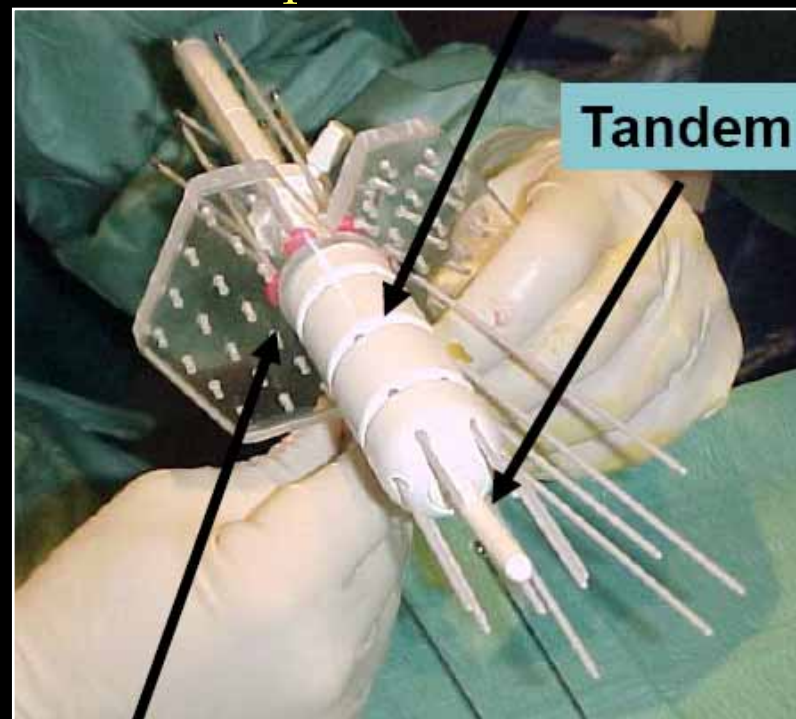
Vienna-aplikátor (ring+tűk)



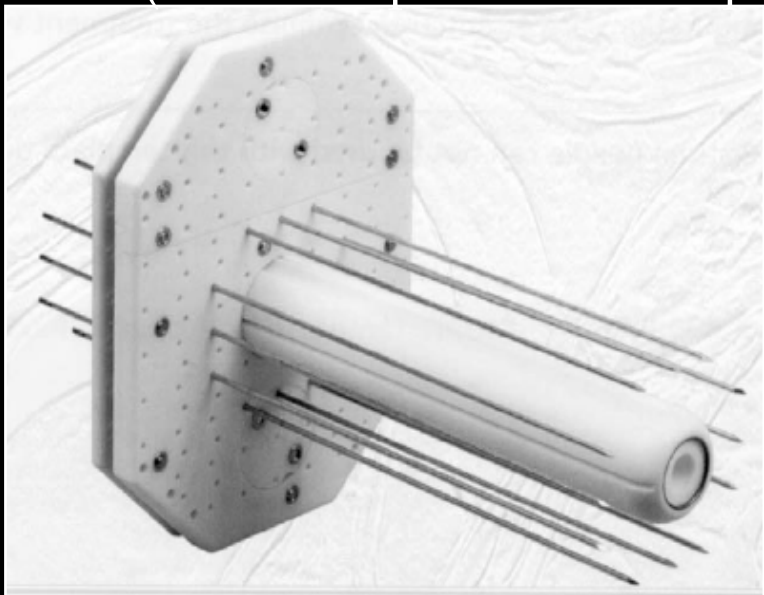
Utrecht-aplikátor (Fletcher+tűk)



