

Sugárterápia



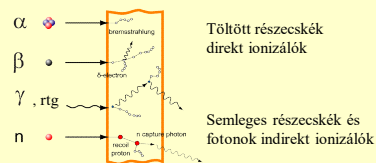
Sugárterápia: ionizáló sugárzások klinikai alkalmazása malignus daganatok eltávolításában.

A sugárkezelés során célunk az ionizáló sugárzás terápiás dózisének elérése a kezelt daganatban a környező szövetekben okozott lehető legkisebb károsodás okozása mellett.

Ionizáló sugárzások elnyelődésének következményei

1. Fizikai történések

Direkt vagy indirekt ionizáció



Primer és szekunder ionizáció

A szekunder ionizációk száma függ az anyagtól; a primer ionizáció akár 10-szerese is lehet.

A 137-es tömegszámú cézium magja által emittált gamma foton fotoeffektus során nyelődik el. Az elnyelő közeg levegő, a kilépési munkát vegyük 34 eV-nak. Mekkora lesz a fotoelektron mozgási energiája eV-ban.

$$E_{^{137}\text{Cs}} = 0,661\text{MeV}$$

$$hf = A + 1/2mv^2$$

$$1/2mv^2 \approx 661\,000\text{ eV}$$

Maximum hány ionpár létrehozására képes a kilépő fotoelektron a szekunder ionizáció során?

$$n_{\text{max}} = 661\,000\text{ eV}/34\text{ eV}$$

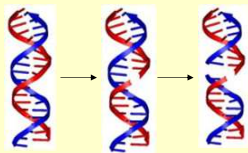
$$n_{\text{max}} = 19440$$

2. Kémiai reakciók

Direkt sugárhatás

Közvetlenül a biológiai szempontból fontos molekulában létrejövő sérülés.

Legfontosabb a **DNS károsodása!**



egyszeres
lánctörés

kétszeres
lánctörés



kromoszómatörés

Indirekt sugárhatás

Reaktív ionok (pl. OH⁻) és gyökök (pl. *OH) keletkezése elsősorban vízből.
(Az emberi test kb. 65-70%-a víz)



Általuk kiváltott kémiai reakciók a makromolekulákban vagy membránszerkezetekben.

Sugárterápia: ionizáló sugárzás károsító hatásának felhasználása (elsősorban) daganatos szövetek elpusztítására

1. Milyen típusú sugárzást használjunk?
2. Mekkora dózist alkalmazzunk?
3. Hogyan állítsuk elő?
4. Hogyan juttassuk el a besugározandó testrészebe (a többi szövet károsítása nélkül)?

A sugárterápiában használható sugárzások

Elektromágneses sugárzás

- röntgen – fékezési és karakterisztikus
- gamma
- ⁶⁰Co (1,25MeV) – teleterápia
- ¹⁹²Ir, ¹²⁵I (35 keV), ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co - brachyterápia

Elektron/β⁻ – energia tartomány 6 – 21 MeV

Alfa - ²²⁵Ac 6 MeV, ²²⁶Ra 4,78 MeV

Proton –

Nehéz ionok – limitáltan

Neutron – limitáltan

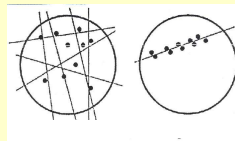
A sugárzások „hatékonyága” eltérő.

Lineáris ionsűrűség:

egységnyi úthosszon létrehozott ionpárok száma (n/l)

LET (Linear Energy Transfer)v. linearis energiaátadás:

egységnyi úthosszon leadott energia ($nE_{\text{ionpár}}/l$)



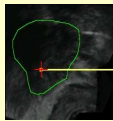
Alacsony LET
Pl. γ , rtg

Magas LET
pl. α , proton

Tipikus LET-értékek

| LET-érték: | Sugárfajta: | Energia (MeV): | LET(keV/ μ m): |
|------------|--------------------------|----------------|--------------------|
| magas | α -részecske | 5.0 | 90 |
| | gyors neutron | 6.2 | 21 |
| | protonok | 2.0 | 17 |
| alacsony | röntgensugár | 0.2 | 2.5 |
| | 60-Co γ -sugárzás | 1.25 | 0.3 |
| | beta-sugár | 2.0 | 0.3 |
| | elektronok | 10.0 | |

α

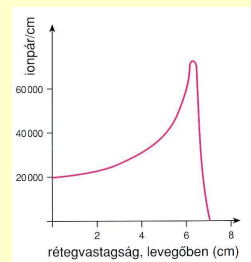


csak célzottan a tumorba juttatva
(brachyterápia)

LET (Linear Energy Transfer)v. linearis energiaátadás:

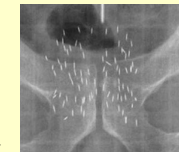
egységnyi úthosszon leadott energia ($nE_{\text{ionpár}}/l$)

levegőben: $E_{\text{ionpár}} = 34 \text{ eV}$



β^-

Energiája nem optimális
folytonos energiaeloszlású
tipikus energia: néhány MeV



csak célzottan a tumorba juttatva

e^-

gyorsított elektron - 10-20 MeV

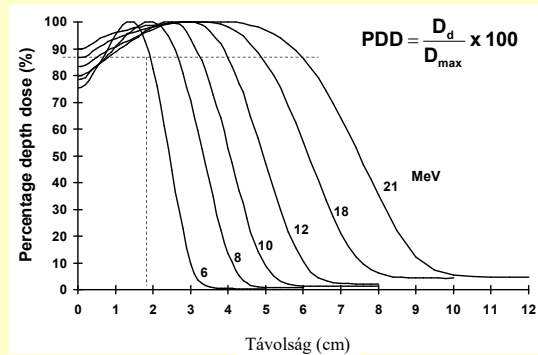
Előállítás: lineáris gyorsító

hatótáv! $\approx 1 \text{ cm}/3 \text{ MeV}$

gyakorlatban: 6-21 MeV \Rightarrow 2-7 cm

felületközeli tumorok

Elektron PDD (percentage depth dose) gördék különböző részecske energiáknál



Konkluzió: csak felszínhez közeli tumorok kezelhető elektron besugárással

γ :

