



eBook for Undergraduate Education in Radiology

| A sugárbiológia és a sugárvédelem alapjai



Előszó

A radiológia alapképzését Európában a nemzeti rendszerek szerint biztosítják, és akadémiai intézményenként jelentősen eltérhet. Néha a radiológia területét "átfogó tudományágnak" tekintik, vagy más klinikai tudományágak, például a belgyógyászat vagy a sebészet összefüggésében tanítják.

Ez az e-könyv azzal a céllal jött létre, hogy Európa-szerte segítse az orvostanhallgatókat és az egyetemi tanárokat a radiológia egészének koherens tudományággént való megértésében és oktatásában. Tartalma az ESR alapfokú Európai Radiológiai Képzési Tantervének alapul, és összefoglalja az alapvető elemeket, amelyeket minden orvostanhallgatónak ismernie kell. Bár a képértelmezéshez szükséges specifikus radiológiai diagnosztikai készségeket nem minden hallgató sajátíthatja el, és inkább az ESR képzési tantervek posztgraduális szintjeinek céljai közé tartozik, ez az e-könyv további betekintést is tartalmaz a modern képalkotással kapcsolatban. Ennek a célja, hogy az érdeklődő egyetemi hallgató megértse a modern radiológiát, tükrözve annak multidiszciplináris jellegét, mint szervalapú specialitást.

Szeretnénk külön köszönetet mondani az ESR Oktatási Bizottsága szerzőinek és tagjainak, akik hozzájárultak ehhez az e-könyvhöz, Carlo Catalanónak, Andrea Laghinak és Palkó Andrásnak, akik kezdeményezték ezt a projektet, valamint az ESR Hivatalnak, különösen Bettina Leimbergernek és Danijel Lepirnek a projekt megvalósításában nyújtott támogatásukért.

Reméljük, hogy ez az e-könyv hasznos eszközként szolgálhat az egyetemi radiológiai egyetemi oktatásban.

Minerva Becker
ESR Education Committee Chair

Vicky Goh
ESR Undergraduate Education Subcommittee Chair

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Szerzői jog és felhasználói feltételek

Ez a mű a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 nemzetközi Licenc alatt készült.

Önnek lehetőségében áll:

Megosztás – másolja és terjessze az anyagot bármilyen médiumban vagy formátumban

A következő feltételekkel:

- Forrásmegjelölés – Meg kell adnia a megfelelő forrásmegjelölést, meg kell adnia a licencre mutató hivatkozást, és jeleznie kell, hogy történtek-e módosítások. Ezt bármilyen ésszerű módon megteheti, de nem olyan módon, amely azt sugallja, hogy a licenciadó támogatja Önt, vagy a módosított formátumot.
- Kereskedelem– Az anyagot nem használhatja kereskedelmi célokra.
- Átalakítás – Ha újramegírja, átlakítja vagy épít az anyagra, nem terjesztheted a módosított anyagot.

Hogyan kell idézni ezt a munkát: European Society of Radiology, Marta Sans-Merce, Mélanie Patonnier, eBook for Undergraduate Education in Radiology: Principles of Radiation Biology and Radiation Protection. DOI 10.26044/esr-undergraduate-ebook-28

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Linkek



Fontos tudás



További információk



Figyelem



Összehasonlítás



Kérdések



Hivatkozások

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



eBook for Undergraduate Education in Radiology

A sugárbiológia és a sugárvédelem alapjai

Szerzők

Marta Sans Merce¹

Marta.sansmerce@hug.ch



Mélanie Patonnier¹

Melanie.patonnier@hug.ch

¹ Geneva University Hospitals, Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG), Geneva, Switzerland

Fordította

Séra Teréz Emese

sera.terez@szte.hu



Szegedi Tudományegyetem Radiológiai Klinika

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



eBook for Undergraduate Education in Radiology

A sugárbiológia és a sugárvédelem alapjai

Kreditek

Az ebben az e-könyv-fejezetben közreadott ábrák többsége, valamint a szöveg egy része a Geneva University Hospitals (Hôpitaux Universitaires de Genève, HUG, Geneva, Switzerland), a Lausanne University Hospital (Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, CHUV, Lausanne, Switzerland) és az University Hospital Zurich (Universitätsspital Zürich, USZ, Zürich, Switzerland) sugárvédelmi és orvosi fizikus munkacsoportjai által létrehozott e-tanulási modulon alapul.

A fent említett e-tanulási modul illusztrációit Rosaria Marraffino (Rosaria Marraffino, Learning and Communication for e-learning) készítette. Ezen e-könyv-fejezet illusztrációi mindhárom egyetem és Mrs Rosaria Marraffino engedélyével lettek átvéve.

<https://www.hug.ch/>

<https://www.chuv.ch/fr/chuv-home>

<https://www.usz.ch/>

contact@rosariamarraffino.com



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



A fejezet áttekintése

- **Ionizáló sugárzások**
 - Az anyag alkotórészei
 - Elektromágneses hullámok (EMH)
 - Az ionizáció folyamata
 - Az ionizáló sugárzások fajtái
- **Dózis számítás**
 - Elyelt dózis (D)
 - Egyenértékdózis (H)
 - Effektív dózis (E)
 - Elyelt dózis, egyenértékdózis és effektív dózis
- **Az emberi testre gyakorolt hatások**
 - Az ionizáló sugárzások kölcsönhatásai a sejtekkel
 - A sugárterhelés hatásai
 - A sugárhatások jellemzői
 - Sztochasztikus hatások
 - A lineáris küszöbnélküli modell
 - Az élethosszra számított kockázat
 - Determinisztikus hatások
 - Méhen belüli sugárterhelés
- **A besugárzás forrásai és nagyságrendjük**
 - A sugárterhelés forrásai
 - Az emberiség orvosi sugárterhelése
 - Példák felnőttek különböző képalkotási eljárások során elszenvedett effektív dózisaira
 - Nagyságrendek
- **Sugárvédelmi alapelvek**
 - Tudományos háttér, tanok, szabványok, és jogszabályok
 - Indoklás
 - Az indoklás három szintje
 - Optimálás
 - Foglalkozási
 - Páciens
 - Korlátozás
 - Foglalkozási sugárterhelésnek kitett dolgozók
- **Összefoglalás**
- **Referenciák**
- **Teszteld a tudásod!**