Perin. templét + tandem tűkkel



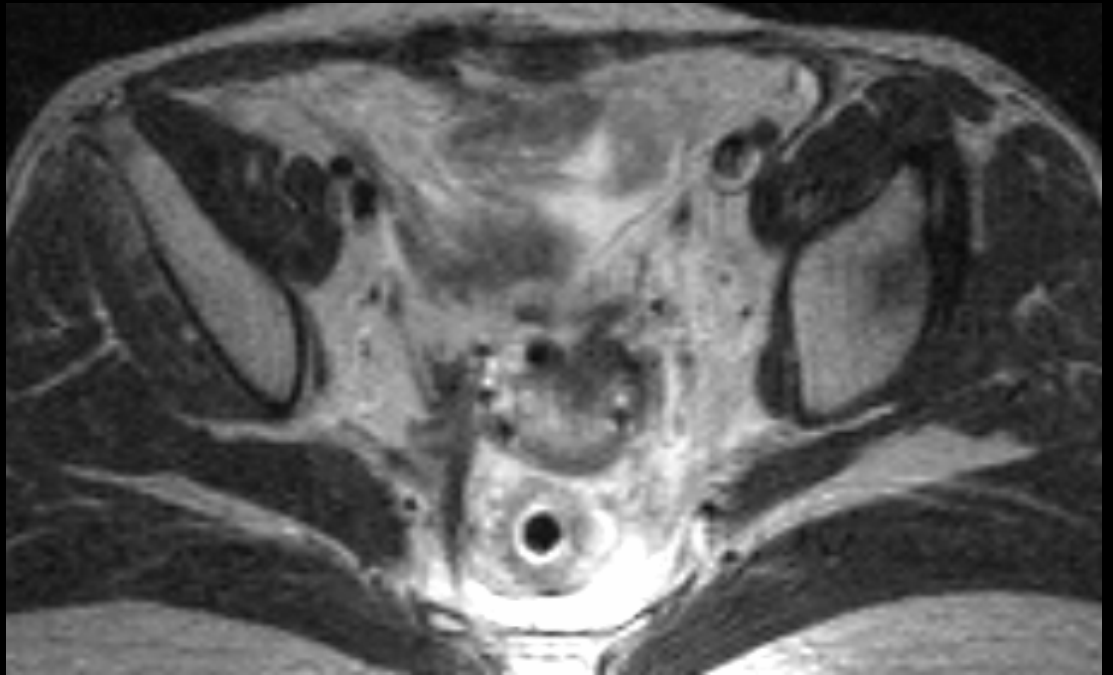
MUPIT (Martinez perineális templét)



Cervix tűzdelések

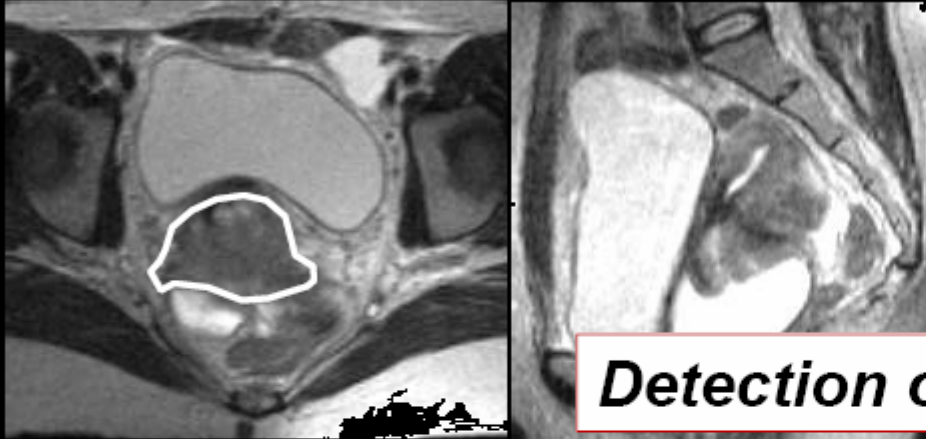
„Élő” képalkotás:

- fluoroszkópia
- (laparotómia)
- UH (hasi/hüvelyi)
- CT
- MRI (nyitott)

