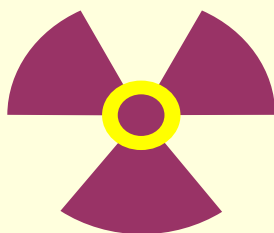


Ionizáló sugárzások dozimetriája



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

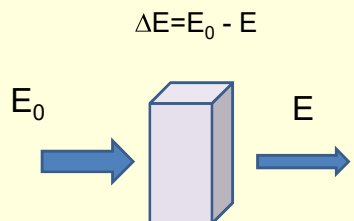
Fizikai dózisok:
elnyelt dózis,
besugárzási dózis

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.

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

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

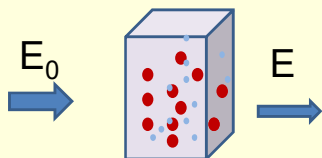
$$E_{\text{össz}} = N * E \quad E_{\text{össz}} = 1,87 * 10^{14} * 2,88 * 10^{-14} = 5,38 [J]$$

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

Fizikai dózisok

2. Besugárzási dózis

Egységnyi tömegű levegőben keltett pozitív, vagy negatív töltések mennyisége.

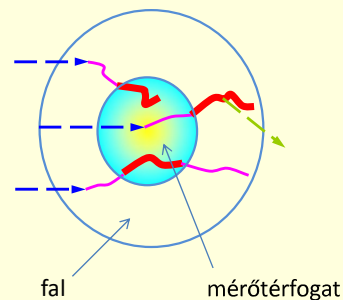


$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} [C / kg]$$

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

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

$$D_{lev} = f_0 X$$

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

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

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 érzékenységétől, 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

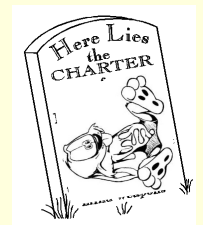
sugárzás	w_R
foton	1
elektron	1
neutron	5-20
proton	5
α -sugárzás	20

H mértékegysége: **Sievert (Sv)**

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

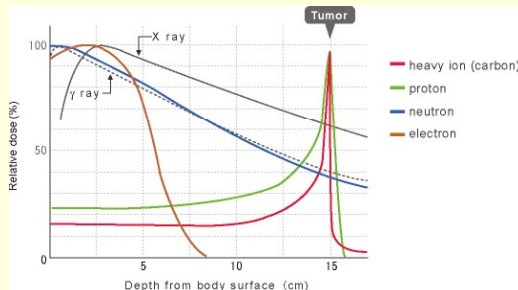
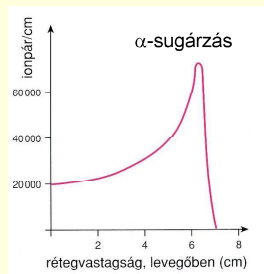
2 Gy elnyelt dózis - röntgen

2 Gy elnyelt dózis - α -sugárzás



Dózisegyenérték (H)

A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

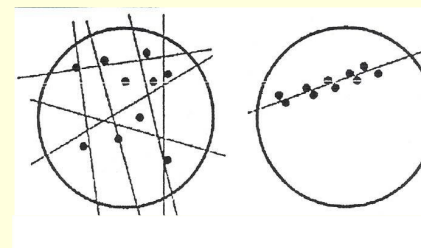


LET (Linear Energy Transfer) v. linearis energiaátadás:
egységnyi úthosszon leadott energia ($nE_{\text{ionpár}}/l$)

Dózisegyenérték (H)

A sugárzások „hatékonysága” eltérő.

$$H_T = w_R D_T$$

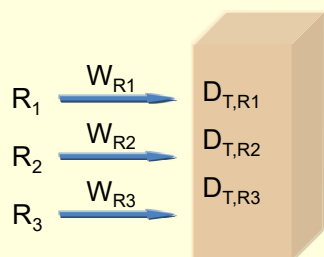


Alacsony LET
Pl. γ , rtg

Magas LET
pl. α , proton

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

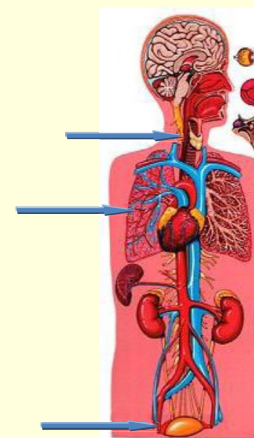
Többféle egyidejű sugárzás esetén az egyes sugárzások elnyelt dózisa súlyozottan adódnak össze.