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

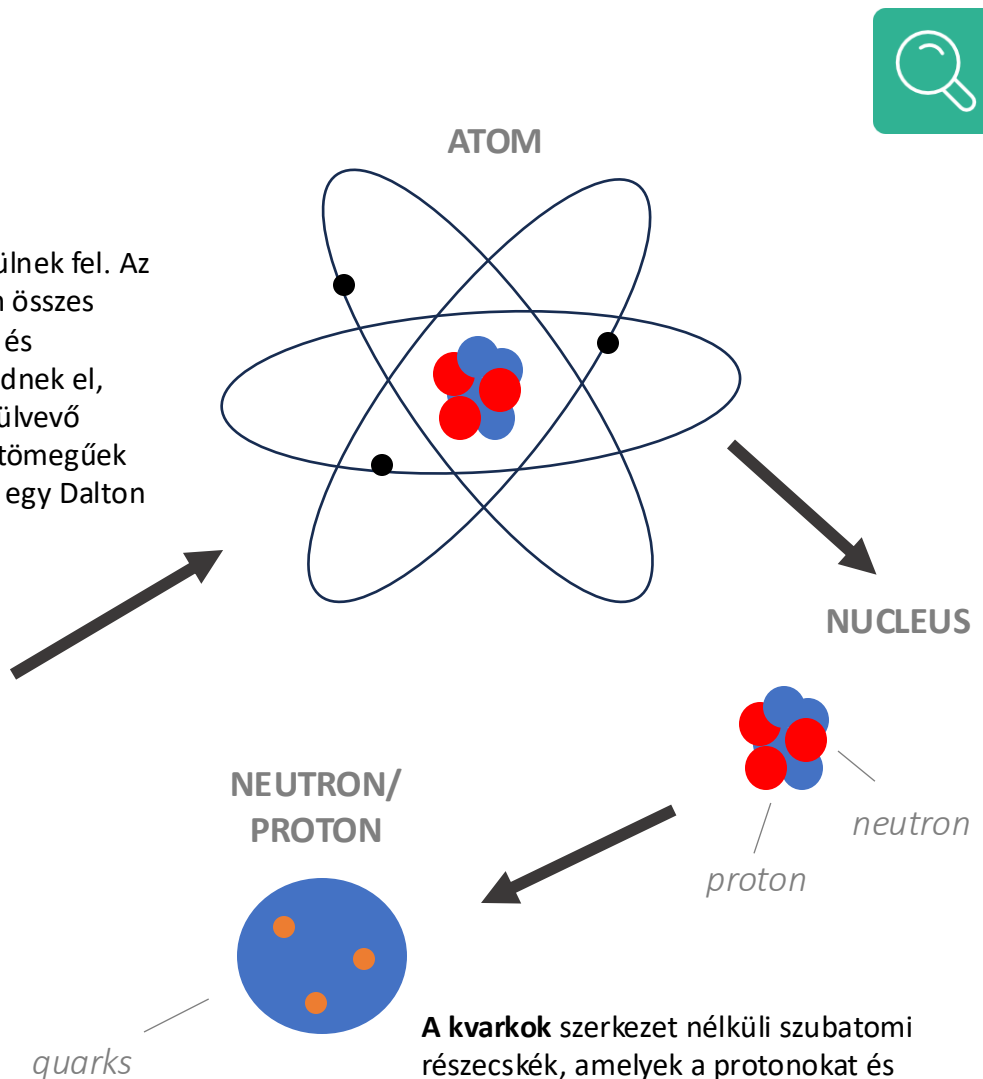
Teszteld a tudásod!



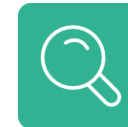
IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK

Az anyag alkotórészei

Az **anyag** molekulákból áll, amelyek szilárd, folyékony vagy gáz halmazállapotú anyagokat képeznek. A molekulák atomokból épülnek fel. Az **atomok** az anyag legkisebb egységei, amelyek megőrzik egy elem összes kémiai tulajdonságát. Az atomok **protonokból** (pozitív töltés, +1) és **neutronokból** (töltésmentes) állnak, amelyek a magban helyezkednek el, valamint **elektronokból** (negatív töltés, -1), amelyek a magot körülvevő pályákon találhatóak. A protonok és neutronok körülbelül azonos tömegűek ($1,67 \times 10^{-24}$ gramm), amelyet egy atomtömeg egység (amu) vagy egy Dalton néven definiálnak. Az atomok elektromosan semlegesek.



A kvarkok szerkezet nélküli szubatomi részecskék, amelyek a protonokat és neutronokat alkotják. Minden protonnak és minden neutronnak 3 kvarkja van.



Ionizáló sugárzások

►
Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK

Elektromágneses hullámok (EMH)

Az **elektromágneses hullámok (EMH-k)** az energiának egy olyan formáját jelentik, amely a térben fénysebességgel terjed. Ezek az **elektromos és mágneses térnek** olyan **rezgéseiből** állnak, amelyek mind egymásra, mind pedig a hullámterjedés irányára merőlegesek. Az EMH-k egy **széles tartományt** fednek le, ebbe bele tartoznak a rádióhullámok, a mikrohullámok, az infravörös sugárzás, a látható fény, az ultrabolya sugárzás, a röntgensugárzás és a gamma-sugárzás. A röntgensugárzás röntgensőben keletkező EMH.

