

Sugárterápia



Sugárterápia: ionizáló sugárzások klinikai alkalmazása malignus daganatok eltávolításában.

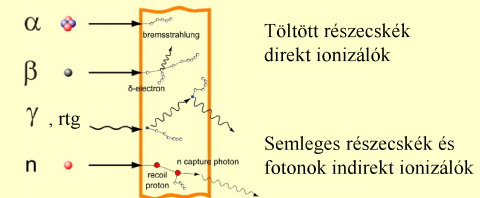
A sugárkezelés során célunk az ionizáló sugárzás terápiás dózisének elérése a kezelt daganatban a környező szövetekben okozott lehető legkisebb károsodás okozása mellett.

Konzultáció: minden csütörtökön 8.30 órakor

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}Cs -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.

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

$$hf = A + \frac{1}{2}mv^2$$

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

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

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

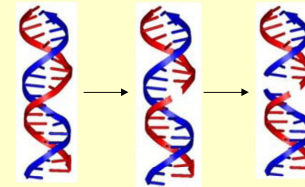
$$n_{\text{max}} = 19440$$

2. Kémiai reakciók

Direkt sugárhatás

Közvetlenül a biológiai szempontból fontos molekulában létrejövő sérülés.

Legfontosabb a **DNS károsodása!**



egyszeres
lánc törés

kétszeres



kromoszómatörés

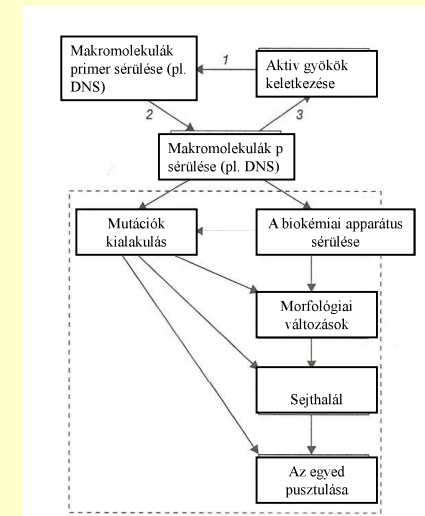
Indirekt sugárhatás

Reaktív ionok (pl. OH^-) és gyökök (pl. $^*\text{OH}$)
keletkezése elsősorban vízből.
(Az emberi test kb. 65-70%-a víz)

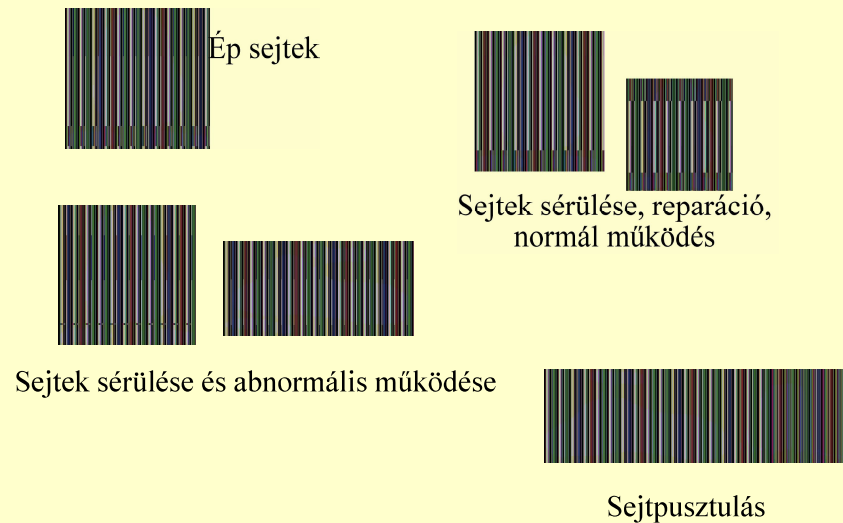


Általuk kiváltott kémiai reakciók a
makromolekulákban vagy
membránszerkezetekben.

