

# FELÜLETVEZÉRELT SUGÁRTEÁPIA

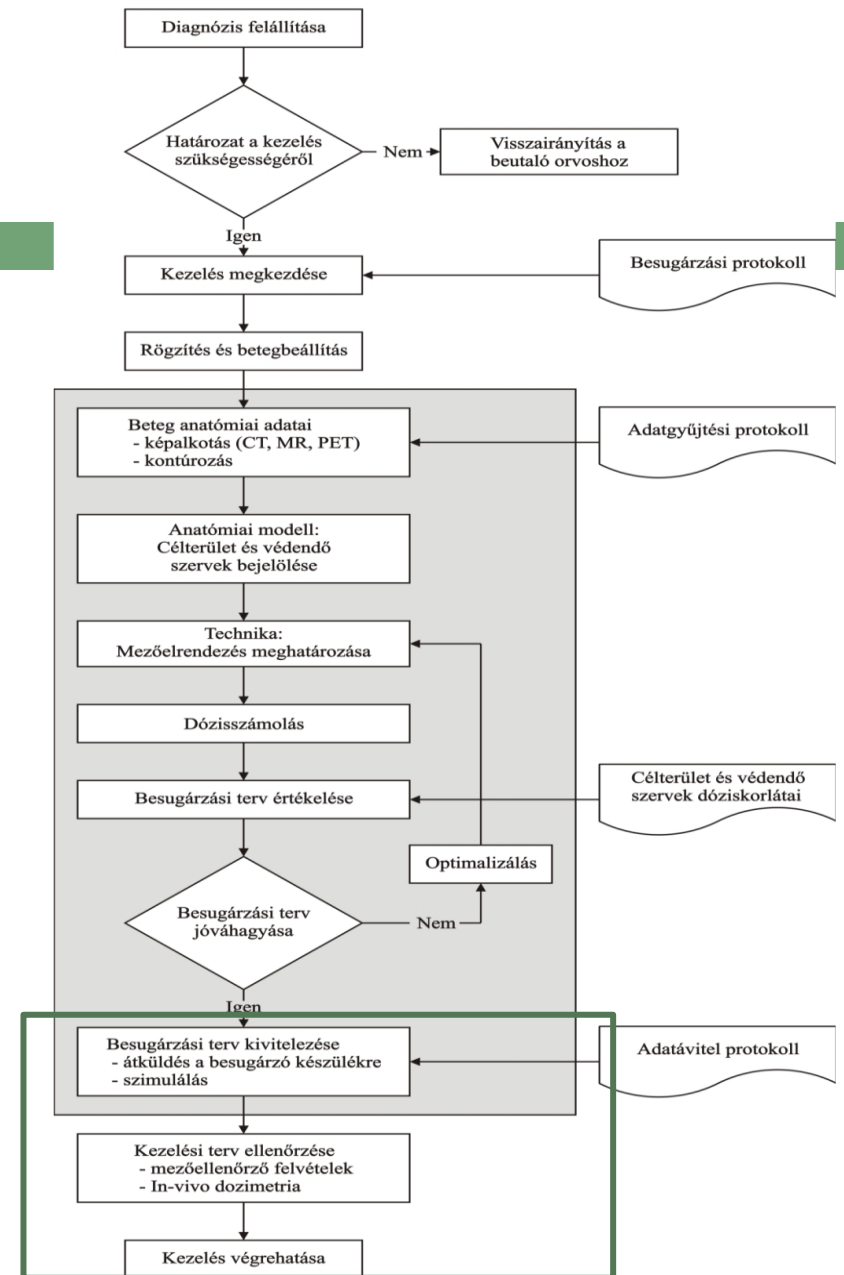
Dr. Pesznyák Csilla

BME Nukleáris Technikai Intézet

Országos Onkológiai Intézet

# Besugárzástervezés folyamatára

2



# A besugárzás pontosságának ellenőrzése

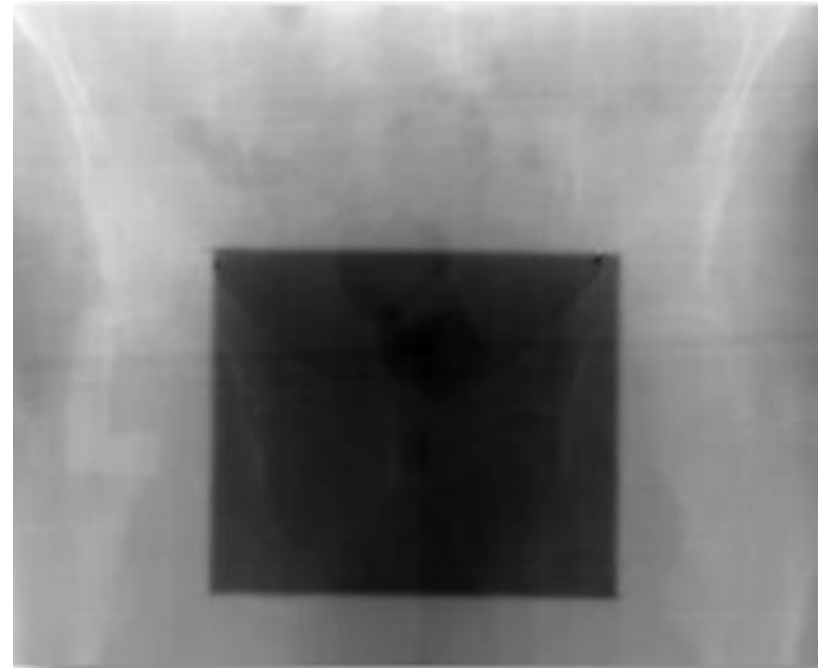
3

- In vivo dozimetria: TL dozimetria, diódák, tranzisztorok segítségével.
- Mezőellenőrző filmek
- Elektronikus mezőellenőrző felvételek (*electronic portal imaging devices - EPID*).
- CBCT – cone-beam CT.
- SGRT – felületvezérelt sugárterápia



