



Anyagszerkezeti vizsgálatok

2017/2018. 1. félév

Az ionizáló sugárzások hatása az emberi szervezetre

Csordás Anita

E-mail: csordasani@almos.uni-pannon.hu

Tel: +36-88/624-924

Pannon Egyetem

Radiokémiai és Radioökológiai Intézet



Sugárbiológia

- Ionizáló sugárzások élő anyagra gyakorolt hatásai
- Változások vizsgálata (maradandó – átmeneti)
- Biológiai szerveződés különböző szintjein (molekulák, sejtek, szövetek, szervezet)
- Biztonságos alkalmazás elősegítése (sugárterápia)
- Sugárvédelmi korlátok alapjai



Dózis

- Dózis: sugárzás-anyag kölcsönhatása révén a besugárzott anyagban egy meghatározott változást kiváltó mennyiség
- Külső és belső sugárterhelés



Dózisfogalmak: Elnyelt dózis

- Alapvető fizikai dózis
- Minden ionizáló sugárzásra és besugárzási geometriára
- dm tömegű térfogatelemben a közvetlenül ionizáló részecskék által leadott energia középértéke
- Mértékegysége: Gy (gray = gréj)
- MÉRHETŐ!



Dózisfogalmak: Egyenérték dózis

- Sugárvédelmi szabályozásban alkalmazott
- Származtatott mennyiség
- Sugárzási súlytényező (ICRP 103.)
- Különböző típusú és energiájú sugárzásoknak az emberi testszövetben és szervekben azonos sztochasztikus hatást eredményező dózist egyenérték dózisként nevezzük.
- Mértékegysége: Sv (sievert)

Sugárzási súlytényezők

Sugárzás fajtája és energiája	Sugárzási súlytényező
Fotonok	1
Elektronok	1
Protonok	2
Alfa-részecskék, hasadási termékek, nehéz magok	20
Neutronok	Energiafüggő, görbe írja le



Dózisfogalmak: Effektív dózis

- Származtatott
- A különböző szövetek egyéni érzékenysége
- Testszöveti súlytényező
- Az emberi testet érő külső és/vagy belső sugárterhelés várható teljes sztochasztikus károsodásának jellemzésére szolgál
- Mértékegysége: Sv (sievert)



Testszöveti súlytényezők

Szövet	Testszöveti súlytényező
Tüdő, gyomor, vastagbél, csontvelő, emlő	0.12 (x5)
Ivarmirigyek	0.08
Pajzsmirigy, nyelőcső, hólyag, máj	0.04 (x4)
Csontfelszín, agy, bőr, nyálmirigy	0.01 (x4)
Maradék	0.12
Teljes	1



Ionizáló sugárzások fizikai, kémiai, biológiai hatásai

A sugárzás és az élő szövetek kölcsönhatása során olyan fizikai, kémiai, biológiai, valamint az egész szervezet működését érintő elváltozások léphetnek fel, melyek végső soron károsodáshoz, pusztuláshoz vezethetnek