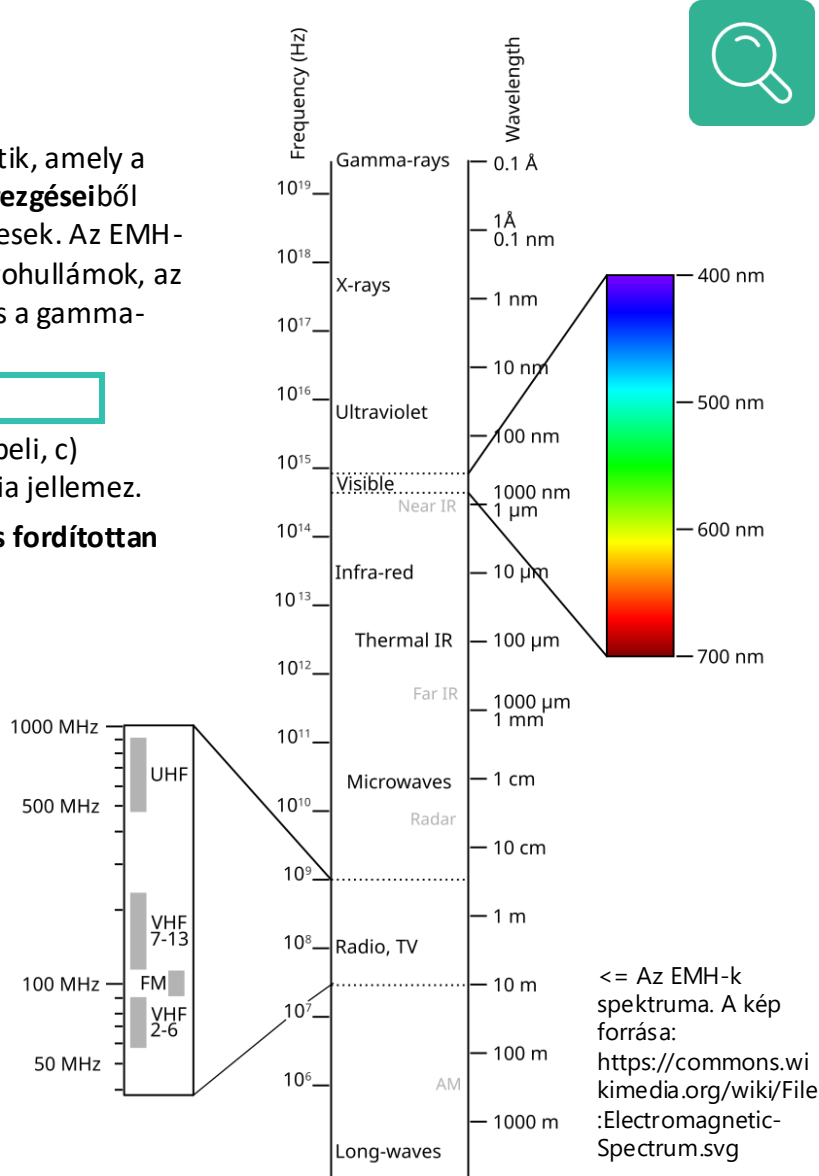
⇒ Lásd az eBook hagyományos röntgen képalkotásról szóló fejezetét.

Az EMH-k közös jellemzői a légüres térben való terjedés képessége, a (vákuumbeli, c) fénysebesség, valamint a hullámtermészet, amelyet a hullámhossz és a frekvencia jellemez.

Az elektromágneses hullámok energiája egyenesen arányos a frekvenciával és fordítottan arányos a hullámhosszal.

$$\text{Hullámhossz} = \frac{\text{vákuumbeli fénysebesség (c = 300 000 km/s)}}{\text{frekvencia}}$$

- **Sugárzás = mozgásban lévő energia.**
- **A** (fénysebességgel terjedő) **elektromágneses sugárzást** vagy elektromágneses „sugarakat” meg kell különböztetni az **anyagi részecskesugárzásoktól** vagy „anyagsugaraktól” (amelyek a fénysebességnél lassabban haladnak).
- A részecskesugárzásokhoz tartoznak az elektronok, a protonok, az alfarészecskék és a neutronok.



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

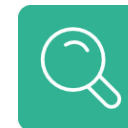
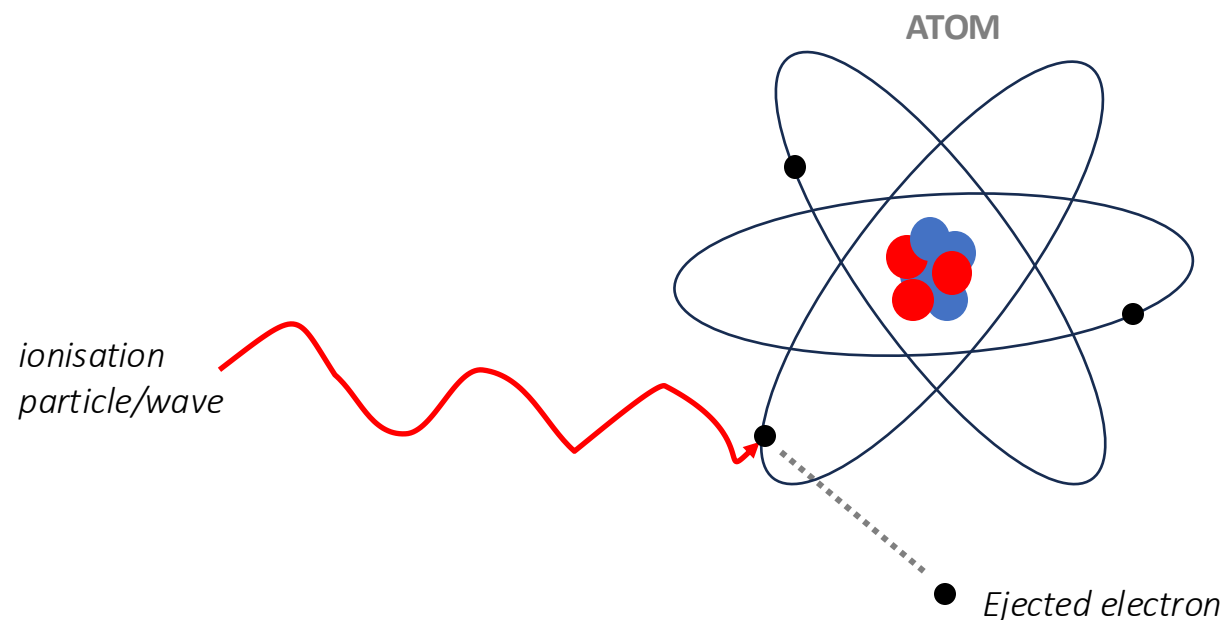
Referenciák

Teszteld a tudásod!

IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK

Az ionizáció folyamata

- Az **ionizáció** az a folyamat, amely során az elektromosan semleges atomok elektromosan töltött atomokká vagy molekulákká (= **ionokká**) alakulnak át elektronok elvesztésével vagy hozzáadásával.
- A sugárzás, például a röntgensugarak, vagy részecskék képesek elektronokat eltávolítani az atomokból.
- A folyamat során a sugárzás elveszíti az energiáját, amelyet átad az anyagnak. Az elektronok által elnyelt energia határozza meg a **sugárzás dózisé**t. => lásd a következő oldalakat



Ionizáló sugárzások



Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK

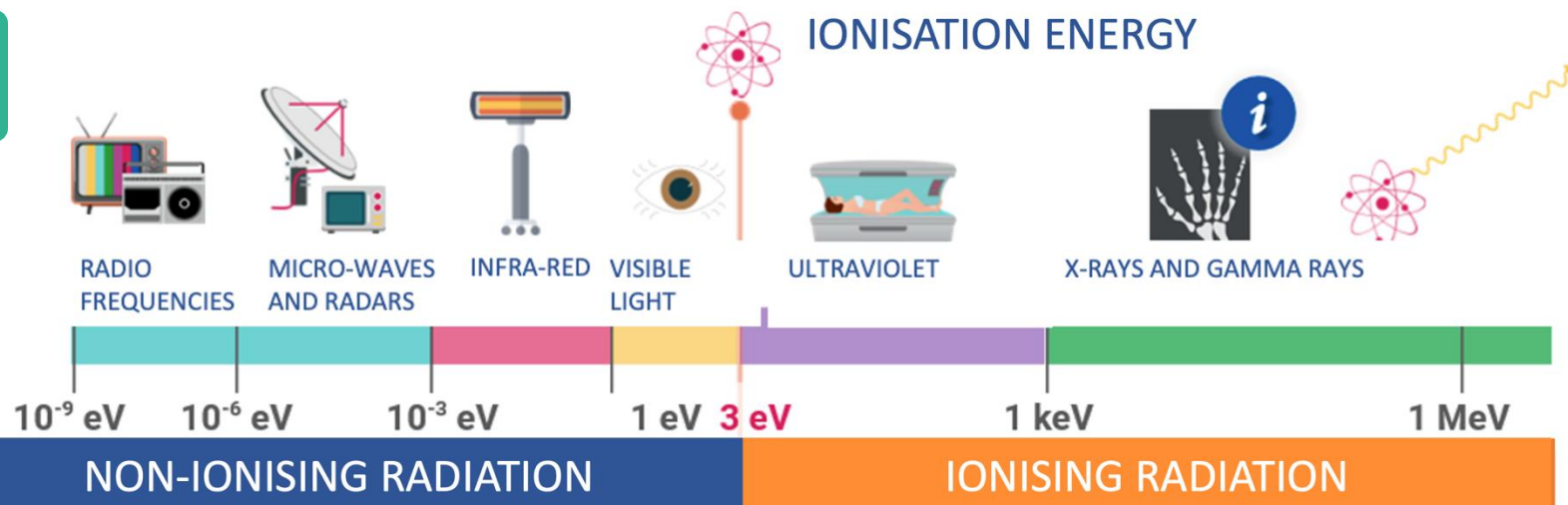
Az ionizáló sugárzások fajtái

Az elektromágneses hullámok között egy alapvető eltérés, hogy **képesek-e atomokat vagy molekulákat ionizálni**. Ez a képességük **a hullámok energiájától függ**, amely a frekvenciával növekszik.

A **nagyobb frekvenciával rendelkező** EMH-k, úgymint az ultraibolya fény, a röntgensugárzás és a gamma-sugárzás az atomok ionizálásához elegendő energiával rendelkeznek, ezeket **ionizáló sugárzások**nak nevezik.

Ezzel ellentétben a kisebb frekvenciával rendelkező hullámok, úgymint a rádióhullámok, a mikrohullámok, az infravörös, illetve a látható fény, nem rendelkeznek az atomok ionizálásához elegendő energiával, ezeket nem-ionizáló sugárzásoknak tekintik.

Elektromágneses hullámok (EMH) => csak spektrumuk egy része képes ionizálni!



Ionizáló sugárzások



Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK

Az ionizáló sugárzások fajtái

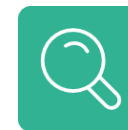
Alfa-sugárzás => egyes radionuklidok, pl. uránium-238, rádium-226, polónium-210, radioaktív bomlása (alfa-bomlás) során keletkezik, amelyek **alfa-részecskét** (= 2 proton + 2 neutron, azaz egy ionizált héliumatom) bocsátanak ki. Az alfa-részecskék nehezek és lassúak, erősen ionizálnak (a kétszeres pozitív töltésük miatt) és nem képesek nagyobb távolságokra eljutni (levegőben csupán néhány cm-re). Nem tudnak áthatolni a külső bőrrétegeken, viszont jelentős sejtkárosodást okozhatnak, ha a táplálékkal vagy a belélegzett levegővel a szervezetbe jutnak.

Béta-sugárzás => radioaktív bomlás során keletkezik, amikor az atommag béta-részecskét bocsát ki. A **béta-részecskék** (= nagy energiájú, nagy sebességű elektronok vagy pozitronok) kevésbé ionizálnak és nagyobb távolságokra (levegőben néhány m) tudnak eljutni, mint az alfa-részecskék. Át tudnak hatolni a bőrön, néhány cm mélységbe.

Gamma-sugárzás => egy instabil atommagból kibocsátott **nagyenergiájú foton** (tömeg nélküli, EMH). A fotonok sokkal nagyobb távolságokra képesek eljutni, mint az alfa- és a béta-részecskék.

Röntgensugárzás => az elektronok energiaváltozása hozza létre. A röntgensövekben is röntgensugárzás (EMH) jön létre. A röntgensugárzás többnyire kisebb energiájú, mint a gamma-sugárzás.