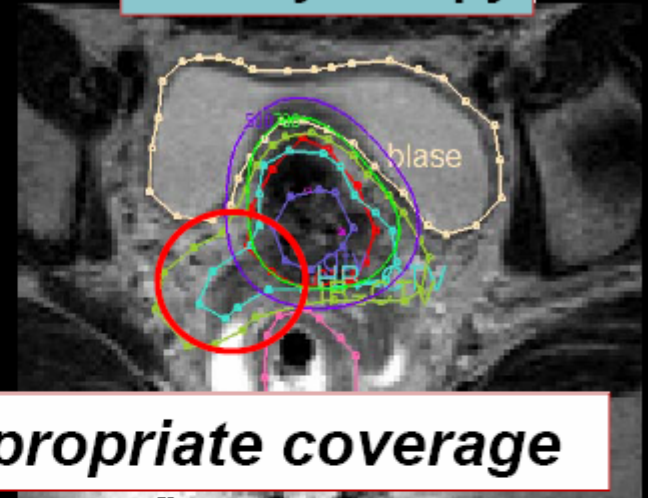


Cervix túzdelések

Diagnosis

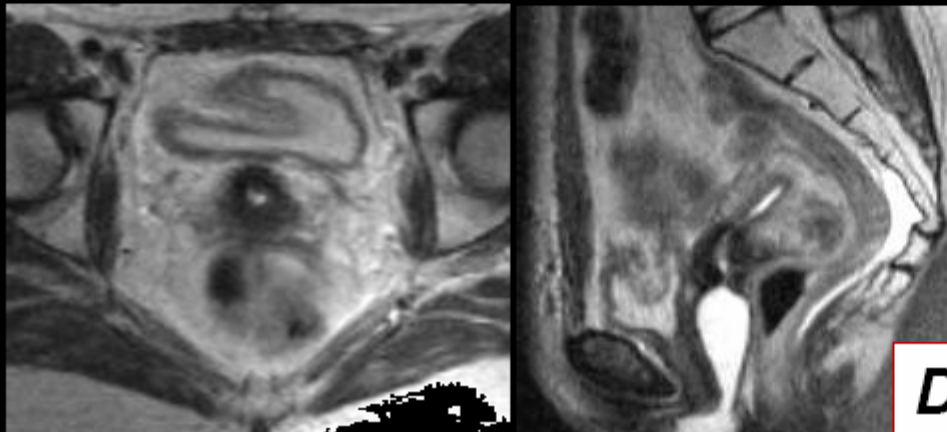


Brachytherapy

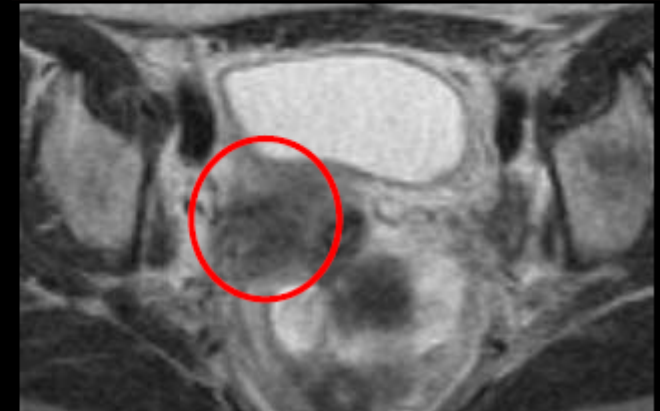


