

# Sugárterápiás Központ – Besugárzókészülékek és a sugárkezelés menete

## I. Külső (teleterápiás) besugárzókészülékek

7 lineáris gyorsító:

- 2 db TrueBeam foton- és elektronsugárzás, képvezérelt (IGRT), intenzitás modulált (IMRT), forgóíves (RapidArc) és légzéskapuzott sugárkezelési lehetőség
- 2 db VitalBeam foton- és elektronsugárzás, képvezérelt (IGRT), intenzitás modulált (IMRT), forgóíves (RapidArc) és légzéskapuzott sugárkezelési lehetőség
- Unique foton-sugárzás, intenzitásmodulált sugárkezelés (IMRT)
- Ethos foton-sugárzás, adaptív sugárterápia
- Cyberknife robotkarra szerelt, foton-sugárzást kibocsátó lineáris gyorsító

*A TrueBeam, VitalBeam és Ethos gyorsítók kV-os kúpsugaras CT-vel (CBCT), a Unique készülék elektronikus mezőellenőrző rendszerrel (EPID), a Cyberknife sztereoszkópiás röntgenverifikációs rendszerrel rendelkezik.*

- Gulmay (40-200 kV) terápiás röntgenkészülék
- Speciális kobalt besugárzókészülék egésztest besugárzáshoz

### Kiegészítő készülékek

- Eclipse számítógépes besugárzástervező rendszer
- ARIA mező beállító és ellenőrző (R&V) számítógépes hálózati rendszer
- Optima 580RT és Somatom go.Sim CT-szimulátorok

## II. Belső (brachyterápiás) besugárzókészülék

- Elekta Flexitron - nagy dózisteljesítményű, távvezérelt utántöltéses besugárzókészülék (HDR afterloading)

### Kiegészítő készülékek

- Oncentra számítógépes besugárzástervező rendszer
- Prostatatűzdeléshez HDR és LDR brachyterápiás rendszer BK3000 UH készülékkel
- FreeMax 0,55 T MR készülék
- „Imaging ring” röntgenkészülék CBCT funkcióval

## Lineáris gyorsító (Varian TrueBeam)



Daganatos betegek külső besugárzására kifejlesztett speciális elektronyorsító. Az elektronokat nagyfrekvenciás elektromágneses hullámokkal gyorsítják fel, majd azokat egy céltárgyra irányítják, ahol lefékeződnek, és ún. fékezési röntgensugárzást (fotonsugárzás) keltenek. A besugárzókészülék fejrészében mozgatható kollimátorok segítségével alakítják ki a besugárzási mező alakját. Lehetőség van elektron sugárnyaláb előállítására is, amikor a felgyorsított elektronok közvetlen kiléptetésével nagyenergiájú elektronsugárzást kapunk. A lineáris gyorsító beteg körül forgatható része a "gantry", amely lehetővé teszi, hogy különböző irányokból végezzük a besugárzást a beteg mozgatása nélkül. A kezelőasztal szintén kiforgatható, és ezzel újabb besugárzási irányokat választhatunk. A mélyebben fekvő daganatok besugárzására 6-18 MV energiájú fotonsugárzást, míg a felszínhez közel elhelyezkedő elváltozások kezelésére 6-21 MeV energiájú elektronsugárzást használunk.