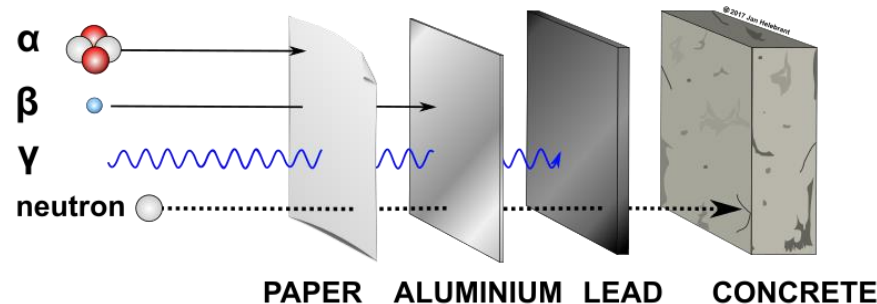
Neutronsugárzás => neutronokban gazdag és protonokban szegény atommagok hasadása során szabad neutronok keletkeznek. A neutronok a levegőben több ezer m-t is megtehetnek. Közvetlenül nem ionizálják az atomokat, de egy stabil atomban elnyelődve, azt instabillá tehetik. Az instabil atom ionizáló sugárzást bocsáthat ki (**közvetett ionizáció**).



Ionizációra képes részecskék:



Penetrating power of different types of radiation



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Penetrating_power_of_different_types_of_radiation_-_alpha,_beta,_gamma_and_neutrons.svg

Ionizáló sugárzások

►
Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

DÓZIS SZÁMÍTÁS

Elnyelt dózis (D)

- **Az elnyelt dózis (D)** az egységnyi tömegű anyagban elnyelt sugárzási energia.
- Az elnyelt dózis mérhető mennyiség.
- Az elnyelt dózist minden típusú ionizáló sugárzás esetében mérni lehet.
- Az elnyelt dózis mértékegysége a Gray [Gy], 1 Gy = 1 J/kg.
- Az elnyelt dózis azt az energiát jelenti, amely a test bármely részén elhelyezkedő szöveti térfogatban nyelődik el. Alkalmas a szövetekben bekövetkező **biokémiai változások** jellemzésére.

MÉRHETŐ MENNYISÉG



$$D = \frac{\text{Energy} \quad [J]}{\text{Mass} \quad [kg]}$$



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás



Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

DÓZIS SZÁMÍTÁS

Egyenértékdózis (H)

- Nem minden típusú sugárzás okoz azonos biológiai sérülést.
- A sugárzási súlytényező (W_R) a sugárzás típusának biológiai károkozásban való relatív hatékonyságát tükrözi.
- Az elnyelt dózis és a sugárzási súlytényező (W_R) szorzataként kapott mennyiséget **egyenértékdózisnak (H)** nevezzük.
- Az egyenértékdózis mértékegysége a Sievert [Sv], $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$.
- Az H figyelembe veszi a **különböző típusú sugárzások szövetkárosító tulajdonságait**.

$$H = D * W_R \frac{[J]}{[kg]}$$

Sugárzás típusa	Sugárzási súlytényező (W_R)
Röntgensugárzás, gamma-sugárzás, béta-részecskék	1
Protonok	2
Neutronok*	2.5 - 20
Alfa-részecskék és többszörösen töltött részecskék	20

*A neutronok W_R értéke az energiájuk függvénye



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

DÓZIS SZÁMÍTÁS

Effektív dózis (E)

- A szövetek sugárérzékenysége eltérő.
- A szöveti súlytényező (W_T) azt az arányt tükrözi, amely az adott szövet besugárzása következtében fellépő sztochasztikus hatásokból adódik, összehasonlítva a teljes testre kiterjedő, egyenletes besugárzással.
- A W_T -t egy referencia populáció számára határozták meg, amelyben azonos számú férfi és nő, széles kortartományban szerepel.
- Az effektív dózis (E) minden szerv egyenértékdózisának és azok szöveti súlytényezői szorzataként kapott értékek összege.
- Az effektív dózis mértékegysége a Sievert [Sv].
- Az E figyelembe veszi a különböző szövetek sugárérzékenységét.

$$E = \sum_T [W_T * H]$$

Szerv/Szövet	W_T
Emlő, Csontvelő, Vastagbél, Tüdő, Gyomor, Egyéb szövetek*	0,12
Ivarmirigyek	0,08
Hólyag, Nyelőcső, Máj, Pajzsmirigy	0,04
Csontfelszín, Agy, Nyálmirigyek, Bőr	0,01
Összesen	1

*Az egyéb szövetek közé tartoznak: mellékvesék, felső légutak, epehólyag, szív, vesék, nyirokcsomók, izom, szájnyálkahártya, hasnyálmirigy, prosztata (férfiak), vékonybél, lép, csecsemőmirigy, méh/ méhnyak (nők)