Az energia elnyelődésének folyamata

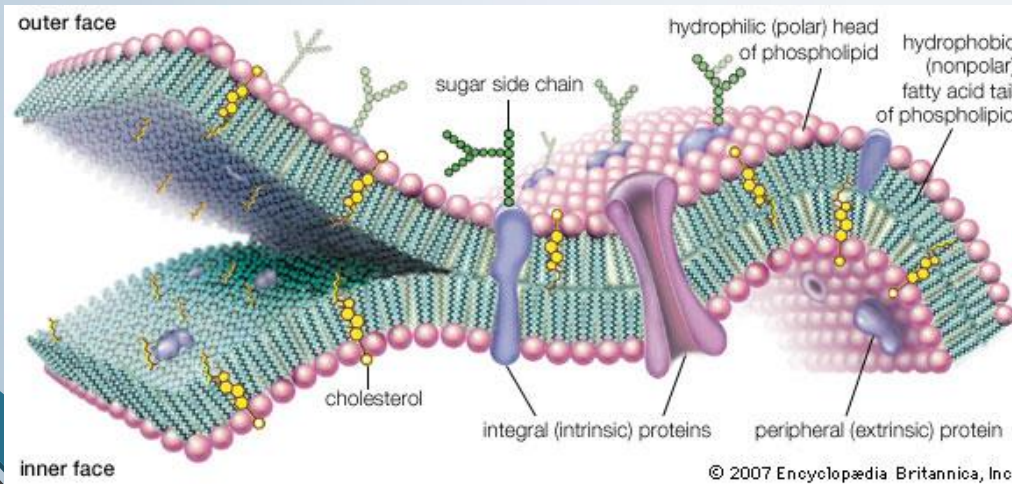
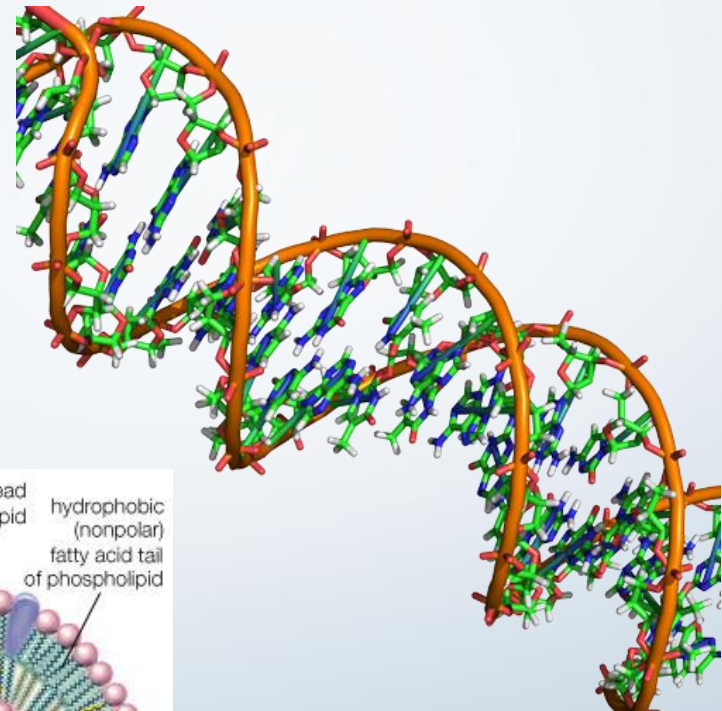
Fázis	Időtartam	Hatás
fizikai	10^{-15} s	gerjesztett atomok, héj szerkezet-változás
kémiai	10^{-15} - 10^{-11} s	szabad gyökök keletkezése, kölcsonhatás aktív vegyületekkel, rekombináció
biokémiai	10^{-11} - 10^{-3} s	biokémiai folyamatok, enzim anyagcsere változások
biológiai	10^{-3} s, perc, óra, nap, év	sejtosztódás károsodása, bőrtünetek, vérképző rendszer, akut sugárbetegség, szomatikus károsodások, genetikai változások