## Cyberknife (Kiber-kés)

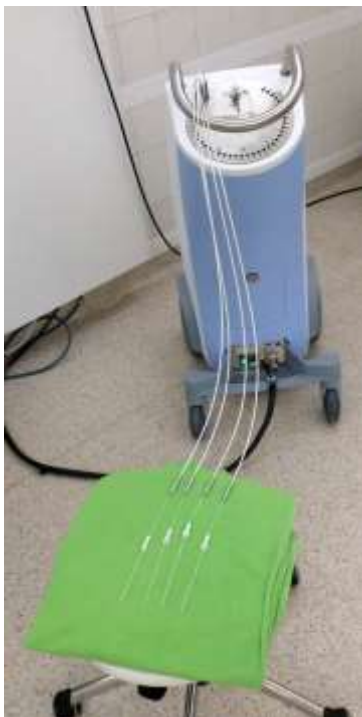


Robotkaros lineáris gyorsító, ami alkalmas koponyán belüli és kívüli kisméretű daganatok nagy pontosságú sztereotaxiás besugárzására. Kezelés közben végzett gyakori röntgenképalkotással az esetleges szervmozdulás észlelhető, amit a robotkar automatikus mozgásával korrigálni lehet. Ezzel a módszerrel a besugározott térfogat nagysága csökkenthető, ami a védendő szervek és normálszövetek kisebb dózisterhelésével jár együtt. A készülék alkalmas valós idejű daganatmozgás-követésre is. Például, a tüdődaganat légzés miatti mozgását folyamatos sugárzás közben a robotkar valós időben követni tudja, így a normál tüdőszövetet jobban lehet kímélni.



### **Ethos – adaptív sugárterápiás besugárzőkészülék**

Adaptív sugárterápia során a napi anatómiai változások figyelembevételével történnek a kezelések. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a kezelőasztalon fekvő betegről, a besugárző-készülékbe integrált eszközzel CT vizsgálat készül, melynek képi információi összehasonlításra kerülnek a tervezési CT-vel. Amennyiben jelentős változás történt, új besugárzási terv készül az aktuális anatómiai viszonyok figyelembevételével. Ehhez a meglévő szervkontúrok átmásolása után azokat adaptálni kell az aktuális anatómiára. Ezt követően új besugárzási tervet kell készíteni.



### **Brachyterápiás besugárzőkészülék (afterloading)**

Brachyterápiás kezelés során a daganatba, vagy annak közvetlen közelébe kerül a radioaktív sugárforrás. Az afterloading készülékkel végzett kezelésnél a sugárforrás távvezérléssel, utántöltéssel eljárással jut be az applikátorba vagy katéterbe, melyeknek a betegbe történő behelyezésekor a forrás még a készülék sugárvédett tároló egységében tartózkodik. Ezzel a módszerrel a beteg és a kezelő személyzet sugárvédelme maximálisan biztosított. A kezelés indításakor egy léptető motor a forráshoz forrasztott mozgó kábel segítségével juttatja el a sugárforrást a kívánt pozícióba, majd a sugárzási idő leteltével azt a következő pozícióba mozgatja (lépteti). Több katéter esetén a forrás először végigmegy az első katéter összes megállási pozícióján, majd utána megy a többi katéterbe. Az afterloading készülékben a radioaktív sugárforrás Ir-192 izotóp, mely gammasugárzást (fotonsugárzást) bocsát ki 360 keV-es átlagenergiával.



### **Tervezési CT (CT-szimulátor)**

A besugárzási terv elkészítéséhez minden betegről CT vizsgálatot végzünk az egyedi anatómiai viszonyok figyelembevételéhez. A vizsgálat során ugyanolyan betegrögzítési technikát alkalmazunk, mint amelyet a kezelések során. A CT képek alapján meghatározzuk a céltérfogatot és a védendő szerveket, majd elkészítjük a besugárzási tervet.



### **Tervezési MR (Magnetom FreeMax)**

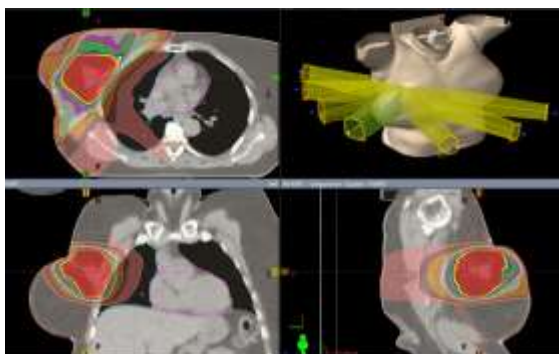
Elsősorban nőgyógyászati brachyterápiás kezelések besugárzástervezéséhez használjuk a készüléket. A jó lágyrészkontrasztossága miatt a daganatmeghatározás pontosabbá tehető a CT képalkotáshoz képest. A mágneses alagút átmérője 80 cm, ami vizsgálat közben lehetővé teszi a betegrögzítő eszközök alkalmazását, továbbá csökkenti a betegek bezártság érzését. A készülék alkalmazható külső besugárzások besugárzástervezéséhez is.