Detection of inappropriate coverage

6 months after treatment

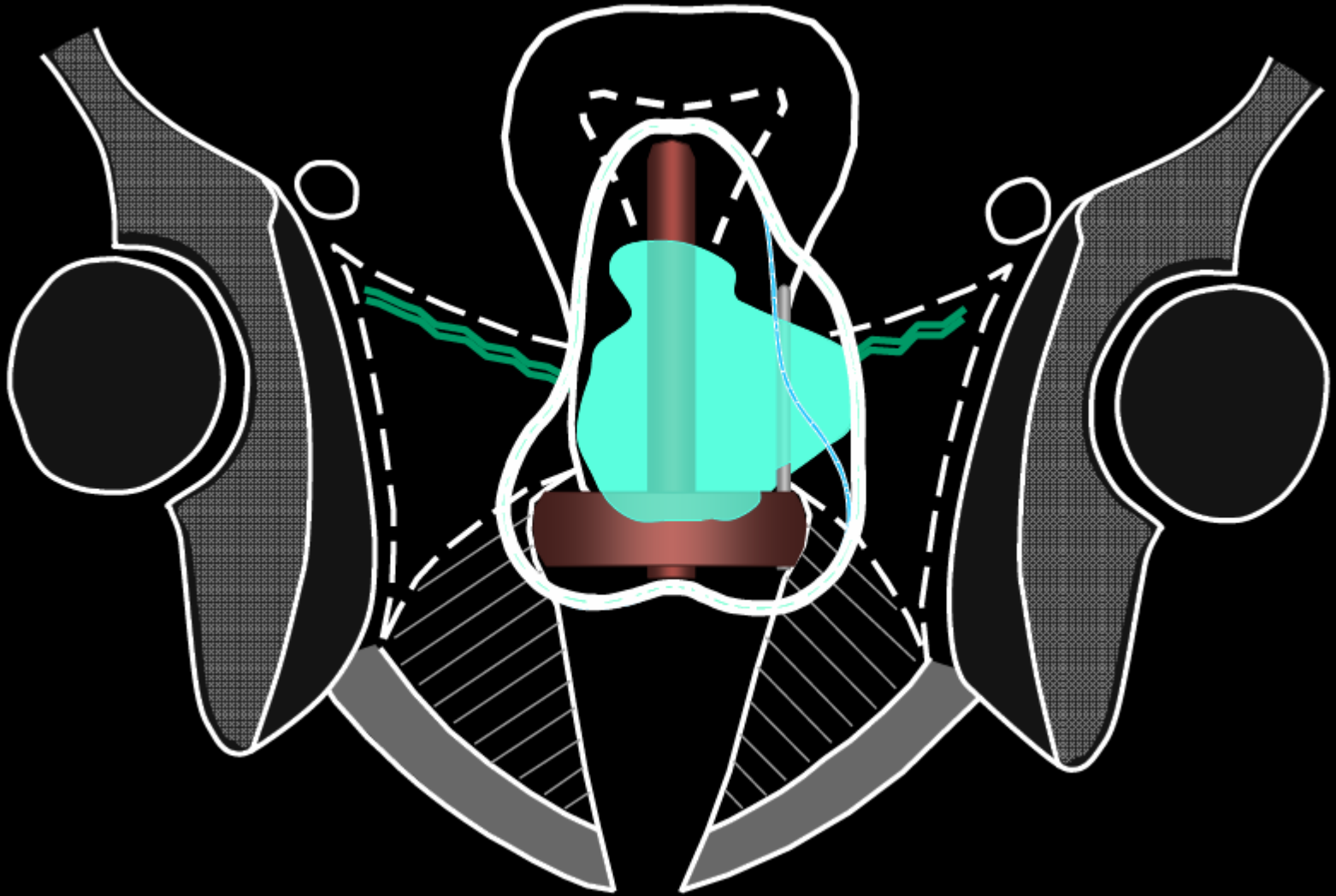


9 months after treatment

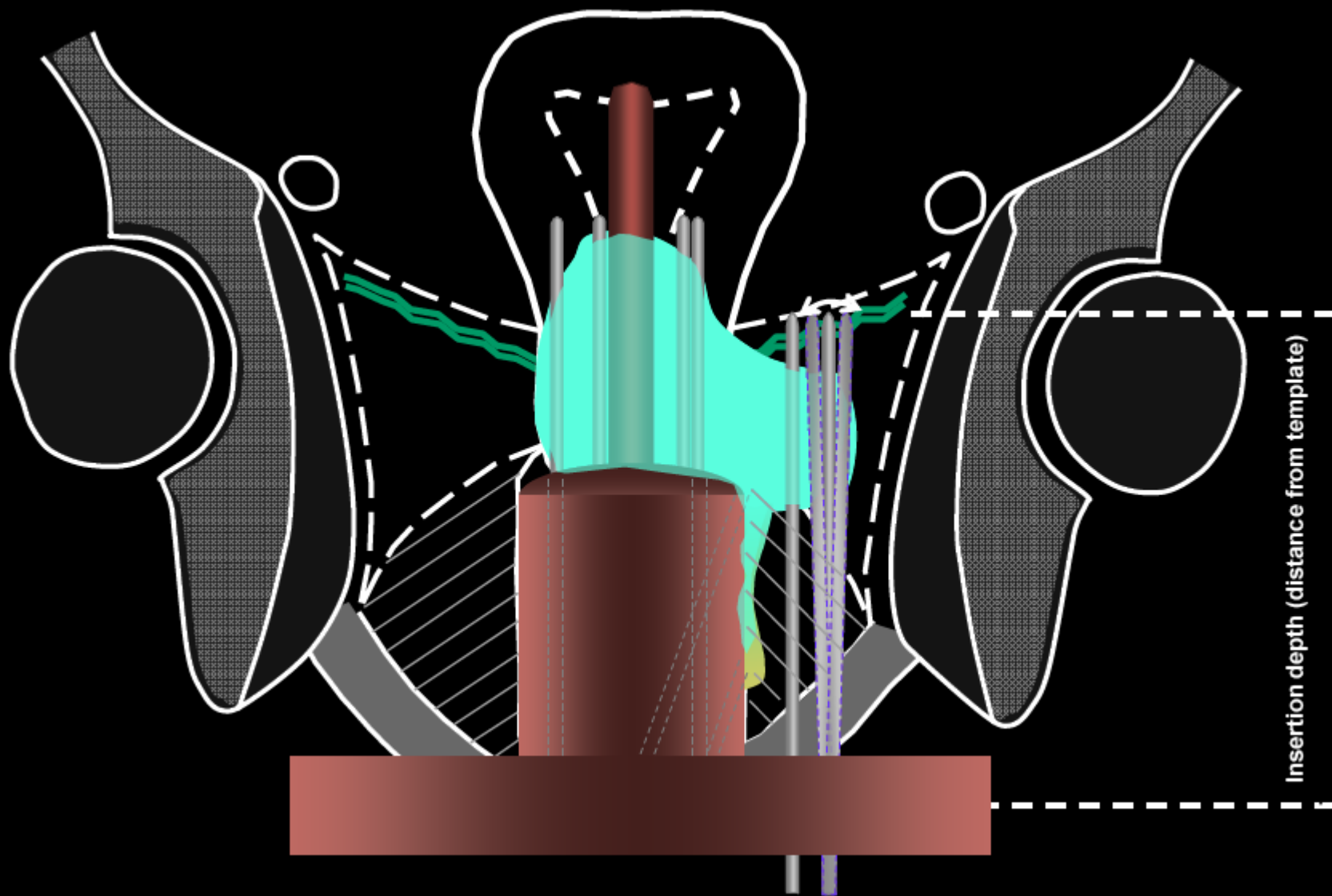