Ionizáló sugárzás hatása

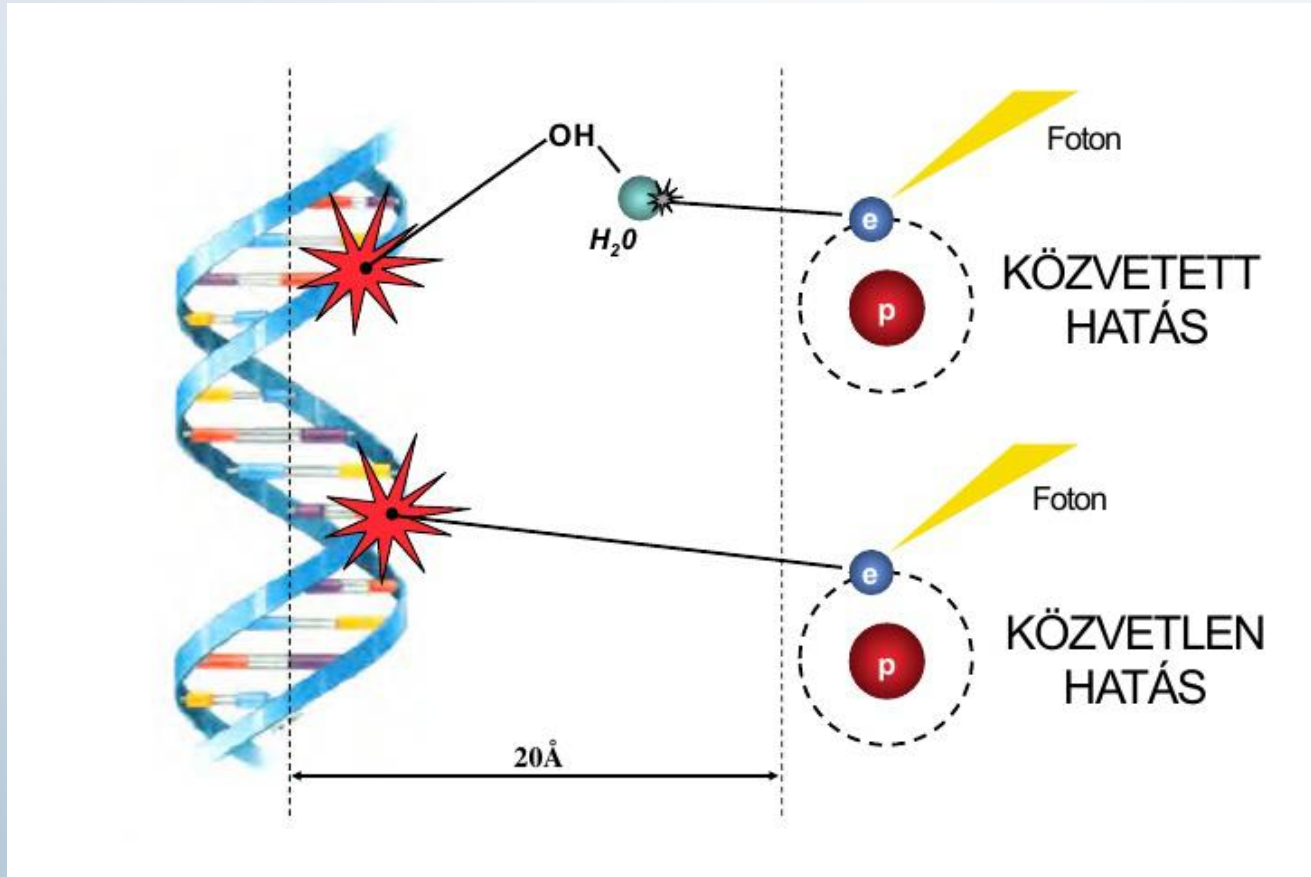


**Rendkívül reakcióképes szabadgyökök
keletkezése**

A sejt kritikus pontjai



DNS sérülés



DNS sérülések hatása

1. Nem okoz problémát („repair“)
2. Problémát okoz
 - a) Hibás javítás
 - b) Nem javítható (mutáció, rosszindulatú sejtté alakulás, stb.)

DNS változásai:

Lánc szakadás

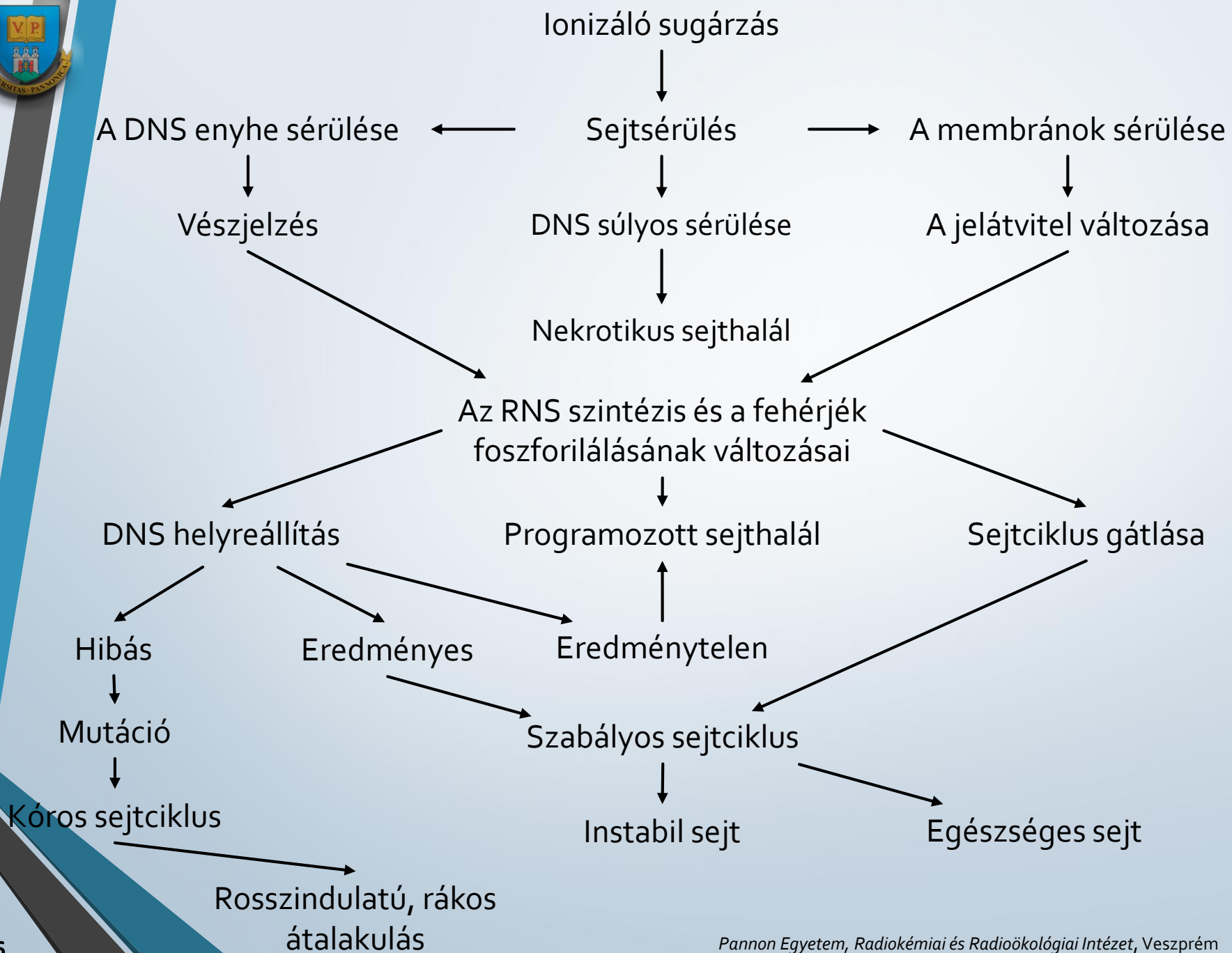
Kettős lánc szakadás

Fiziológiás szerkezet denaturációja

Kettős kötések keletkezése

Membrán sérülés

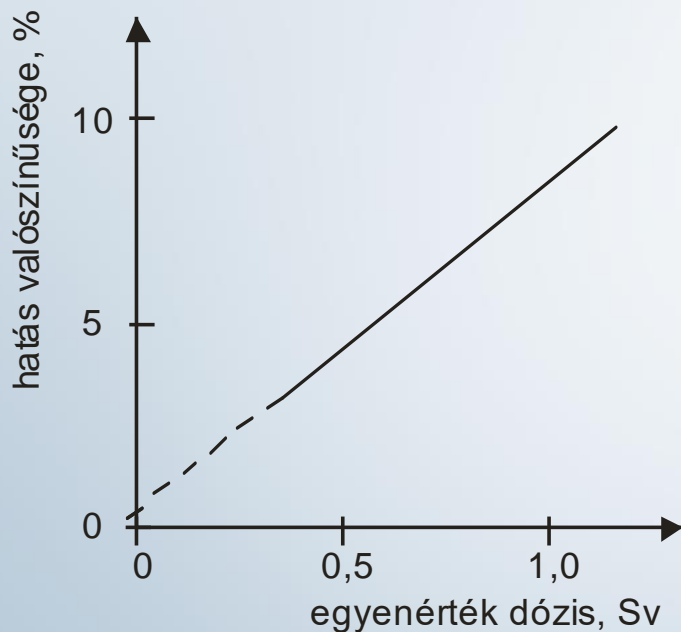
- Membrán: fehérjék + lipidek („zsírszerű” anyagok)
- Többszörösen telítetlen zsírsavak – nagy sugárérzékenység – szabad gyökkel könnyen oxidálódnak – feldarabolódás
- Szerkezetváltozás – funkcióváltozás (átjárhatóság, szabályozó folyamatok, jelátadási mechanizmusok, stb.)