### **Brachyterápiás röntgenkészülék (Image Ring) CT funkcióval**

A brachyterápiás kezelőhelyiségbe telepített készülékkel 2D-s röntgenfelvételek készíthetők, továbbá 3D-s CT vizsgálatok is végezhetők. Előnye, hogy a beteg mozgatása nélkül, a kezelőasztalon fekvő betegről készíthető a röntgenfelvétel. Ezzel pontosabbá tehető a kezelés tervezése és a dózisleadás pontossága.

## Besugárzástervező rendszer



A számítógépes besugárzás-tervező rendszerrel a betegek egyedi besugárzási tervét készítjük el. A tervező rendszer nagyteljesítményű szerverből, speciális térbeli rekonstrukciós és dóziseloszlás számoló szoftverekből áll. A besugárzó készülék mérésekkel meghatározott fizikai és dozimetriai adatait, valamint a beteg egyedi anatómiai információit használjuk a besugárzási terv elkészítésekor. Az anatómiai adatokat metszet-képpalkotó eljárásokkal (CT, MRI, PET) nyerjük. A tervezés során a besugárzandó daganat és a védendő szervek elhelyezkedésének figyelembevételével meghatározzuk a besugárzási irányokat, a besugárzási mező nagyságát és alakját, majd kiszámítjuk a testen belül kialakuló dóziseloszlást. Intenzitás-modulált sugárterápia (IMRT) előtt, ún. inverz tervezési algoritmusokat használunk az optimális terv elkészítéséhez. Végül a besugárzási tervben meghatározott beállítási paramétereket és dozimetriai adatokat digitális hálózaton keresztül eljuttatjuk a besugárzó készülékhez.

## **A tervezéstől a sugárkezelés megkezdéséig**

### ***Topometriás képalkotó eljárás alkalmazása besugárzástervezéshez***

Az egyedi besugárzási terv elkészítéséhez CT, ill. esetenként MRI vagy PET vizsgálatokat végzünk. Fontos, hogy a beteg a CT vizsgálat során ugyanolyan pozícióban, mozdulatlanul fekdjön a CT asztalon, mint később a besugárzókészülék asztalán. Ennek eléréshez bőrre tetovált jelöléseket alkalmazunk. Továbbá, betegrögzítő eszközöket is alkalmazunk (pl. fej-, kar-, lábtartó). Fej-nyaki régió sugárzásánál hőre lágyuló műanyag maszkkal rögzítjük a beteget. A különböző terápiás készülékek kiegészítő egységei a betegbeállítást elősegítő lézertény nyalábok, melyeknek a bőrjelölésekre történő vetítése biztosítja, hogy a beteg minden alkalommal azonos pozícióban fekdjön az asztalon, és a sugárnyalábok pontosan a kívánt területre irányuljanak. A CT vizsgálat után a képi információkat számítógépes hálózaton továbbítjuk a tervező rendszerhez.

### ***Besugárzási terv elkészítése***

A betegről készített CT szeleteken berajzoljuk a besugárzandó céltérfogatot (daganat + biztonsági zóna) és a védendő szervet (pl. gerincvelő, tüdő, szemlencse). Ezt követően az anatómiai viszonyok figyelembevételével meghatározzuk a besugárzási irányokat, a mezők számát és alakját. Bonyolultabb besugárzási technikáknál, pl. intenzitásmodulált sugárterápia (IMRT), ún. inverz tervezési algoritmusokat használunk. A dóziseloszlás meghatározása után kiértékeljük a besugárzási tervet. A cél az, hogy a céltérfogat úgy kapja meg az előírt dózist, hogy az ép szövetek és a védendő szervek dózisterhelése minimális legyen. A kész terv adatait, melyek alapján elkezdődhet a besugárzás, kinyomtatjuk és számítógépes hálózaton keresztül eljuttatjuk a besugárzó készülékhez.

### ***Külső sugárkezelés***

A külső sugárkezelés általában több héten keresztül fracionáltan, naponta történik. A kezelés fájdalommentes, időtartama a beállítással együtt kb. 5-10 perc naponta. Általában az első néhány kezelésnél, majd hetente, a besugárzó készülékbe integrált CT készülékkel vagy digitális röntgenfelvételekkel ellenőrzést végzünk a betegbeállításról a besugárzás pontosságának a növelése céljából.