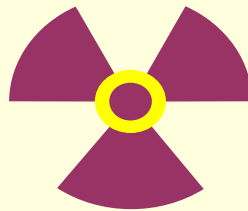
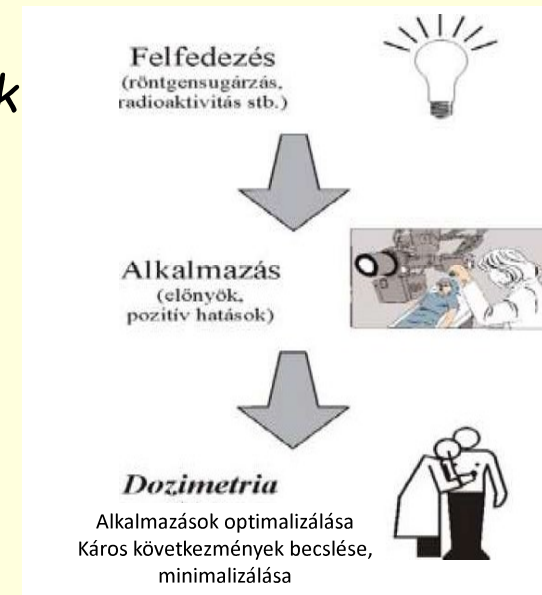


Ionizáló sugárzások dozimetriája



Ionizáló sugárzások



Ionizáló sugárzások

csoportosításuk a kiváltott hatás alapján.

Közvetlenül (direkt) ionizáló

A sugárzással töltések lépnek a közegbe, a sugárzást alkotó részecskék hozzák létre a töltéseket.

Pl. α -és β -sugárzás.



Közvetve (indirekt) ionizáló

A sugárzás fotonjai által keltett elektronok hozzák létre a töltéseket Pl. γ -sugárzás, röntgen.



A dozimetria feladata

Az egészségügyi kockázat becslése megelőzés céljából.

Az egészségkárosodás felmérése.

A terápiás folyamat tervezése.

Megfelelő
mennyiségek
megfogalmazása

Méréstechnika

Kockázatbecslés

1. Mennyiségek, azaz dózisok

- Legyen a károsodás, hatás mértékére jellemző sugármennyiség!
- Legyen arányos a károsodás mértékével, kockázatával!
- Legyen additív!
- Lehetőleg ne függjön más tényezőktől! ?

Dózisfogalmak

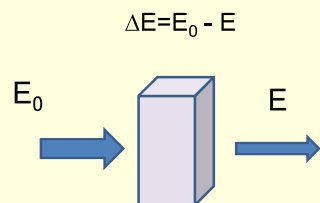
Fizikai dózisok:
elnyelt dózis,
besugárzási dózis

Biológiai dózisok:
egyenértékdózis,
effektív dózis

Származtatott dózisok:
kollektív dózisok,
dózisteljesítmény

Fizikai dózisok

1. Elnyelt dózis



Egységnyi tömegben elnyelt energia

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} [J / kg]$$

Érvényesség: minden abszorbeáló anyagra és mindenfajta sugárzásra.

Mértékegység: $[J / kg] \equiv Gy$

Mérés ????



Louis Harold Gray
(1905-1965).

80 g tömegű pajzsmirigyben 0,2 GBq aktivitású ^{131}I izotóp 7,5 nap effektív felezési idővel bomlik. Számítsuk ki a pajzsmirigy által az izotóp teljes lebomlásáig elnyelt dózist, ha a kibocsátott β -részecskék átlagos energiája 0,18 MeV.

$$\Lambda = \frac{\ln 2}{T} N \quad N = \frac{0,2 * 10^9 [Bq] * 6,48 * 10^5 [s]}{0,693} = 1,87 * 10^{14}$$

$$E = 0,18 * 10^6 [eV] = 2,88 * 10^{-14} [J]$$

$$E_{\text{össz}} = N * E \quad E_{\text{össz}} = 1,87 * 10^{14} * 2,88 * 10^{-14} = 5,38 [J]$$

$$D = \frac{E_{\text{össz}}}{m} \quad D = \frac{5,38}{0,08} = 67,28 \left[\frac{J}{kg} \right] \equiv 67,25 [Gy]$$

Fizikai dózisok

2. Besugárzási dózis

Egységnyi tömegű levegőben keltett pozitív, vagy negatív töltések mennyisége.