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás



Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

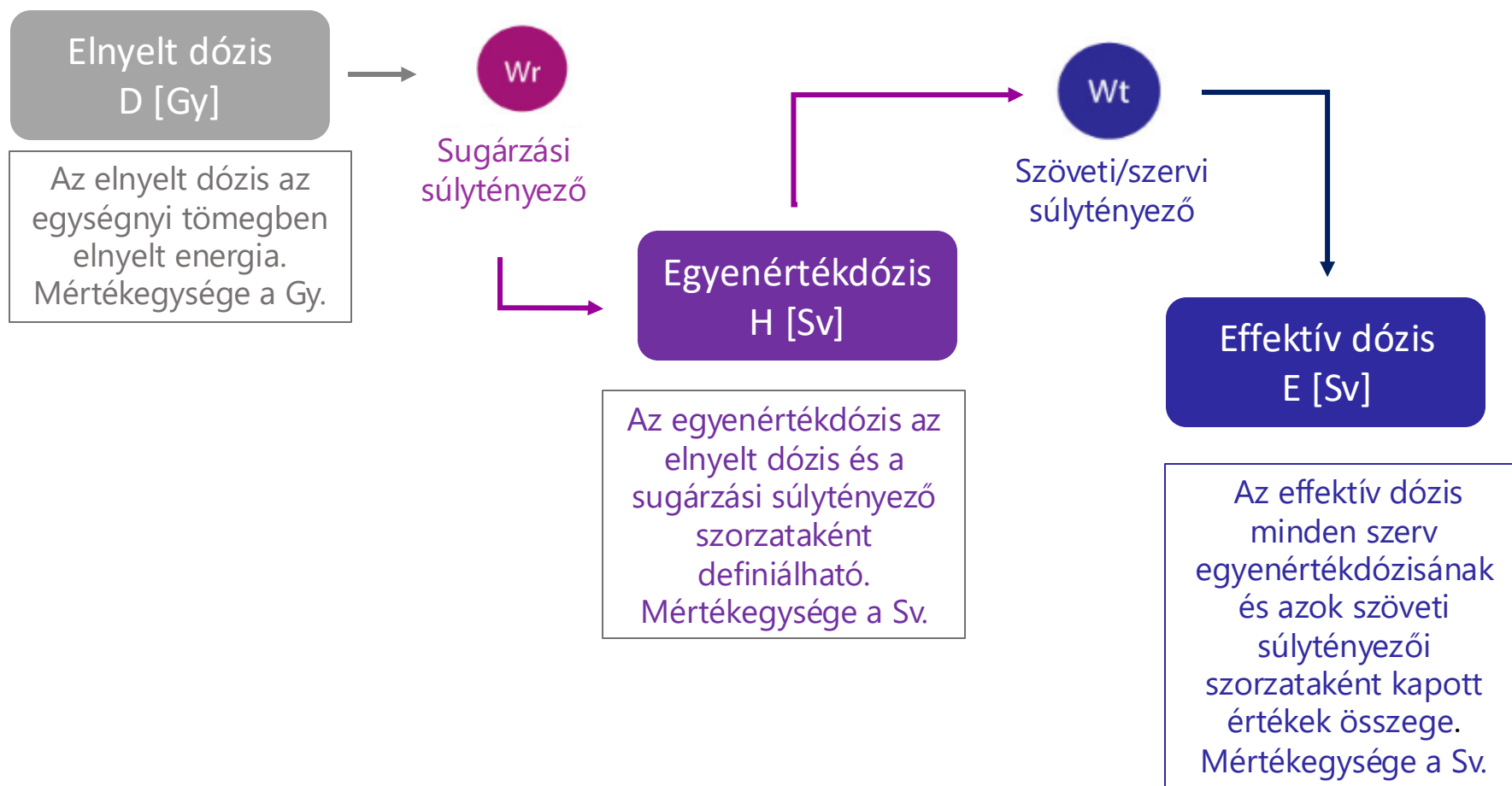
Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

DÓZIS SZÁMÍTÁS

Elnyelt dózis, Egyenértékdózis és Effektív dózis



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

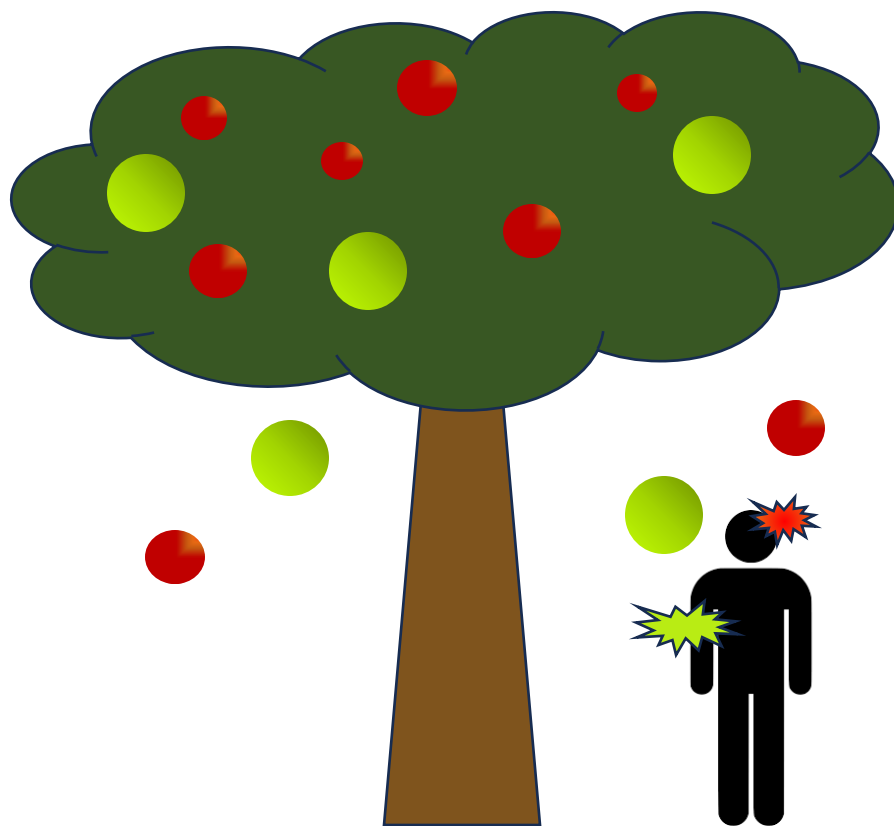
Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

DÓZIS SZÁMÍTÁS

Elnyelt dózis, Egyenértékdózis és Effektív dózis



Analógia egy almafa használatával

Az emberre hulló alma által leadott energia Gray-ben mérhető → **Elnyelt dózis (D)**.

A különböző típusú almák (zöld vagy piros) eltérő hatékonysággal okoznak biológiai károsodást, amit Sievert-ben fejezünk ki. → **Egyenértékdózis (H)**.

A hatások eltérőek attól függően, hogy az alma hol ütközik az emberi testtel. A besugárzott terület sugárérzékenységét figyelembe kell venni, amit Sievertben fejezünk ki → **Effektív dózis (E)**.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

