

Sugárterápia



Konzultáció: minden kedden 11 órakor

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?

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

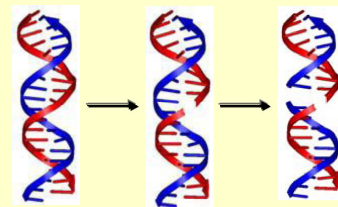
$$n_{\text{max}} = 19440$$

2. Kémiai reakciók

Direkt sugárhatás

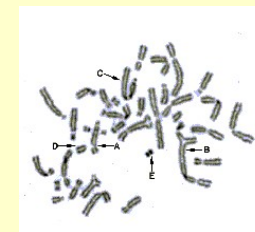
Közvetlenül a biológiai szempontból fontos molekulában létrejövő sérülés.

Legfontosabb a **DNS károsodása!**



egyszeres
lánc-törés

kétszeres
lánc-törés



kromoszomatörés

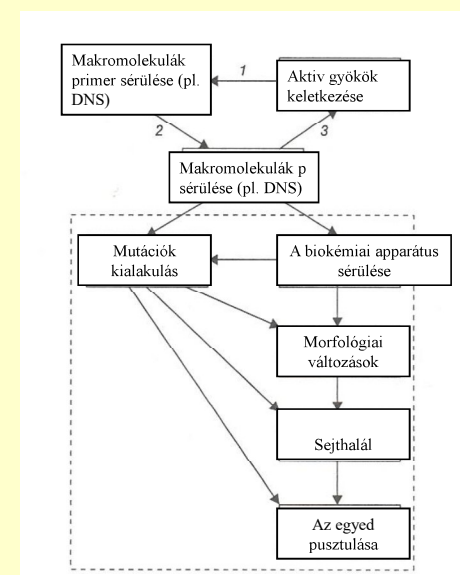
Indirekt sugárhatás

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

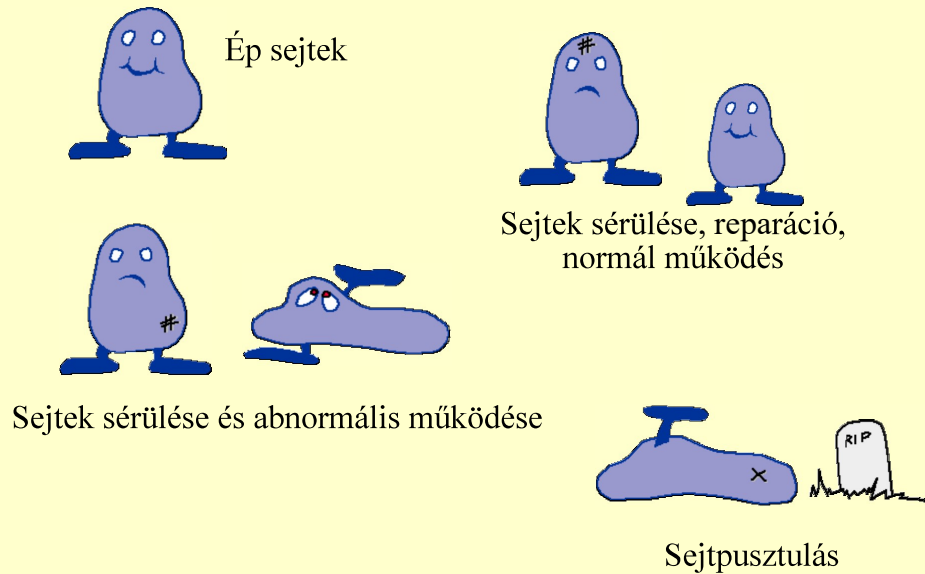


Általuk kiváltott kémiai reakciók a makromolekulákban vagy membránszerkezetekben.