Dimopoulos et al. IJROBP 2009

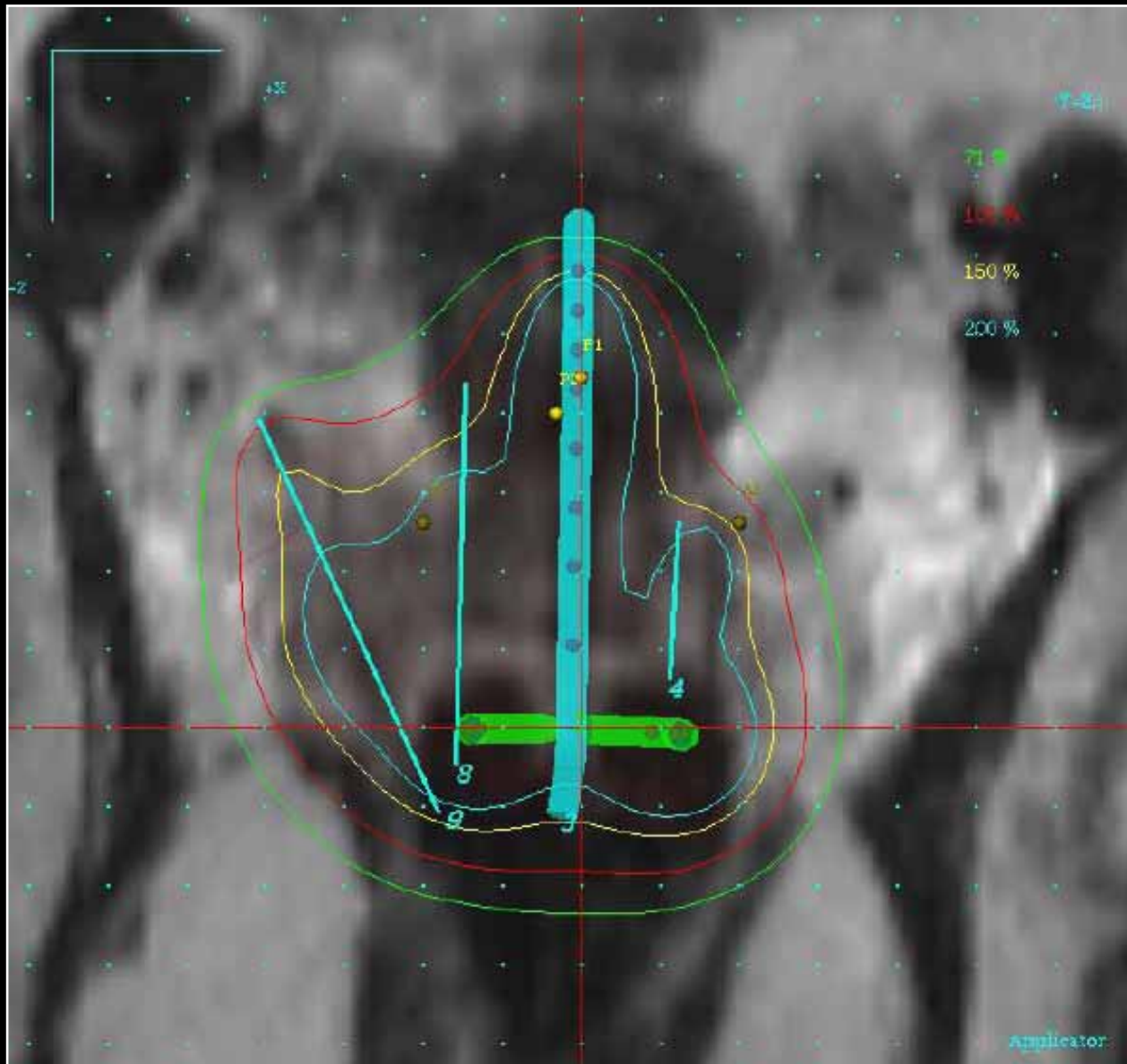
Cervix tűzdelések



Cervix tűzdelések



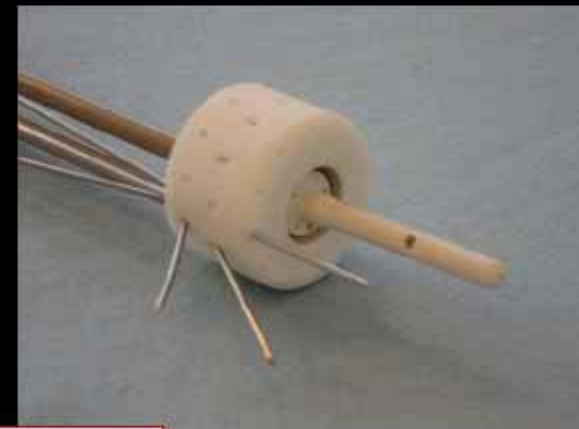