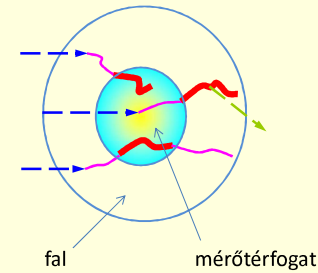


$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} [C / kg]$$

Érvényesség: levegőben, csak γ - és rtg.-sugárzásra, elektron-egyensúly* esetében.

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} [C / kg]$$

ΔQ – szekunder elektronok!!



Elektron-egyensúly : A határfelületen átlépő szekunder elektronok nettó mennyisége nulla.

Befolyásolja:

- a környezet (a kamra falának) anyaga – **levegőekvivalens**
- a kamra falának vastagsága
- a foton energiája

$$E < 0.6 \text{ MeV}$$

Az elnyelt dózis és a besugárzási dózis kapcsolata

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} [C / kg] \quad D_{lev} = f_0 X \quad D = \frac{\Delta E}{\Delta m} [J / kg]$$

$$\sim 34 \text{ J/C}$$

Levegőben az átlagos ionizációs energia
 $\sim 34 \text{ eV}$.

A szövetben elnyelt dózis

$$\frac{\Delta E}{\Delta m} \approx \mu_m \cdot J$$

$$D_{lev} = \frac{\Delta E}{\Delta m} [J / kg]$$

$$\frac{D_{lev}}{D_{szövet}} = \frac{\mu_{m,levegő}}{\mu_{m,szövet}}$$

| Fotonenergia (MeV) | $\mu_{m,lev.}/\mu_{m,szövet}$ (lágyszövetek) | $\mu_{m,lev.}/\mu_{m,szövet}$ (csont) |
|--------------------|--|---------------------------------------|
| 0,1 | 1,07 | 3,54 |
| 0,2 | 1,08 | 2,04 |
| 0,4 | 1,10 | 1,24 |

A szövetben elnyelt dózis

$E > 0.6 \text{ MeV}$

$$\frac{D_{\text{lev}}}{D_{\text{szövet}}} = \frac{s_{m,\text{levegő}}}{s_{m,\text{szövet}}}$$

| Elektron energia (MeV) | $s_{m,\text{szén}}/s_{m,\text{lev.}}$ |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 1.0 | 0.985 |
| 3.0 | 0.946 |

s : tömegfékezőképesség (LET)

Biológiai dózisok

Az elnyelt energia (abszorbeált dózis) nem jellemzi egyértelműen a biológiai következmények mértékét.

A biológiai hatás mértéke függ:

A sugárzás fajtájától.

A hatást elszenvedő biológiai objektum érzékenységi, biológiai funkciójától

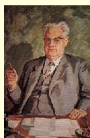
Sugárzásra jellemző korrekciós faktor

Elnyelő szövetre jellemző korrekciós faktor

Dózisegyenérték (H)

A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

Rolf Sievert
1896-1966



$$H_T = w_R D_T$$

Sugárzás hatékonyságára jellemző **sugárzási súlytényező** szövetben elnyelt dózis

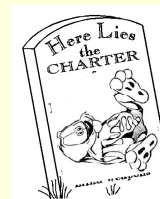
H mértékegysége: **Sievert (Sv)**

| sugárzás | w_R |
|--------------------|-------|
| foton | 1 |
| elektron | 1 |
| neutron | 5-20 |
| proton | 5 |
| α -sugárzás | 20 |

Miért hal meg az egyik nyuszi, míg a másik..