3. Biológiai következmények



A biológiai sérülés fokozatai



A különböző események az időskálán

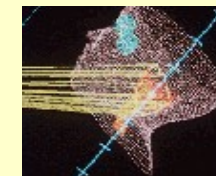
Fizikai	$10^{-20} - 10^{-8}$ s	Ionizáció, gerjesztés
Kémiai	$10^{-18} - 10^{-9}$ s	Direkt/indirekt kémiai reakciók
	10^{-3} s – néhány óra	Sérülések reparációja
Korai biológiai	órák – hetek	Sejtdestrukció, az egyed halála
Késői biológiai	évek	Daganatok, genetikai elváltozások

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

1. Milyen típusú sugárzást használjunk?
2. Mekkora dózist alkalmazzunk?
3. Hogyan állítsuk elő?
4. Hogyan juttassuk el a besugározandó testrészbe (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. melldaganatok kezelése



A sugárterápiában használható sugárzások

Elektromágneses sugárzás

- röntgen – fémkezési 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

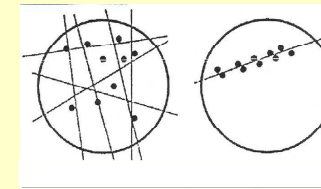
A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

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	

α

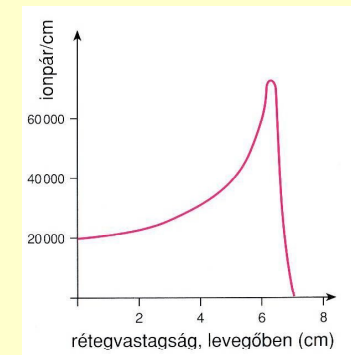


csak célzottan a tumorba juttatva
(brachyterápia)

LET (Linear Energy Transfer)v. linearis energiaátadás:

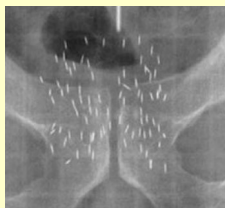
egységnyi úthosszon leadott energia ($nE_{\text{ionpár}}/l$)

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

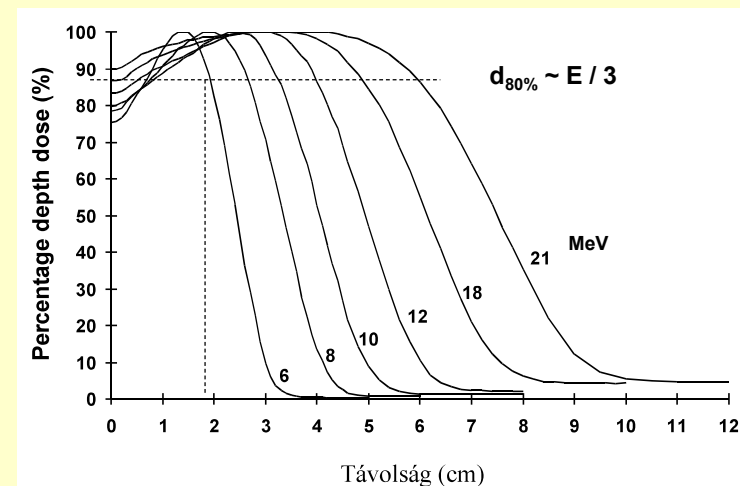
Előállítása: lineáris gyorsító

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



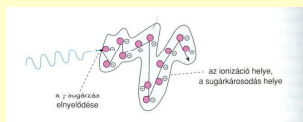
Konklúzió: csak felszínhez közeli tumorok kezelhető elektron besugárással

γ :

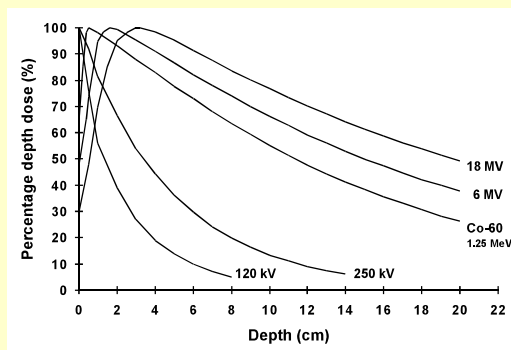
Probléma:

foton elnyelődésének helye \neq szekunder ionizáció helye = sugárkárosodás helye

Az átlagos úthossz a energiától függ.