# Mezőellenőrzés portfilmmel

4



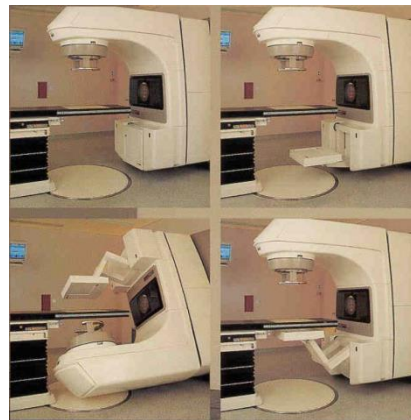
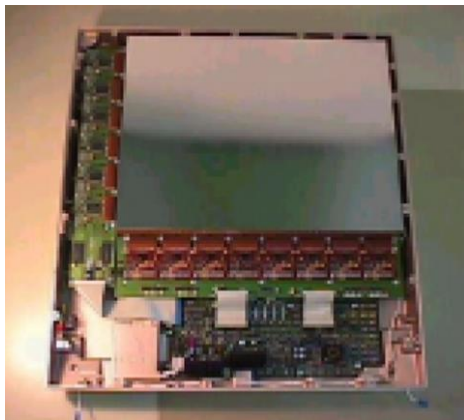
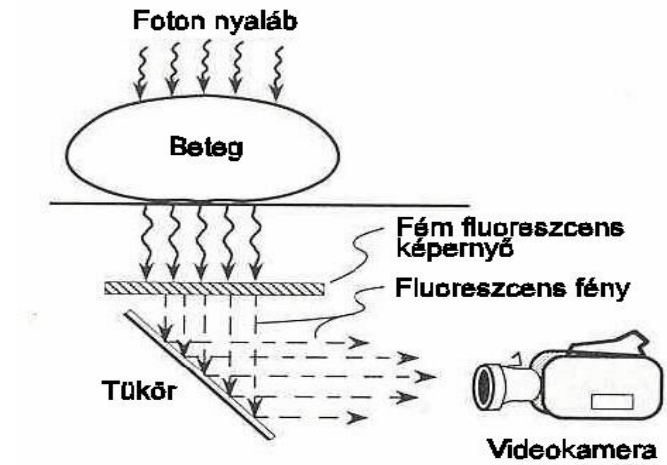
Port films



# Elektronikus mezőellenőrzés

5

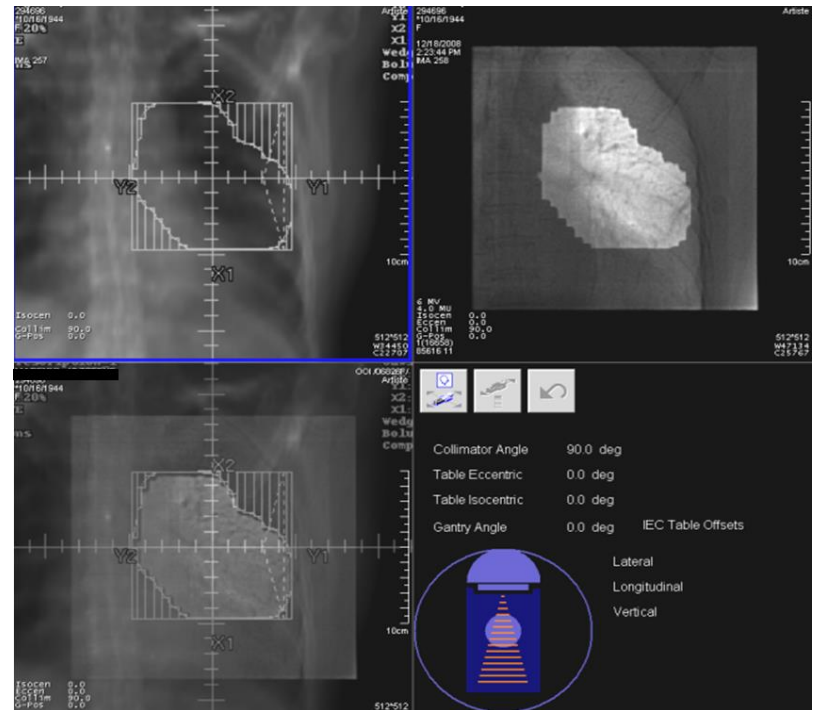
- VEPID (video electronic portal imaging devices) - video alapú rendszerek
- SLIC (scanning liquid ionization chamber) - detektorként folyadékionizációs kamramátrixot alkalmaznak
- **a-Si detektor rendszerek**