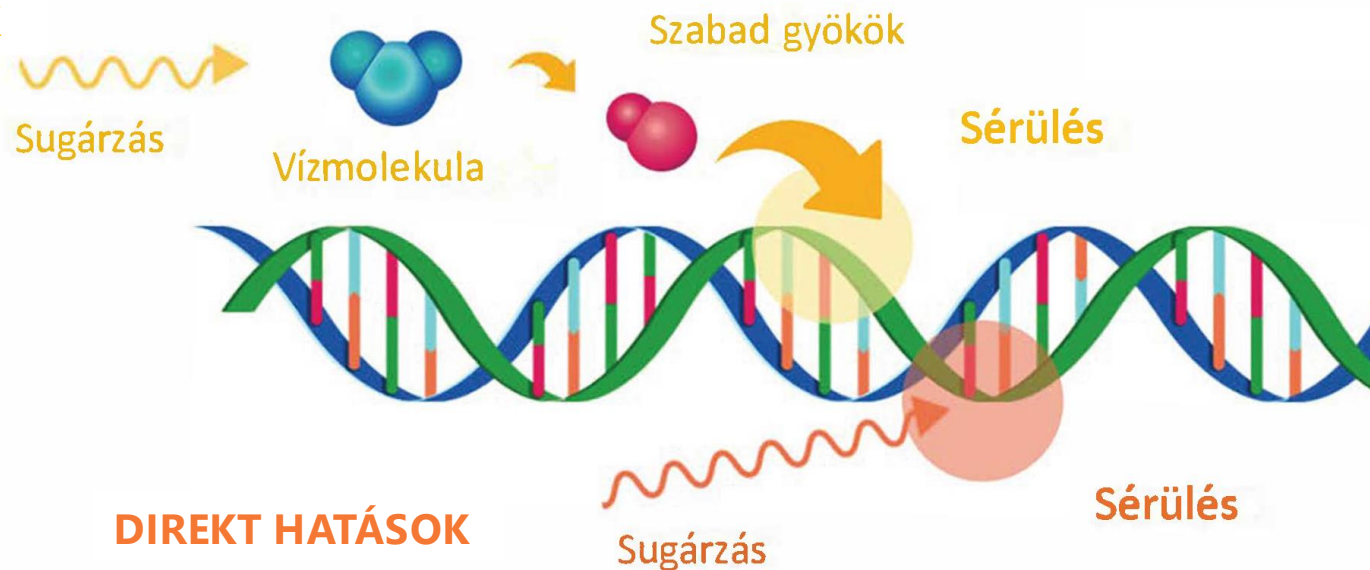
AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

Az ionizáló sugárzás kölcsönhatásai a sejtekkel



INDIREKT HATÁSOK

A vízmolekulák ionizációja és szabadgyökök keletkezése, amelyek káros kémiai reakciókat idézhetnek elő a sejtekben.



DIREKT HATÁSOK

A DNS-molekulában lévő atomok ionizációja következtében keletkezett ionok károsíthatják a DNS-t.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

A sugárterhelés hatásai



A DNS-károsodás az alábbi hatások egyikéhez vezethet:

SEJT SZINTEN

ÉLŐ SZERVEZET SZINTEN

Ionizáló sugárzás



Egészséges sejt



Javított sejt



Mutált sejt



Elhalt sejt



Visszanyeri eredeti funkcióját



Túlél és nem eliminálja az immunrendszert



Eliminálja az immunrendszert



Nincs hatás



Sztokasztikus hatás, azaz rák keltés => lásd a következő oldalakat



Determinisztikus hatás, visszafordítható, vagy nem => lásd a következő oldalakat

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

A sugárterhelés hatásai



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

Forrás:



Centers for Disease Control and Prevention
CDC 24/7: Saving Lives, Protecting People™

AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

A sugárterhelés hatásai



A sejt sugárérzékenysége magasabb, amikor:

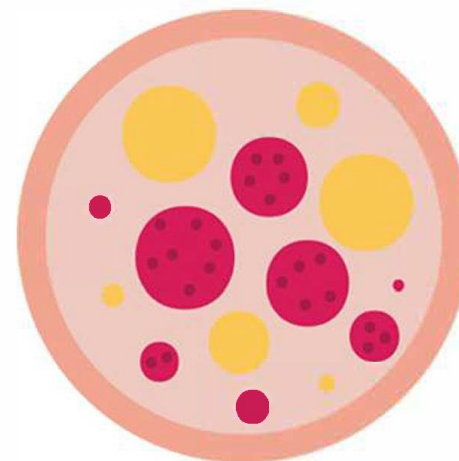
Fiatal

Alacsony differenciáltság

Gyors növekedési ütem

Ezért a gyermekek érzékenyebbek a sugárzásra, mint a felnőttek.

Fokozottan sugárérzékeny szövet.



Bergonie és Tribondeau törvénye kimondja, hogy egy biológiai szövet sugárérzékenysége egyenesen arányos a mitotikus aktivitásával és fordítottan arányos a sejtjeinek differenciálódási fokával. Más szavakkal, a sejtek magas proliferációs aránya és a szövetek magas növekedési üteme fokozott sugárérzékenységet eredményez.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák






Teszteld a tudásod!

AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

A sugárhatások jellemzői

A sugárzásnak a biológiai rendszerekre gyakorolt hatása a sugárzás típusától, dózisától, a besugárzás időtartamától és az érintett rendszertől függően változik.

A sugárzás hatásai csoportosíthatók **sztochasztikus (véletlenszerű)** illetve **determinisztikus, akut illetve krónikus, közvetlen illetve közvetett, rendszerszintű illetve lokális hatásokra.**

	DETERMINISZTIKUS	SZTOCHASZTIKUS
 DÓZIS SZINT	« Nagy » dózisok	Már alacsony dózisoknál jelentkezik
 KÜSZÖBDÓZIS	Van bizonyított küszöbdózis (Átlagértéke: 0,5 Gy)	Nincs bizonyított küszöbdózis
 HATÁSMECHANIZMUSOK	Sejtpusztulás: szövet/szerv funkcióvesztése	Sejtszintű elváltozás: rákkeltés és egyéb szomatikus elváltozások
 LATENCIA IDŐ	Rövid	Latencia idő több év
 DÓZISFÜGGÉS	Súlyosság	Rákos elváltozás következtében az elhalálozás valószínűsége \nearrow 5% / Sv



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

A sugárhatások jellemzői



Akut, illetve krónikus hatások

- Az akut hatások a rövid idő alatti nagy sugárdózis következményei, és gyakran azonnali tünetekben mutatkoznak meg. Ezek közé tartozik a bőrgégés, az akut sugárbetegség (acute radiation syndrome, ARS) és a szövetek károsodása.
- A krónikus hatások a hosszantartó alacsonyszintű sugárterhelés következményei, amelyek gyakran csak évekkel a besugárzás után jelentkeznek. Ezek közé tartozik a rák, a szív-érrendszeri megbetegedés, illetve a szürkehályog.