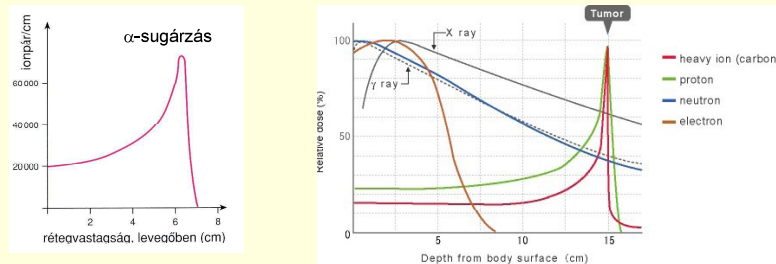
2 Gy elnyelt dózis - röntgen

2 Gy elnyelt dózis - α -sugárzás



Dózisegyenérték (H)

A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

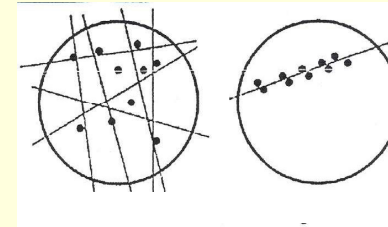


LET (Linear Energy Transfer) v. linearis energiaátadás:
egységnyi úthosszon leadott energia ($nE_{\text{ionpár}}/l$)

Dózisegyenérték (H)

A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

$$H_T = w_R D_T$$

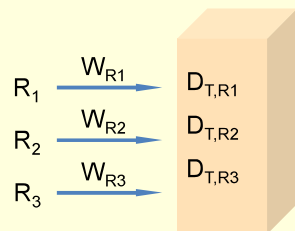


Alacsony LET
Pl. γ, rtg

Magas LET
pl. α, proton

| sugárzás | w_R |
|------------|-------|
| foton | 1 |
| elektron | 1 |
| neutron | 5-20 |
| proton | 5 |
| α-sugárzás | 20 |

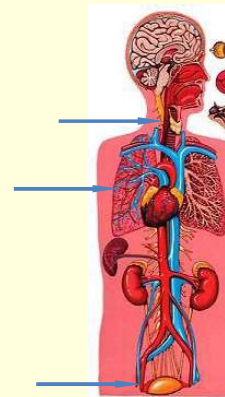
Többféle egyidejű sugárzás esetén az egyes
sugárzások elnyelt dózisai súlyozottan
adódnak össze.



$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

Effektív dózis (E)

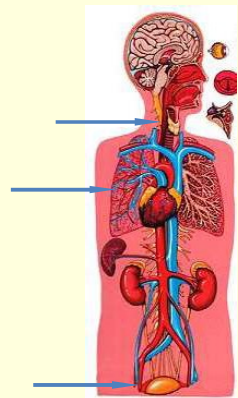
A szövetek eltérő érzékenységét megfelelő
súlyozással vehetjük figyelembe.



$$E = \sum_T w_T H_T$$

E mértékegysége: **Sievert (Sv)**

$$E = \sum_T w_T H_T$$



| szövet | w_T | szövet | w_T |
|-----------------|-------|--------------|-------|
| gonádok | 0,2 | emlő | 0,05 |
| vörös csontvelő | 0,12 | máj | 0,05 |
| vastagbél | 0,12 | nyelőcső | 0,05 |
| tüdő | 0,12 | pajzsmirigy | 0,05 |
| gyomor | 0,12 | bőr | 0,01 |
| hugyhólyag | 0,05 | csontfelszín | 0,01 |

$$\sum_T w_T = 1$$

Dózisteljesítmény

Egységnyi idő alatt elszenvedett dózis.

Mértékegysége változatos, a dózistól és az időtartamtól függ (pl. Gy/hónap, mSV/év stb.)

Kollektív dózisok

Az emberek egy meghatározott csoportjában, meghatározott időre vonatkozóan összegzett dózismennyiségek.