# A hibajavítási stratégiák

6

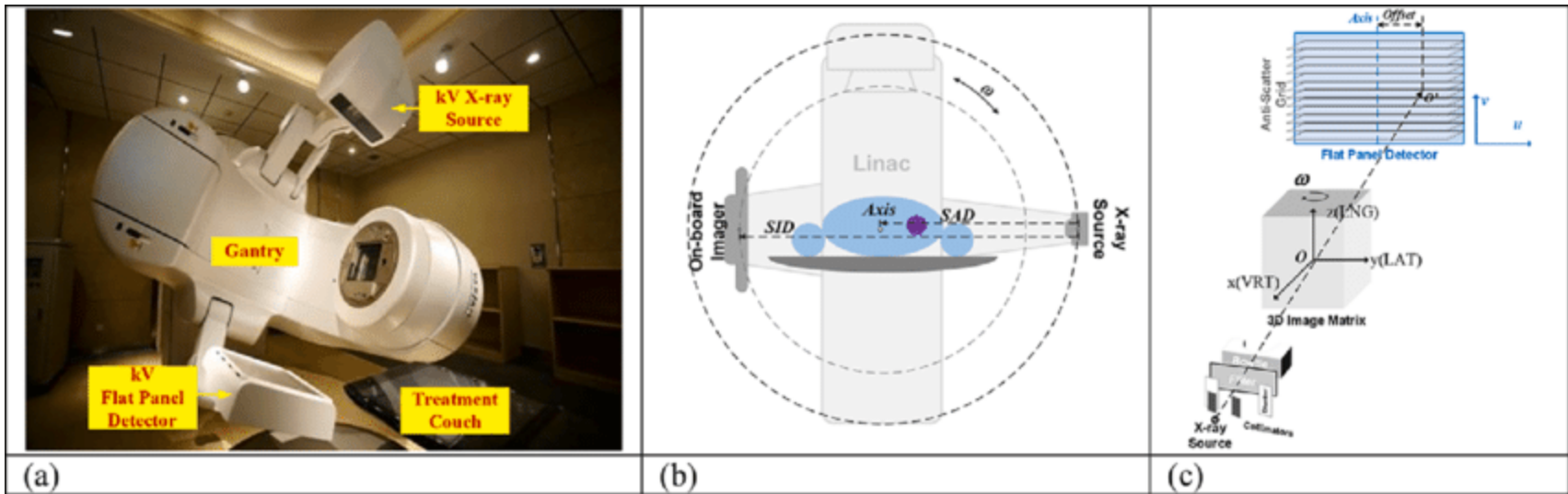
- Egy konkrét kezelés közben történő korrekció (intra-treatment) - különösen fontos az első kezelésnél, betegbeállítás hibák - a tervezett és az aktuális fektetési pozíció közötti különbségek
- Kezelések közötti korrekció (inter treatment)
- Interfrakcionális hibák - oka a beteg kezelés közbeni elmozdulása, illetve a periodikus mozgások



A mezőkontroll felvételeket össze kell hasonlítani a referencia képpel, azaz a digitálisan rekonstruált röntgenfelvétel (Digitally Reconstructed Radiograph, DRR), amit a tervezőrendszerből exportálunk a R&V rendszer számítógépre.