3. Biológiai következmények



A biológiai sérülés fokozatai



A különböző események az időskálán

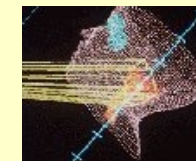
| | | |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Fizikai | $10^{-20} - 10^{-8}$ s | Ionizáció, gerjesztés |
| Kémiai | $10^{-18} - 10^{-9}$ s | Direkt/indirekt kémiai reakciók |
| | 10^{-3} s – néhány óra | Sérülések reparációja |
| Korai biológiai | órák – hetek | Sejtdestrukció, az egyed halála |
| Késői biológiai | évek | Daganatok, genetikai elváltozások |

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

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

Megközelítések

- **Palliative radioterápia** fájdalom csökkentésére és akut következmények akadályozására – pl. csontáttét, gerincvelői nyomás stb.
- **Radikális sugárterápia** mint elsődleges megoldások a tumor eltávolításában – pl. fej nyak tumorok, agydaganatok eltávolítása
- **Adjuváns tarápia** hagyományos sebészeti beavatkozást követően – pl. mell daganatok kezelése



A sugárterápiában használható sugárzások

Elektromágneses sugárzás

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

Elektron/ β – energia tartomány 6 – 21 MeV

Alfa - ^{225}Ac 6 MeV, ^{226}Ra 4,78 MeV

Proton –

Nehéz ionok – limitáltan

Neutron – limitáltan

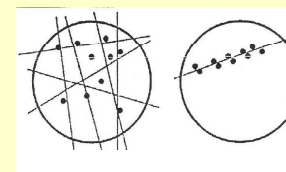
A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

Lineáris ionsűrűség:

egységnyi úthosszon létrehozott ionpárok száma (n/l)

LET (Linear Energy Transfer)v. linearis energiaátadás:

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

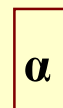


Alacsony LET
Pl. γ , rtg

Magas LET
pl. α , proton

Tipikus LET-értékek

| LET-érték: | Sugárfajta: | Energia (MeV): | LET(keV/ μm): |
|------------|-------------------------------------|----------------|---------------------------|
| 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 | |

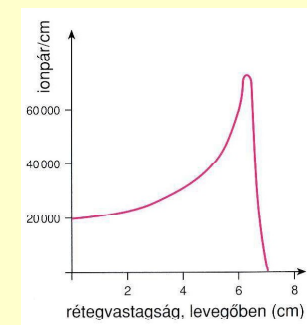


csak célzottan a tumorba juttatva
(brachyterápia)

LET (Linear Energy Transfer)v. linearis energiaátadás:

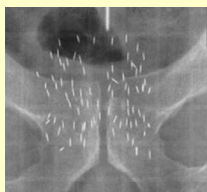
egységnyi úthosszon leadott energia ($nE_{\text{ionpár}}/l$)

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



β^- :

Energiája nem optimális
folytonos energiaeloszlású
tipikus energia: néhány MeV



csak célzottan a tumorba juttatva

e^- :

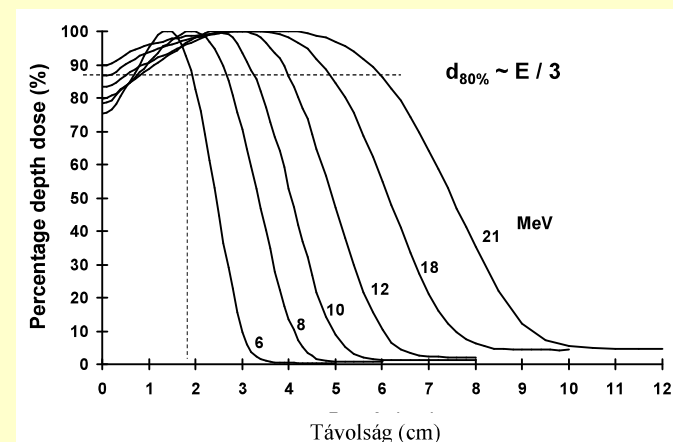
gyorsított elektron - 10-20 MeV

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) görbék
különböző részecske energiáknál



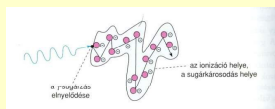
Konklúzió: csak felszínhez közeli tumorok kezelhető elektron besugárással

γ :