Kollektív dózisok

Az emberek egy meghatározott csoportjában, meghatározott időre vonatkozóan összegzett dózismennyiségek.

$$S = \sum_i N_i E_i$$

N_i személy

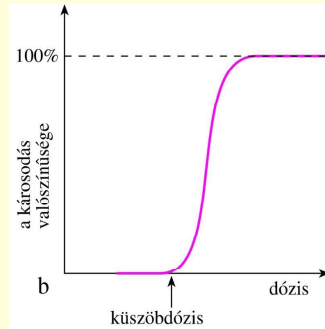
E_i effektív dózist

Sugárhatások típusai

Determinisztikus hatás

Stochasztikus hatás

Determinisztikus hatás

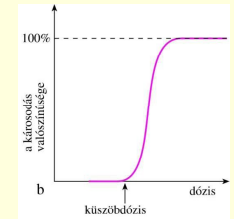


Küszöbdózis: alatta nem lép fel.

Gy

Küszöbdózis felett a súlyosság arányos a dózissal.

Determinisztikus hatás



Küszöbdózis fölött a károsodás mértéke arányos a dózissal.

Rövid idővel a hatás után megjelenik.

Diagnosztikai eljárások kapcsán nem várható.

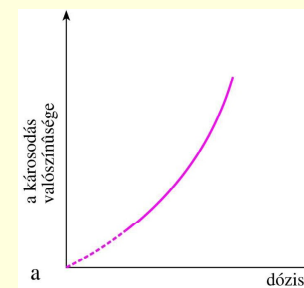
Pl. eritéma, hajhullás, katarakta, sejtek pusztulása, az egyed halála

*1% halálozás 60 nappal az esemény után

| Dózis (Gy) | Biológiai hatás |
|------------|--|
| 0,15-0,2 | A kimutatható sugársérülés küszöbdózisa. |
| 0,5 | Hematológiai módszerekkel kimutathatóság határa. |
| 0,8 | Az akut sugárbetegség küszöbdózisa |
| 2,0 | Minimális halálos dózis (LD1/60)* |
| 4,0 | Félhalálos dózis (LD50/60) |
| 7,0 | Minimális abszolút letális dózis LD99/60. |

Mellkasi röntgenfelvétel: kb. 160 μ Gy a bőrben

Stochasztikus hatás



A károsodás bekövetkeztének **valószínűsége függ** a dózistól.

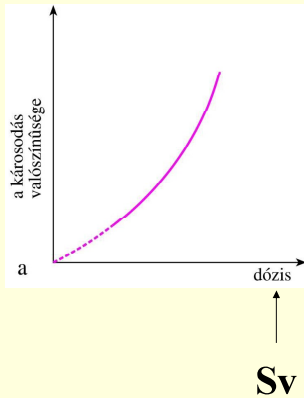
A károsodás bekövetkeztének **mértéke/súlyossága nem függ** a dózistól.

A károsodás megjelenése időben elhúzódó is lehet.

Nincs küszöbdózis.

Pl.daganatok, magzati fejlődési rendellenességek

Stochasztikus hatás



Az egyenérték ill. effektív dózis alapján **becsülhetjük** a stochasztikus sérülések **valószínűségét**.

Ezek tartománya a determinisztikus sérülések küszöbdózisai alatt van.

| vizsgálat | becsült effektív dózis mSv |
|-----------|-------------------------------|
|-----------|-------------------------------|

| | |
|-------------------------------------|------|
| Mellkasi átvilágítás | 0,04 |
| Mellkasi CT | 7,8 |
| Koponya CT | 1,8 |
| Hasi átvilágítás | 1,2 |
| Hasi CT | 7,6 |
| Háti gerinc átvilágítás | 1,0 |
| Ágyéki gerinc átvilágítás | 2,1 |
| Vastagbél kontrasztanyag vizsgálata | 8,7 |

Sugárterápia

Determinisztikus hatások **kiváltása**. (pl. Daganatsejtek elpusztítása.) Stochasztikus mellékhatások lehetnek.

Sugárvédelem

Determinisztikus hatások **kizárása**.
Stochasztikus mellékhatások valószínűségének csökkentése.

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 4.

4.1

4.2

4.3

4.4

4.5

4.6

keretes: 184. 186.

Gyakorlati jegyzet: Dozimetria