# Betegpozicionálás ellenőrzése CBCT-vel

7

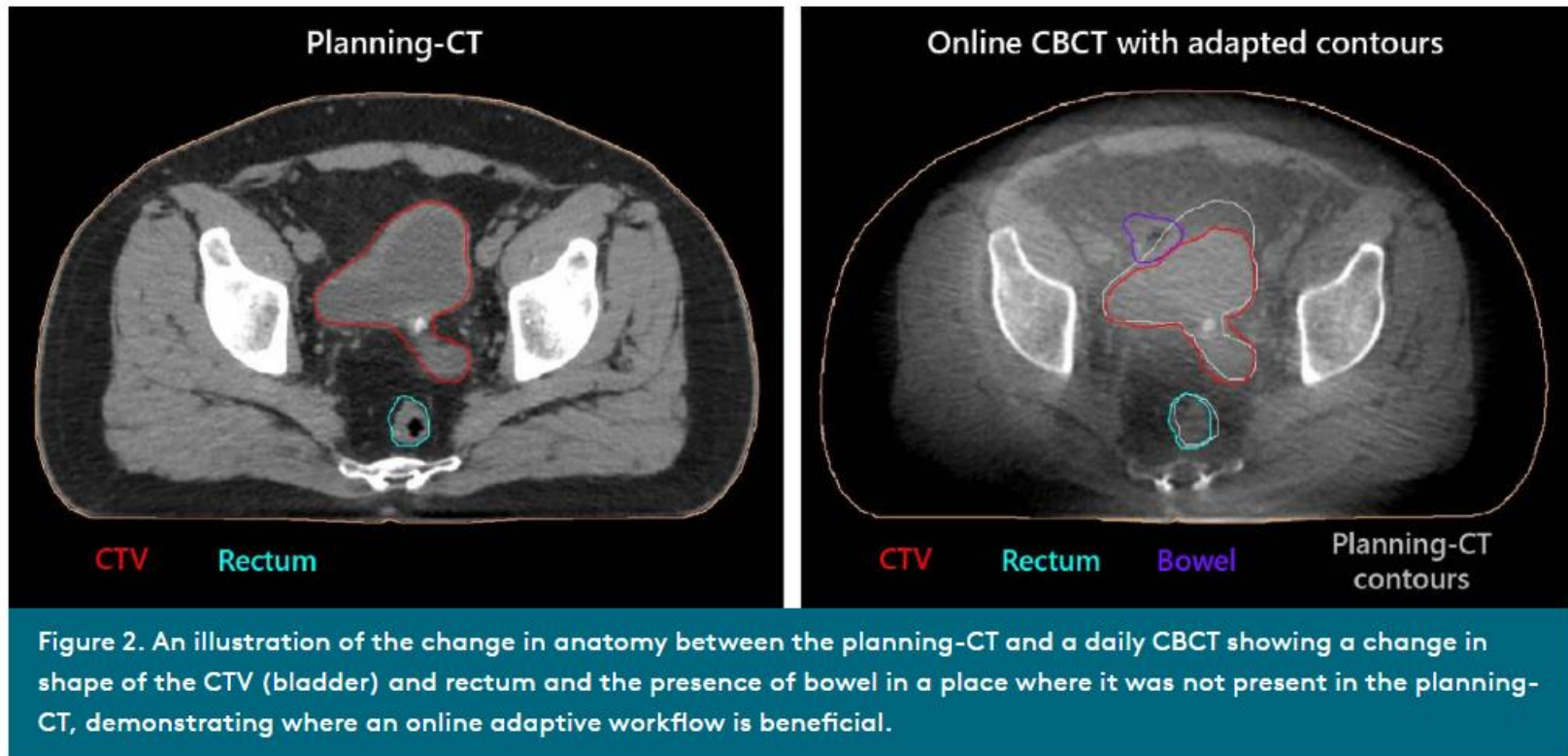


Schematic and imaging geometry of on-board CBCT for image guided radiation therapy (IGRT): (a) photo of Varian TrueBeam linac, (b)&(c) geometry of onboard CBCT.

[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-and-imaging-geometry-of-on-board-CBCT-for-image-guided-radiation-therapy\\_fig1\\_363413381](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-and-imaging-geometry-of-on-board-CBCT-for-image-guided-radiation-therapy_fig1_363413381)

# Betegpozicionálás ellenőrzése CBCT-vel

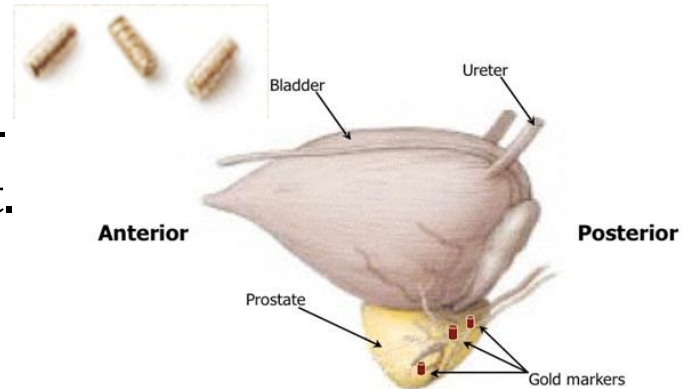
8



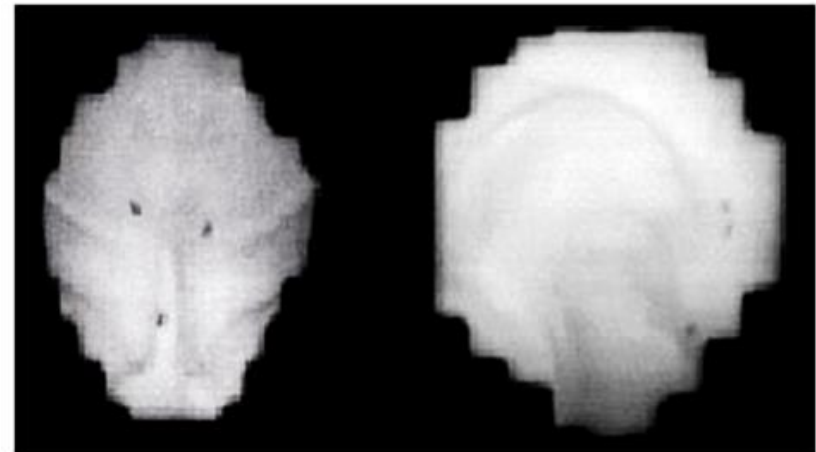
# Prosztata lokalizáció arany markerekkel

9

Ultrahang vezérlésű beültetés, a seed-ek 17 g aranyból készültek, 1.1 mm x 3 mm-ek, kezelés előtt két héttel ültetik be őket.