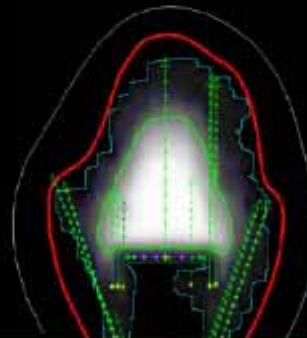
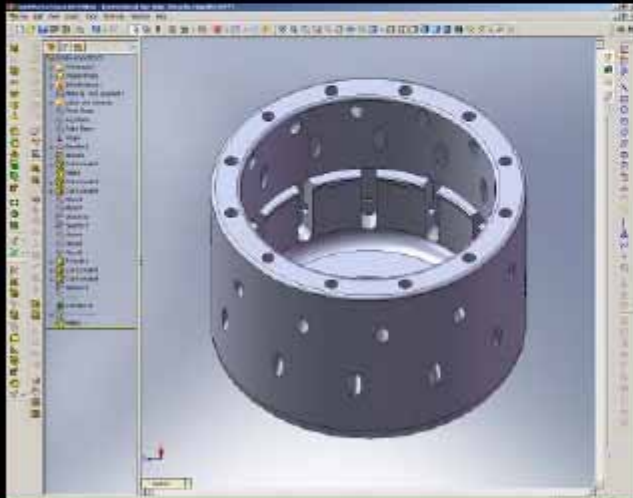
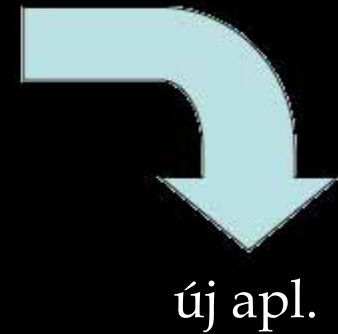
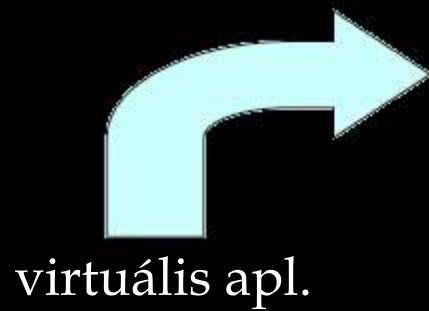
Cervix tūzdelések