Dózis-hatás modellek

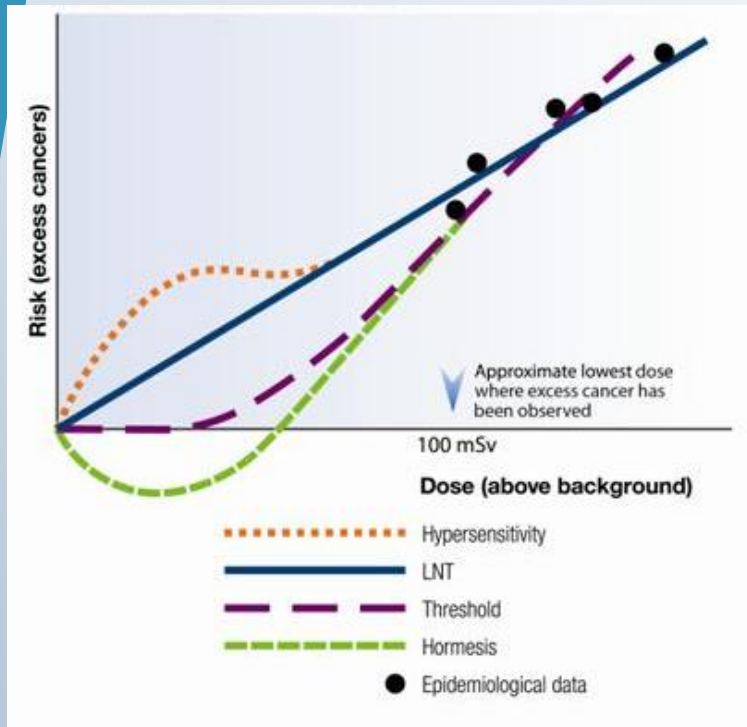
1. Lineáris, küszöb nélküli (LNT), egy sejt elváltozásaiból kiinduló (sztochasztikus hatásokra)
2. Több sejt sérüléseiből kiinduló szöveti károsodás, küszöbdózis felett (determinisztikus hatásokra)

Sztochasztikus hatás



- Később jelentkező hatás
- Növekvő dózis – növekvő valószínűség (lineáris)
- Rosszindulatú daganatok, örökletes károsodások
- Kis dózisoknál nincs egyértelmű bizonyíték

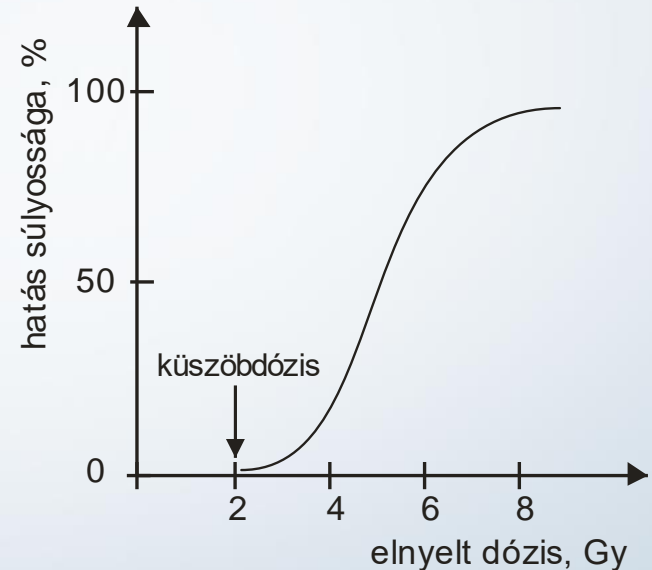
A „kis dózis” dilemma



- Mi a kis dózis?
 - 200 mSv effektív dózis – bizonytalan statisztikák
 - 6 mGy/óra dózisteljesítmény
- Többféle összefüggés is feltételezhető (bizonyítékok)