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

Effektív dózis (E)

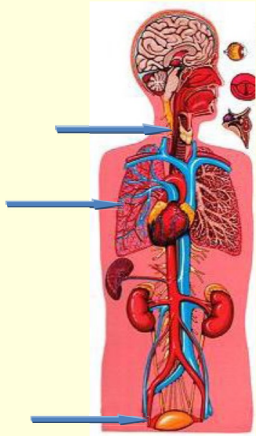
A szövetek eltérő érzékenységét megfelelő súlyozással vehetjük figyelembe.



$$E = \sum_T w_T H_T$$

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

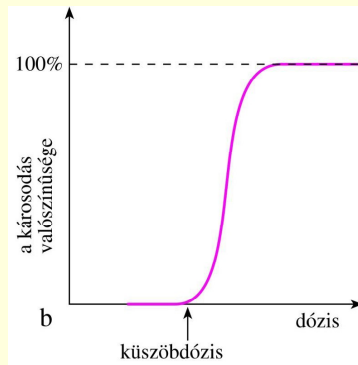
E_i effektív dózist

Sugárhatások típusai

Determinisztikus hatás

Stochasztikus hatás

Determinisztikus hatás



Küszöbdózis: alatta nem lép fel.

Gy

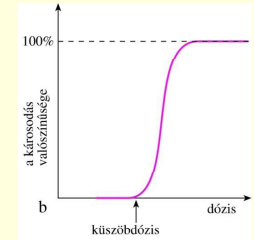
Küszöbdózis felett a súlyosság arányos a dózissal.

Determinisztikus hatás

Küszöbdózis fölött a károsodás mértéke arányos a dózissal.

Rövid idővel a hatás után megjelenik.

Diagnosztikai eljárások kapcsán nem várható.



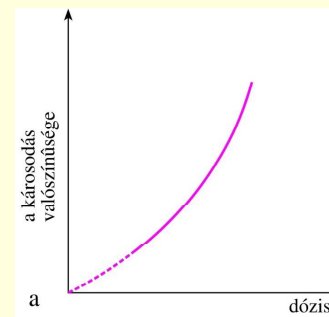
Pl. eritéma, hajhullás, katarakta, sejtek pusztulása, az egyed halála

*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



Nincs küszöbdózis.

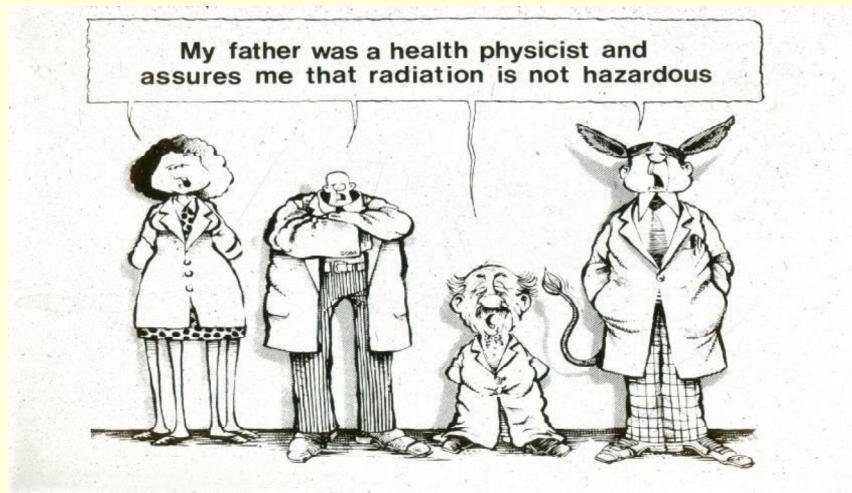
A károsodás bekövetkeztének **valószínűsége függ** a dózistól.

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

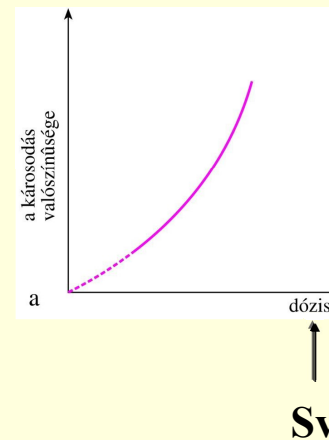
A károsodás megjelenése időben elhúzódó is lehet.

Pl.daganatok, magzati fejlődési rendellenességek

Apám egy egészséges fizikus volt, és biztosított arról
hogy a sugárzás nem veszélyes



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 vizsgálat	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