[https://journals.viamedica.pl/oncology\\_in\\_clinical\\_practice/article/view/41762/36028](https://journals.viamedica.pl/oncology_in_clinical_practice/article/view/41762/36028)



# Planáris képalkotás – kV tartományban

10

CyberKnife



Novalis



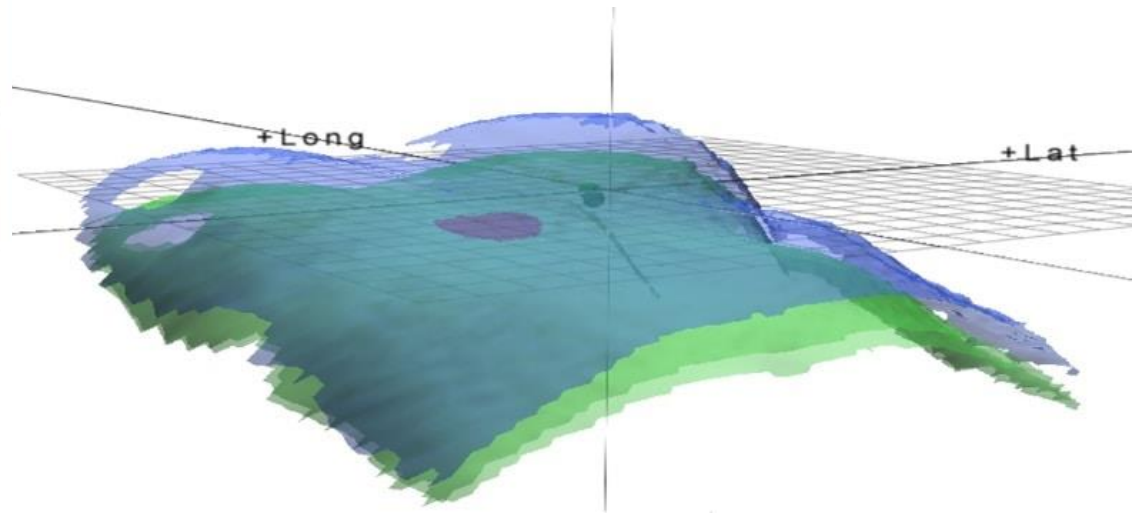
[https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TCS-55\\_CD/PDF/presentations/20%20Treatment%20verification%20-%20imaging%20and%20dosim.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TCS-55_CD/PDF/presentations/20%20Treatment%20verification%20-%20imaging%20and%20dosim.pdf)

# Felületvezérelt sugárterápia

11



Sztereó kamera podok  
3x mennyezetre szerelve



# Felületvezérelt sugárterápia

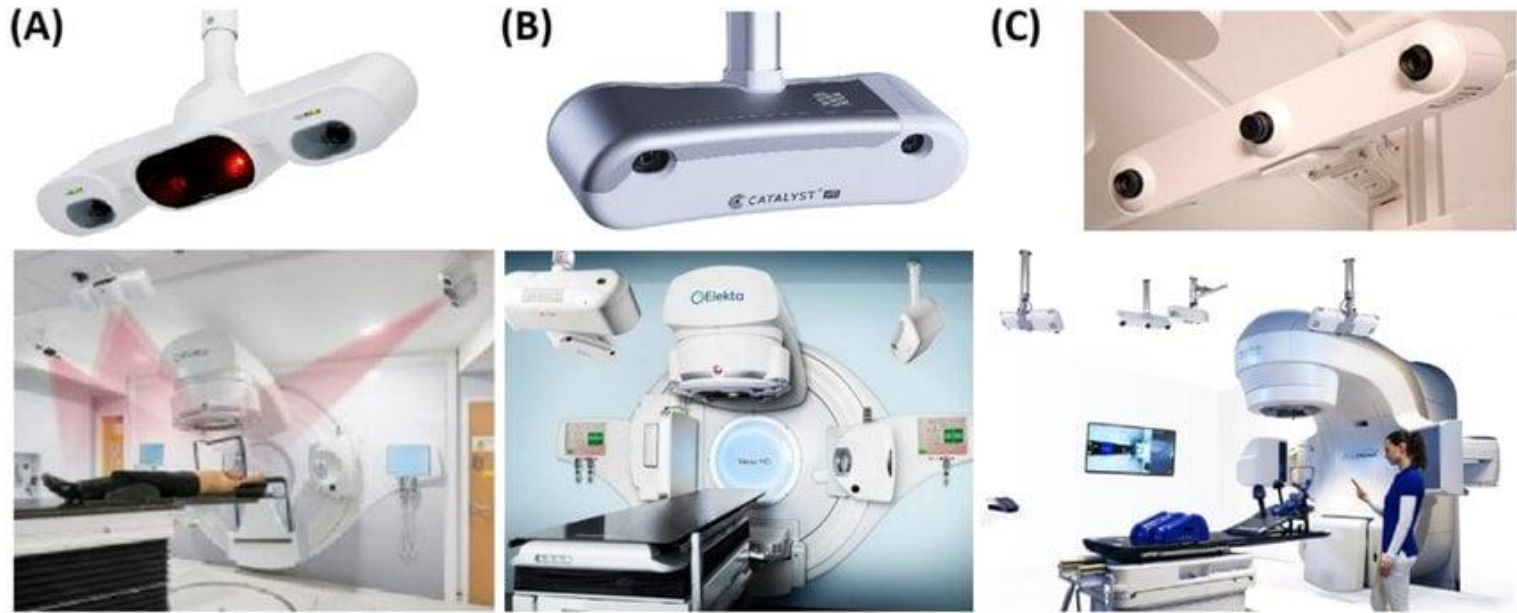
12

Az **SGRT** (Surface-Guided Radiation Therapy), magyarul **felületvezérelt sugárterápia**, a sugáronkológia egyik legmodernebb, non-invazív technikája, amely 3D kamerák és szoftverek segítségével, valós időben követi a beteg testfelszínét a sugárkezelés során.