Foton PDD görbék
különböző energiáknál



γ :

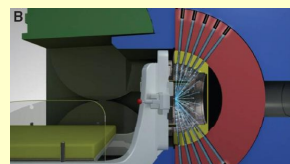
γ -kés:

összesen kb. 200 db sugárnyaláb

pl. ^{60}Co , használt aktivitás: TBq

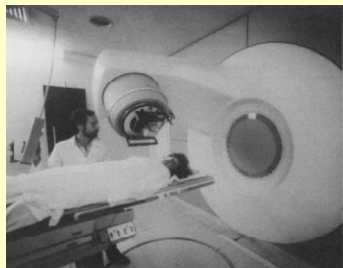
agysebészeti célra különösen alkalmas

Izocentrum - a mezők forgástengelyeinek metszéspontja



4, 8, 14, 18 mm-es kollimátorok

Rtg:

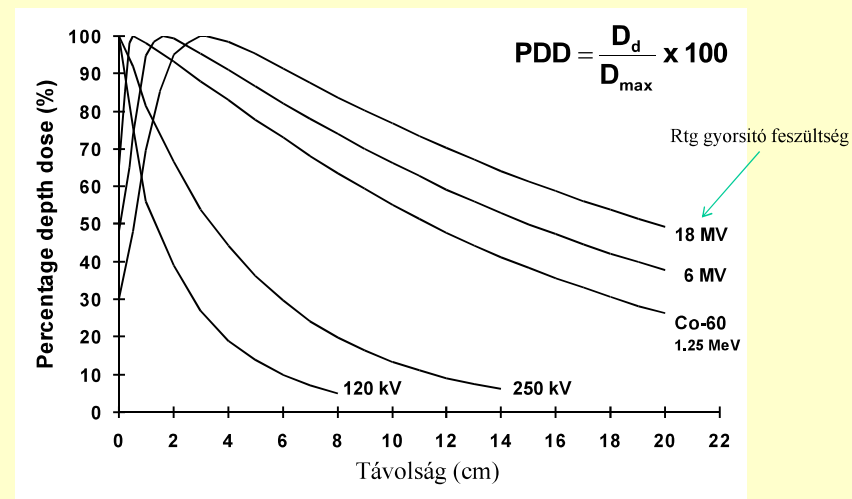


Részecskegyorsító a rtg. sugárzás előállításában.

Néhány MeV fotonenergia.

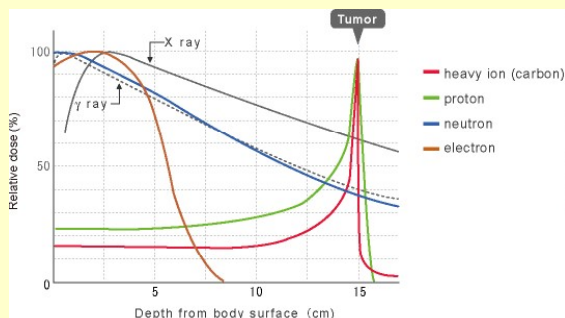
Besugárzás ideje jól szabályozható.

Foton PDD (percentage depth dose) görbék különböző fotonenergiáknál

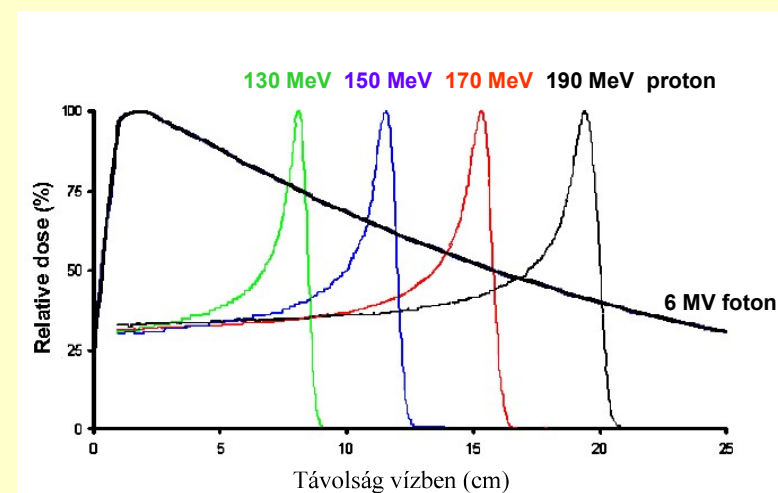


Ideális lenne, de nagyon drága!
Óriási gyorsító kell!

p :



Foton és proton mélydózis összehasonlítása



A hét kérdése

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

IX. 3.