Cervix tűzdelések

Adaptív aplikátor

3D nyomtatás



264 patients with tumour mapping Ljubljana, Vienna, Aarhus

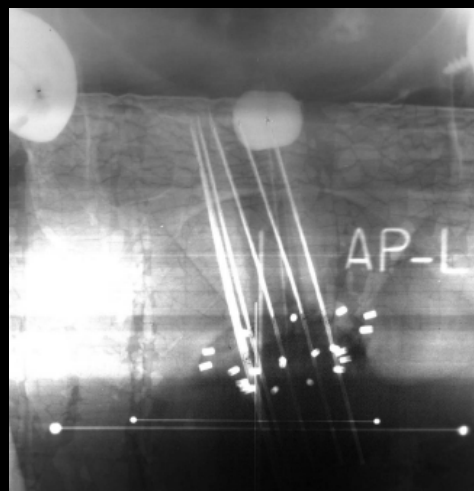
Rektum tűzdelések



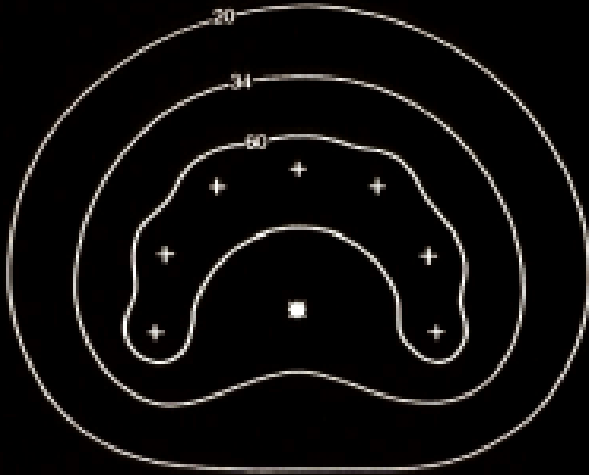
tapintásos kontroll
→ nyálkahártya
alatt, 3-5 mm mélyen



rektális tubus →
távtartó: védi
sphinctert



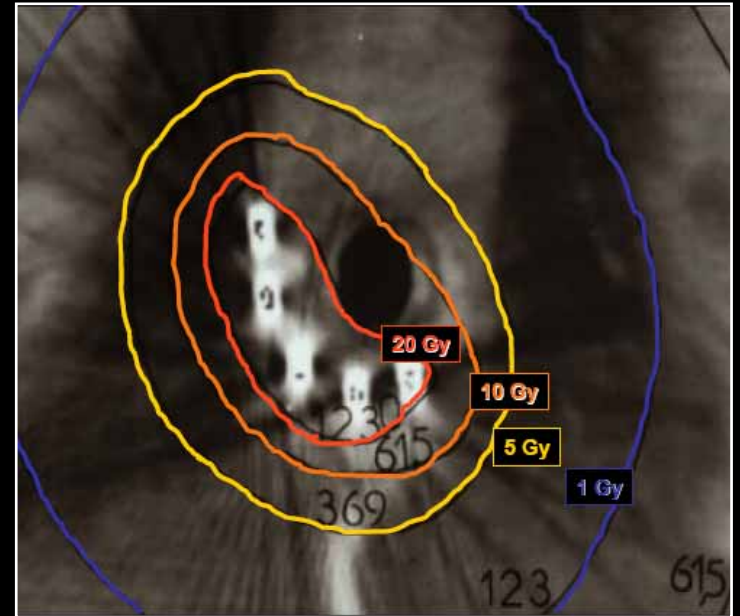
Rektum tűzdelések



Párizs-rsz., 85% ref. izodózis

LDR: 0,5-1 Gy/h

PDR: 0,5 Gy/h



NOTHING IN LIFE IS TO BE
FEARED.

IT IS ONLY TO BE UNDERSTOOD.

MARIE CURIE

PHYSICIST

1867-1934

Köszönöm a figyelmet!