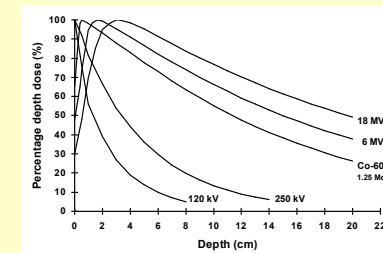
Probléma:

foton elnyelődésének helye ≠ szekunder ionizáció helye = sugárkárosodás helye

Az átlagos úthossz a energiától függ.



Foton PDD görbék különböző energiáknál



γ :

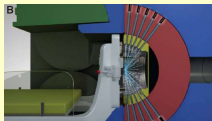
γ-kés:

összesen kb. 200 db sugárnyaláb

pl. ^{60}Co , használt aktivitás: TBq

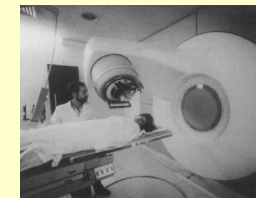
agysebészeti célra különösen alkalmas

Izocentrum - a mezők forgástengelyeinek metszéspontja



4, 8, 14, 18 mm-es kollimátorok

Rtg:

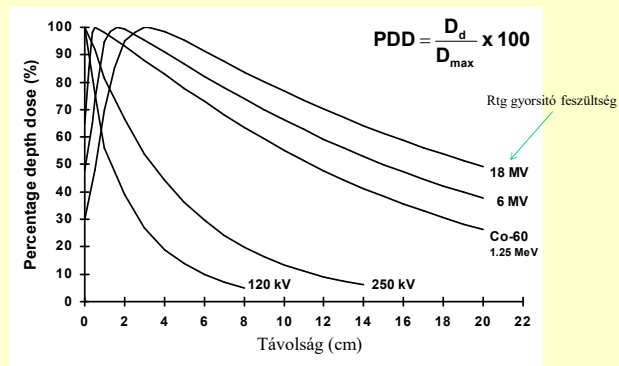


Részecskegyorsító a rtg. sugárzás előállításában.

Néhány MeV fotonenergia.

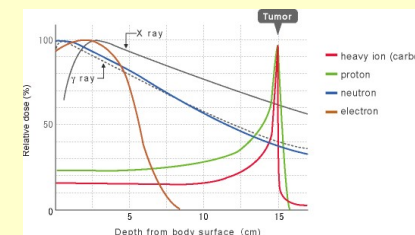
Besugárzás ideje jól szabályozható.

Foton PDD (percentage depth dose) görbék különböző fotonenergiáknál

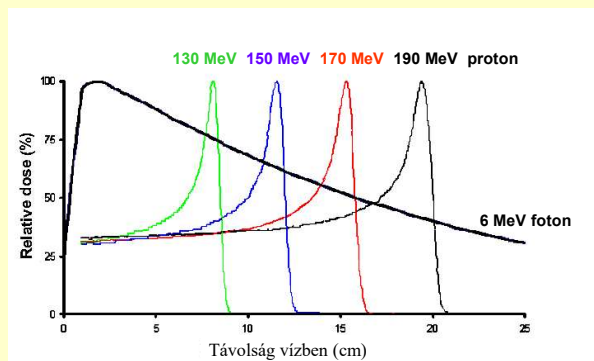


Ideális lenne, de nagyon drága!
Óriási gyorsító kell!

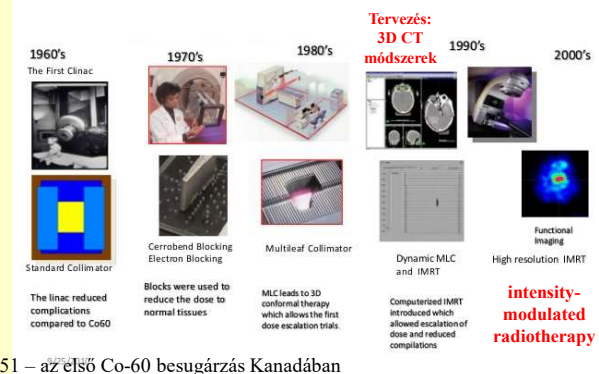
p :



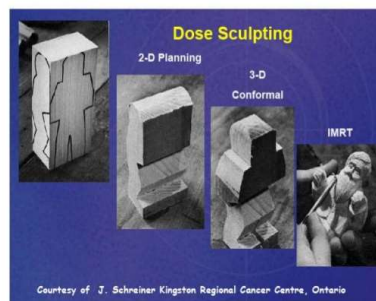
Foton és proton mélydózis összehasonlítása



A radioterápia fejlődése*



*1951 – az első Co-60 besugárzás Kanadában



Kapcsolódó fejezetek:
Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

IX. 3.