- **Pontos pozicionálás:** A rendszer összehasonlítja a páciens aktuális pozícióját a CT-szimuláció során rögzített referencia-pozícióval.
- **Mozgáskövetés:** Ha a beteg elmozdul (pl. légzés közben), a rendszer azonnal jelzi, vagy akár le is állítja a sugárzást, így csak a daganat kapja a dózist.
- **Tattoo-mentes kezelés:** Az SGRT technológia feleslegessé teszi a beteg bőrén a hagyományos tetoválások vagy állandó jelölések alkalmazását a beállításhoz.
- **Biztonság:** Növeli a kezelés reprodukálhatóságát és pontosságát, különösen tüdő- vagy mellkasi daganatoknál, ahol a légzési mozgás jelentős.

# Felületvezérelt sugárterápia

13



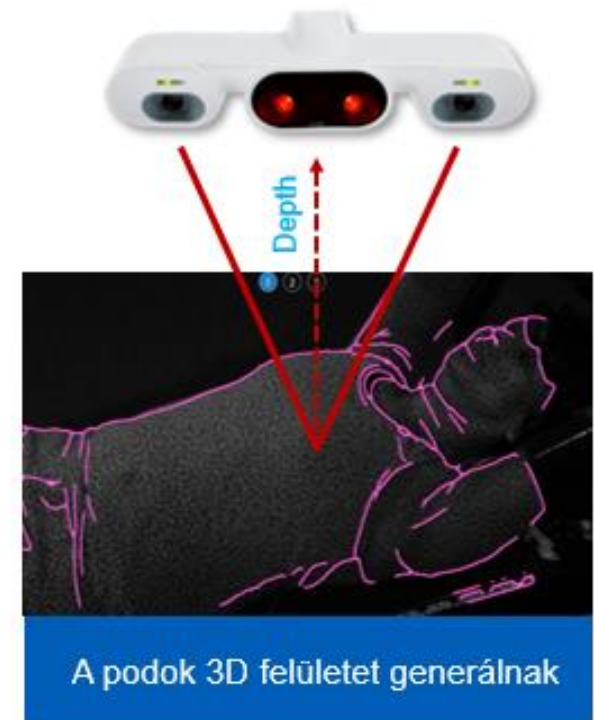
A) AlignRT Advanced rendszer – a VisionRT. (B) Catalyst+ HD rendszer – a C-Rad  
(C) IDENTIFY rendszer.

# Structured Light

14

A legelterjedtebb módszer, ahol speciális mintázatot (pl. csíkokat vagy rácsot) vetítenek a betegre, amit nagy felbontású kamerák elemeznek a 3D-s domborzat rekonstrukálásához.

- **Vision RT AlignRT**: Sztereokamerák segítségével követi a bőrfelületet. Ha a beteg elmozdul a tűréshatárnál jobban, a rendszer automatikusan képes leállítani a sugárnyalábot (beam-hold).
- **C-RAD Catalyst+**: Színkódolt fényvetítést használ (pl. kék fény a domborzati térképhez). Különlegessége, hogy az eltéréseket közvetlenül a beteg bőrére is képes rávetíteni (pl. piros és zöld színekkel jelölve a hibás/helyes pozíciót).



# Hibrid rendszerek

15

- **Termikus és optikai követés**

**Brainlab ExacTrac Dynamic:** Az újabb **ExacTrac Dynamic** rendszerek a strukturált fényt egy **hőkamerával** kombinálják.

**Miért?** A strukturált fény néha "zajos" lehet a gépfej árnyékolása vagy a bőr csillogása miatt.

**Hogyan?** A hőkamera a test saját hőtérképét ("biometrikus ujjlenyomat") használja viszonyítási pontként, ami független a külső fényviszonyoktól és még gyorsabb követést tesz lehetővé.

# Technikai megoldás

16

## 1. 3D Felületrekonstrukció (Képpalkotás)

A legtöbb SGRT rendszer (mint az AlignRT vagy a Catalyst) **strukturált fényvetítést** használ.

- **A vetítő egység:** Egy projektor nem látható (vagy vörös/kék) fényrácsot vagy véletlenszerű pontmintázatot vetít a beteg testére.
- **A kamerák:** Legalább két, egymástól távol elhelyezett (sztereó) kamera figyeli a mintázat torzulását. Mivel a kamerák pontos távolsága és szöge ismert, kiszámítják a bőr minden egyes pontjának térbeli koordinátáját (X, Y, Z).
- **Felbontás:** a rendszer másodpercenként többször frissíti a képet, és akár 20 000 - 50 000 pontot is képes feldolgozni a beteg felületén, így a legkisebb bőrrándulást is érzékeli.



# Technikai megoldás

17

## 2. Referencia vs. élő kép (matematikai illesztés)

A szoftver folyamatosan összehasonlítja az **élő felületet** (Live Surface) a **referencia felülettel** (Reference Surface).