Determinisztikus hatás

- Küszöbdózis
- Rövid idővel a besugárzás után
- Érzékeny szövetek
 - Csontvelő: 1-6 Gy
 - Gyomor-bélrendszer: 6-10 Gy
 - Központi idegrendszer: 10 Gy felett
- Dózis növekedésével nő a tünetek súlyossága





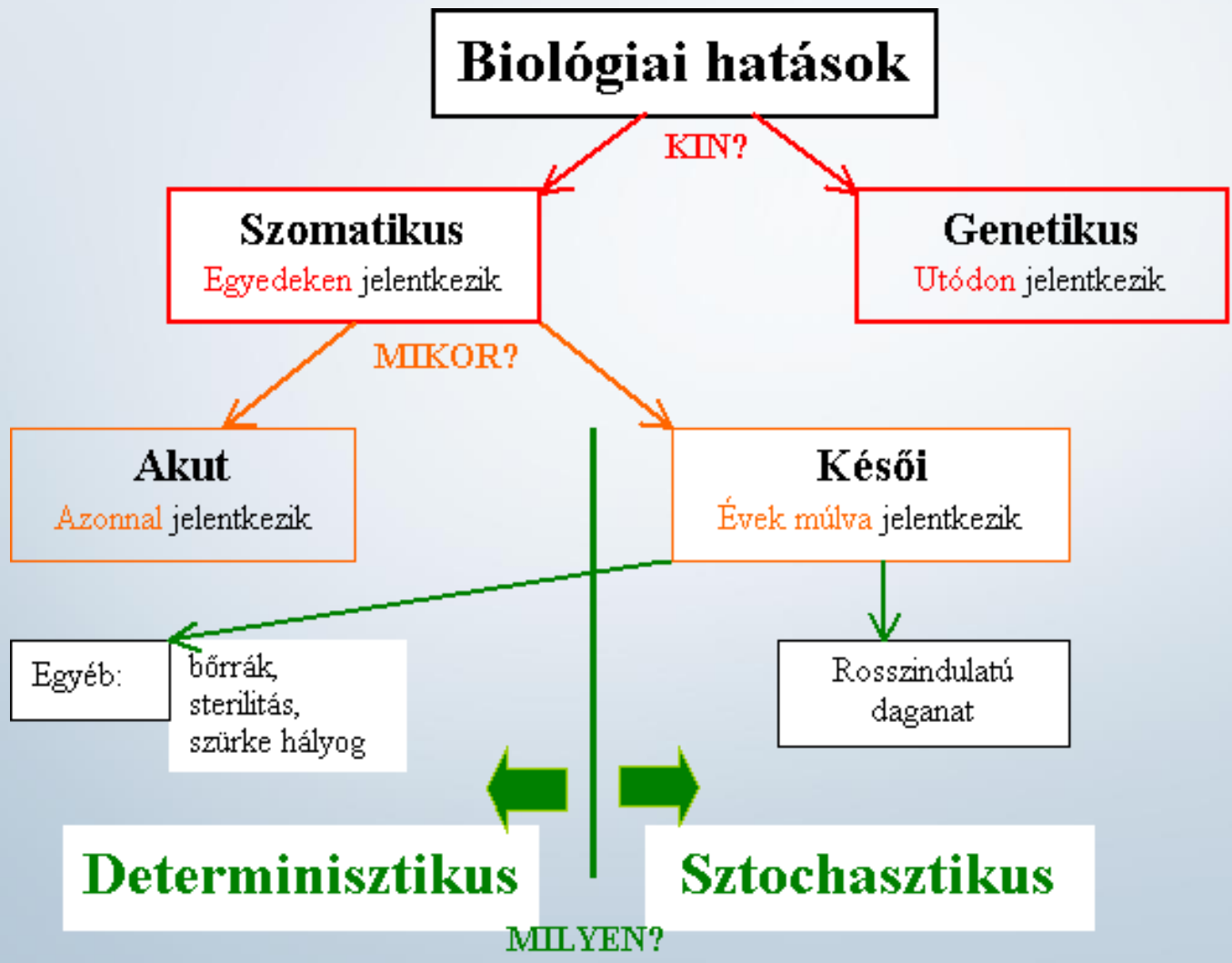
Akut sugárbetegség során kialakuló főbb tünetek megjelenésének idő- és dózisfüggése