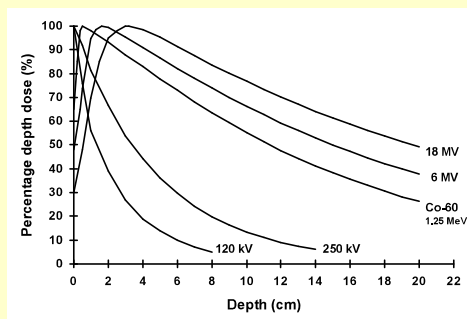
Probléma:

foton elnyelődésének helye \neq 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

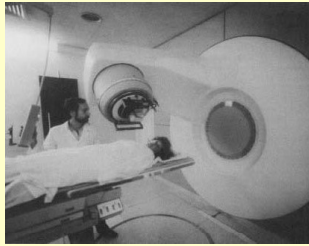
agysebészeti célra különösen alkalmas

Izocentrum - a mezők forgástengelyeinek metszéspontja



4, 8, 14, 18 mm-es kollimátorok

Rtg:

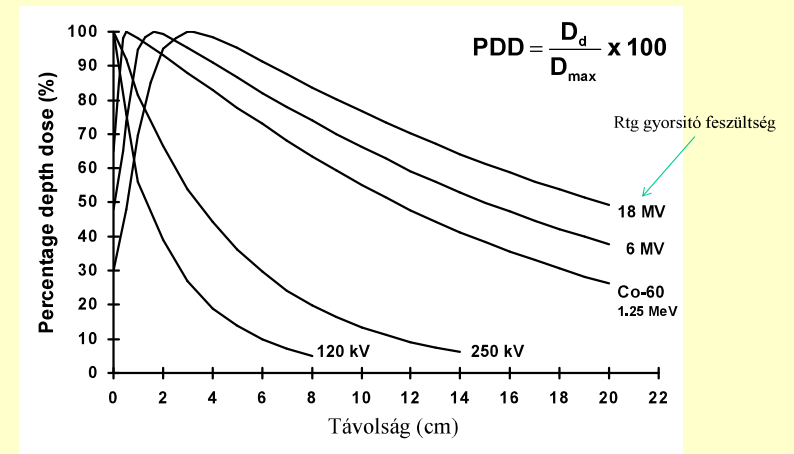


Részecskegyorsító a rtg. sugárzás előállításában.

Néhány MeV fotonenergia.

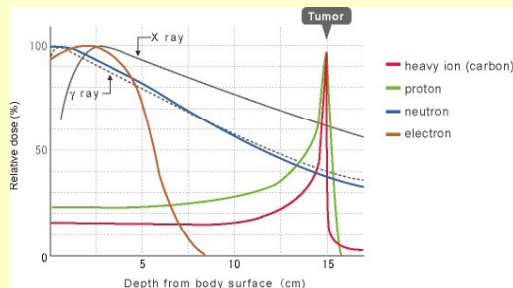
Besugárzás ideje jól szabályozható.

Foton PDD (percentage depth dose) görbék különböző fotonenergiáknál

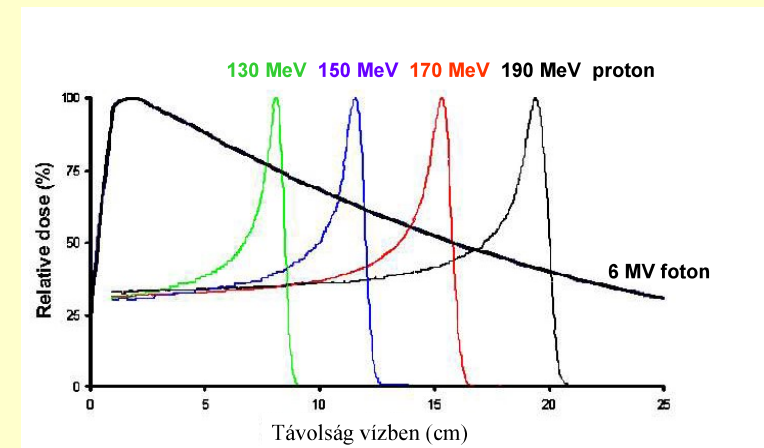


Ideális lenne, de nagyon drága!
Óriási gyorsító kell!

p :



Foton és proton mélydózis összehasonlítása



A hét kérdése

Hasonlítsa össze a 130 MeV-os proton sugárzás és a Co-60 gamma sugárzásának PDD (percentage depth dose) értékeit 12 cm mélységben.

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

IX. 3.