- **A referencia származhat:**
  - A tervező CT-ből kinyert testkontúrból (DICOM export).
  - Az első kezeléskor rögzített "ideális" beállítás képéből.
- **6 szabadsági fok számítás (6DOF):** A rendszer nemcsak az elmozdulást számolja ki (fel-le, jobbra-balra, előre-hátra), hanem a rotációkat is:
  - **Roll:** dőlés oldalra.
  - **Pitch:** bólintás (pl. ha a beteg háta jobban homorít).
  - **Yaw:** elfordulás a függőleges tengely körül.
- **ROI (Region of Interest):** A fizikusok kijelölnek egy területet (pl. csak a mellkas bal oldala), hogy a rendszer ne zavarodjon össze, ha a beteg például megmozdítja a kezét a kezelőmezőn kívül.



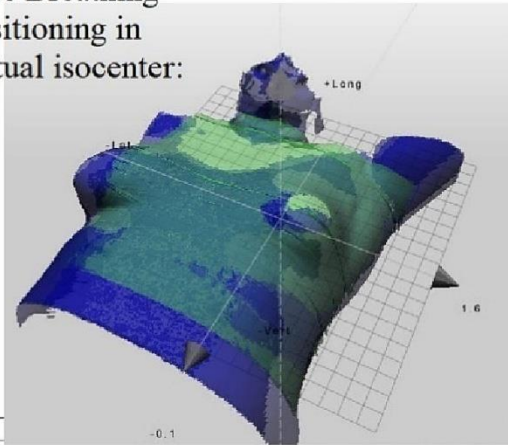
# Technikai megoldás

18

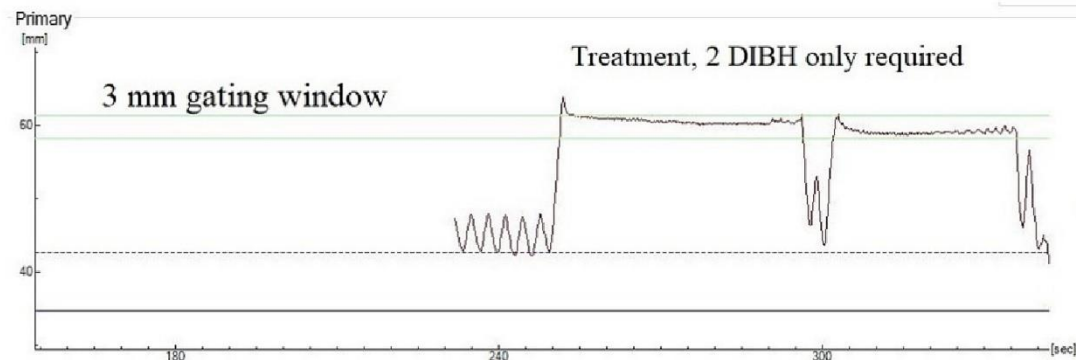
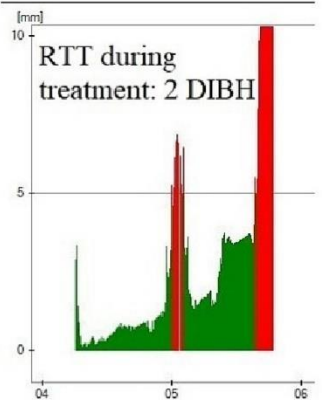
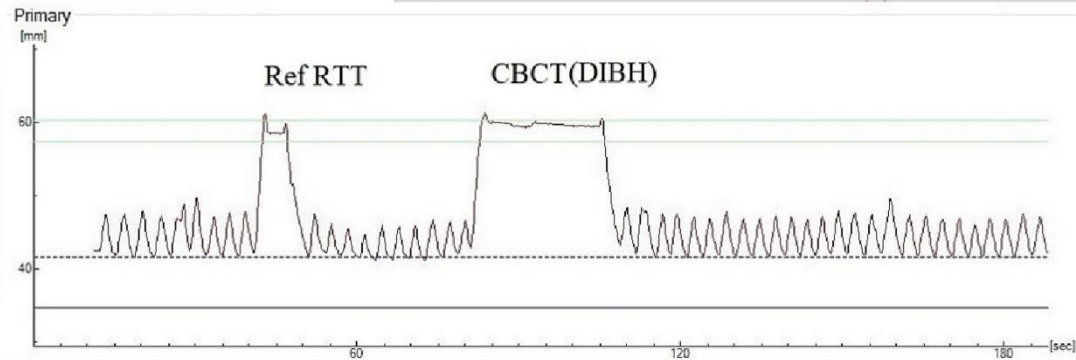
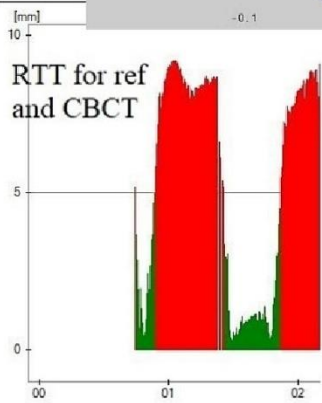
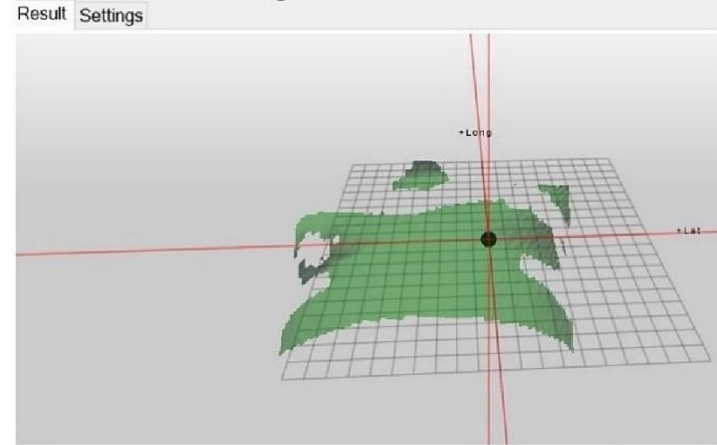
## 3. Dinamikus kapuzás (Gating és Beam-hold)