Tünetek	Dózis [Gy]				
	1 - 2	2 - 6	<u>6 - 10</u>	<u>10 - 15</u>	<u>50 felett</u>
Hányinger, hányás és valószínűsége	3 óra 1 Gy: 5% 2 Gy: 50%	2 óra 3 Gy: 100%	1 óra 100%	30 perc 100%	<30 perc 100%
Vezető tünet. okozó szervek	vérképző rendszer	vérképző rendszer	gyomor-bélrendszer	gyomor-bélrendszer	központi idegrend.
Szervkárosodásra jellemző főbb tünetek	mérsékelt fehérvérsejtszámcsökkenés	súlyos f.v.s. csökkenés, bevérzések, fertőzés	hasmenés, láz, elektrolit-egyensúlyzavar	hasmenés, láz elektrolit-egyensúlyzavar	görcsök, remegés, elesettség
Sugárbetegség súlyossága	könnyű	Közepes (2-4 Gy), súlyos (4-6 Gy)	<u>rendkívül súlyos, halálos</u>	<u>rendkívül súlyos, halálos</u>	<u>rendkívül súlyos, halálos</u>

Sugárbetegség lefolyása

- kezdeti vagy prodromális állapot
 - 1-2 nap
 - Általános tünetek (hányinger, fáradtság, stb.)
- latencia időszaka
 - Dózistól függ a hossza
- fő vagy kritikus betegség szakasza
 - Dózistól függ a fő probléma
- lábadozás szakasza
 - Hosszú ideig

Ionizáló sugárzások biológiai hatásai





Sugárhatást módosító tényezők

Fizikai jellegű: sugárzás LET értéke, dózisteljesítménye, besugárzás jellege

Kémiai jellegű: Sugárvédő (endogén és exogén antioxidáns) és sugárérzékenyítő vegyületek

Biológiai jellegű: osztódó vagy nem osztódó sejt, sejtcikluson belüli fázisok
Új felfedezések: gén instabilitás, szomszédsági hatás, alkalmazkodási válasz



Vinaka Suksama Maake Asante Dhanyavadagalu Chi
 Dankon Diolch i Chi Grazie
 Manana Dankon Diolch i Chi Grazie
 Kiitos شۇكرىا Shukria Biyan
 Dank Je Dankscheen Спасибо kőszönöm
 Najis Tuke Dziekuje Arigato Chokrane Khap Taiku
 നന്മി Juspaxar Arigato Chokrane Khap Taiku
 Mauruuru 谢谢 Merci You Tack Kop Khun Khap Taiku
 감사합니다 Bedankt Dakujem 谢谢 Merci You Tack Kop Khun Khap Taiku
 Dėkuji Bedankt Dakujem 谢谢 Merci You Tack Kop Khun Khap Taiku
 Ua Tsaug Rau Koj Rahmat 谢谢 Merci You Tack Kop Khun Khap Taiku
 Di Ou Mési Go Raibh Maith Agat Tingki Eskerrik Asko
 Hvala 谢谢 Merci You Tack Kop Khun Khap Taiku
 Nirringrazzjak Di Ou Mési Go Raibh Maith Agat Tingki Eskerrik Asko
 xвала 谢谢 Merci You Tack Kop Khun Khap Taiku
 Terima Kasih