- **Küszöbérték (Tolerance):** Beállítanak egy határértéket (pl. 2 mm). Ha az élő felület és a referencia közötti eltérés meghaladja ezt, a rendszer jelet küld a gyorsítónak.
- **Interlock:** A kapcsolat hardveres szintű. Ha a beteg elmozdul, a gép ezredmásodpercek alatt leállítja a sugárzást (**Beam-hold**), és csak akkor folytatja, ha a beteg visszatér a tűréshatáron belüli pozícióba.
- **DIBH (Deep Inspiration Breath Hold):** A rendszer figyeli a mellkas emelkedését. A sugár csak akkor indul el, amikor a beteg pontosan abba a magasságba szívja be a levegőt, ahol a tervezés történt. Ez védi a szívet a bal oldali emlőkezeléseknél.

Free Breathing  
positioning in  
virtual isocenter:



Real isocenter: DIBH assisted CBCT + treatment  
Real Time Tracking

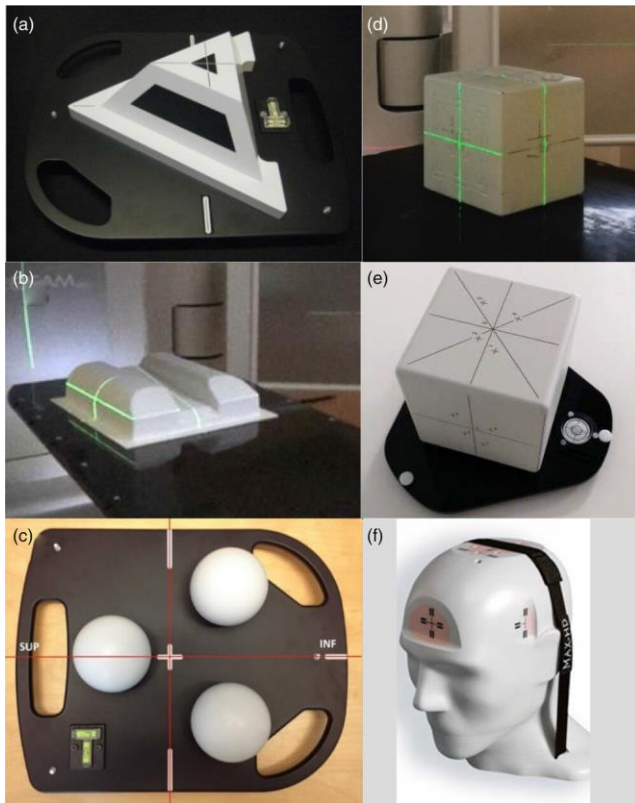


**TABLE 2.** Performance overview of commercially available SGRT monitoring systems as of October 2019

System (Vendor)	Optical technology	Camera size (W × H × D); Weight	Field-of-view* (Lat × Long × Vert)	Camera resolution	Frame rate	Positioning accuracy <sup>#</sup>	Registration algorithm
AlignRT (Vision RT)	Stereovision using a speckle pattern	430 × 66 × 186 mm; 4.5 kg	650 × 1000 × 350 mm <sup>3</sup>	2048 × 2048 px (4MP)	4-24 fps	<1.0 mm <1.0°	Rigid
Catalyst (C-RAD)	Structured light imaging	620 × 390 × 280 mm; 16 kg	1100 × 1400 × 2400 mm <sup>3</sup>	640 × 480 px (0.3 MP)	8-24 fps	<1.0 mm <1.0°	Deformable
IDENTIFY (Varian)	Stereovision using a speckle pattern	500 × 80 × 182 mm; 3.3 kg	500 × 500 × 400 mm <sup>3</sup>	1280 × 1024 px (1.3 MP)	10 fps	<1.0 mm <1.0°	Rigid

# SGRT - minőségbiztosítása

## AAPM task group report 302: Surface-guided radiotherapy



Az SGRT rendszerek minőségbiztosításához (QA) használt fantomok példái:

- (A) Háromszög fantom az izocentrum helyzetének napi ellenőrzésére a helyiségi lézerekhez viszonyítva (C-rad);
- (B) Láb fantom (Vision RT);
- (C) Gömb fantom az izocentrum helyzetének napi ellenőrzésére a helyiségi lézerekhez viszonyítva (C-rad);
- (D) Penta-Guide Penta1 (QUASAR);
- (E) Cube 2.0 fantomok az izocentrum rutinszerű minőségellenőrzésére és kalibrációjára kV vagy MV képalkotás használatával (Vision RT); valamint
- (F) MAX-HD SRS antropomorf fantom (IMT).

Köszönöm a figyelmet!