Közvetlen, illetve közvetett hatások => lásd a 18. oldalon

- Közvetlen hatások => a sugárzás közvetlenül ionizálja a DNS atomjait, ami mutációkhoz, illetve sejthalálhoz vezet.
- Közvetett hatások => a sugárzás a testen belüli vízmolekulákat ionizálja, ezáltal szabad gyökök keletkeznek, amelyek károsíthatják a DNS-t és más sejtstruktúrákat.

Rendszerszintű, illetve lokális hatások

- Rendszerszintű hatások akkor lépnek fel, ha a sugárzás az egész testre hat, ilyen például a sugárbetegség.
- Lokális (helyi) hatások akkor lépnek fel, ha a testnek csak egy meghatározott része van kitéve sugárterhelésnek, ilyen például a helyi szövetkárosodás vagy a bőrgégés.

Kumulatív hatások

- Az ismétlődő besugárzások növelik a hatások kockázatát és súlyosságát. A szervezetnek van egy bizonyos helyreállítási (repair) képessége a sugárzás okozta károsodások kijavítására, de az ismétlődő besugárzások hatása elnyomhatja azt.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

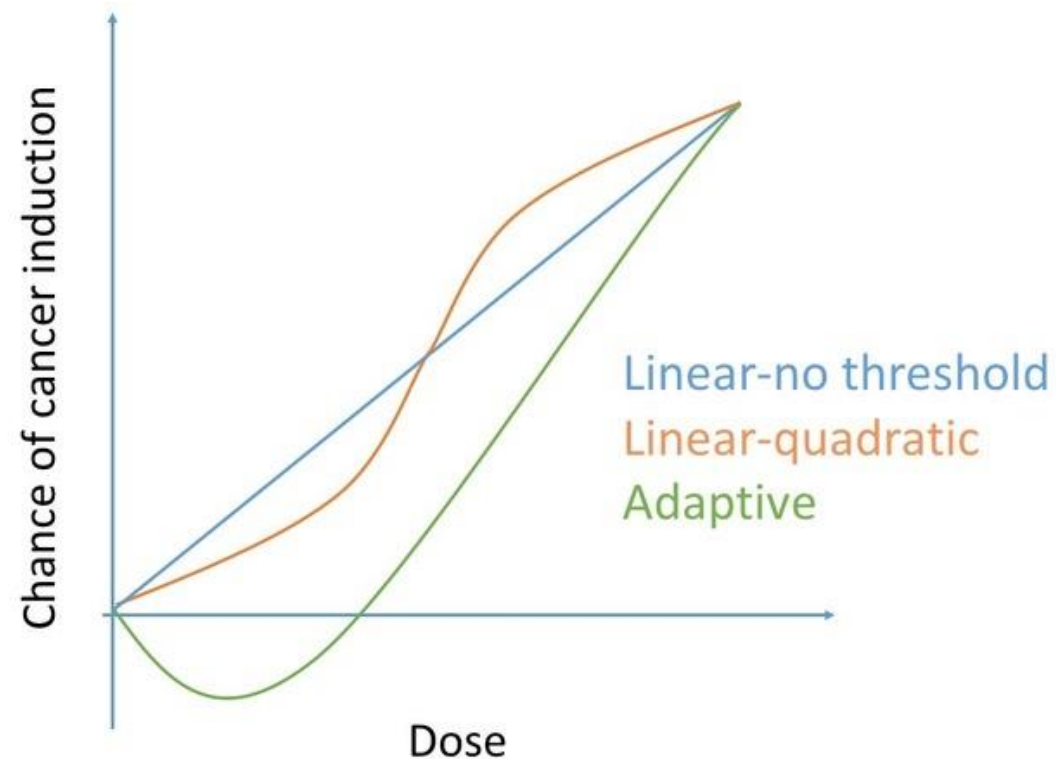


AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

Sztochasztikus hatások – A lineáris küszöb nélküli modell



- Különböző modellek léteznek a sugárvédelemben, amelyek az ionizáló sugárzás **stochasztikus hatásainak** becslésére szolgálnak.
- A legelfogadottabb modell a **Lineáris küszöb nélküli (LNT)** modell.
- Az LNT-t a szabályozó hatóságok használják az egészségügyi előírások kidolgozásához.



A sugárvédekemben használt különböző modellek a sugárzás sztochasztikus hatásainak becslésére.

Forrás: <https://radiopaedia.org/articles/5099>

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

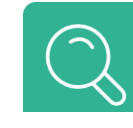
Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK



Sztochasztikus hatások – Az élethosszra számított kockázat (LAR)

Az élethosszra számított kockázat (**Lifetime Attributable Risk, LAR**) = annak a valószínűsége, hogy valamely veszélyes behatásnak, pl. a besugárzásnak való kitettség következtében az egyénben egy bizonyos betegség, tipikusan a rák, kifejlődik, bármikor az élettartama folyamán. Ez az **alapkockázat feletti kockázat**ot jelenti (alapkockázat = annak a kockázata, hogy bármilyen veszélyes behatásnak való kitettség nélkül az adott betegség az élet folyamán megjelenik).

A sugárzással összefüggő LAR fő jellemzői:

- Kumulatív jellegű, a betegség megjelenésének kockázata az egész élet alatt elszenvedett sugárterheléssel áll összefüggésben.
- Populációra vonatkozik, olyan vizsgálatok alapján, mint az atombomba túlélőinek utánkövetése.
- Függ az életkortól és a nemtől; leggyakrabban a rákra számítják, de más betegségekre is alkalmazható.
- Dózis-hatás összefüggést követ, a kockázat a sugárdózis növekedésével nő.
- Tipikusan valószínűségként fejezik ki.

A LAR a **sugárzás hosszútávú egészségi hatásainak** különböző modellekkel történő kockázatbecslésében döntő jelentőségű; az olyan szabályozó testületek, mint a Környezetvédelmi Ügynökség (Environmental Protection Agency, EPA) és az ICRP (International Commission on Radiation Protection) az általuk készített útmutatókban figyelembe veszik.

Számítási példa: Ha 100000 személy sugárterhelése 500 extra rákos megbetegedést okoz, akkor **a rákra vonatkozó LAR** = 0,5%.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

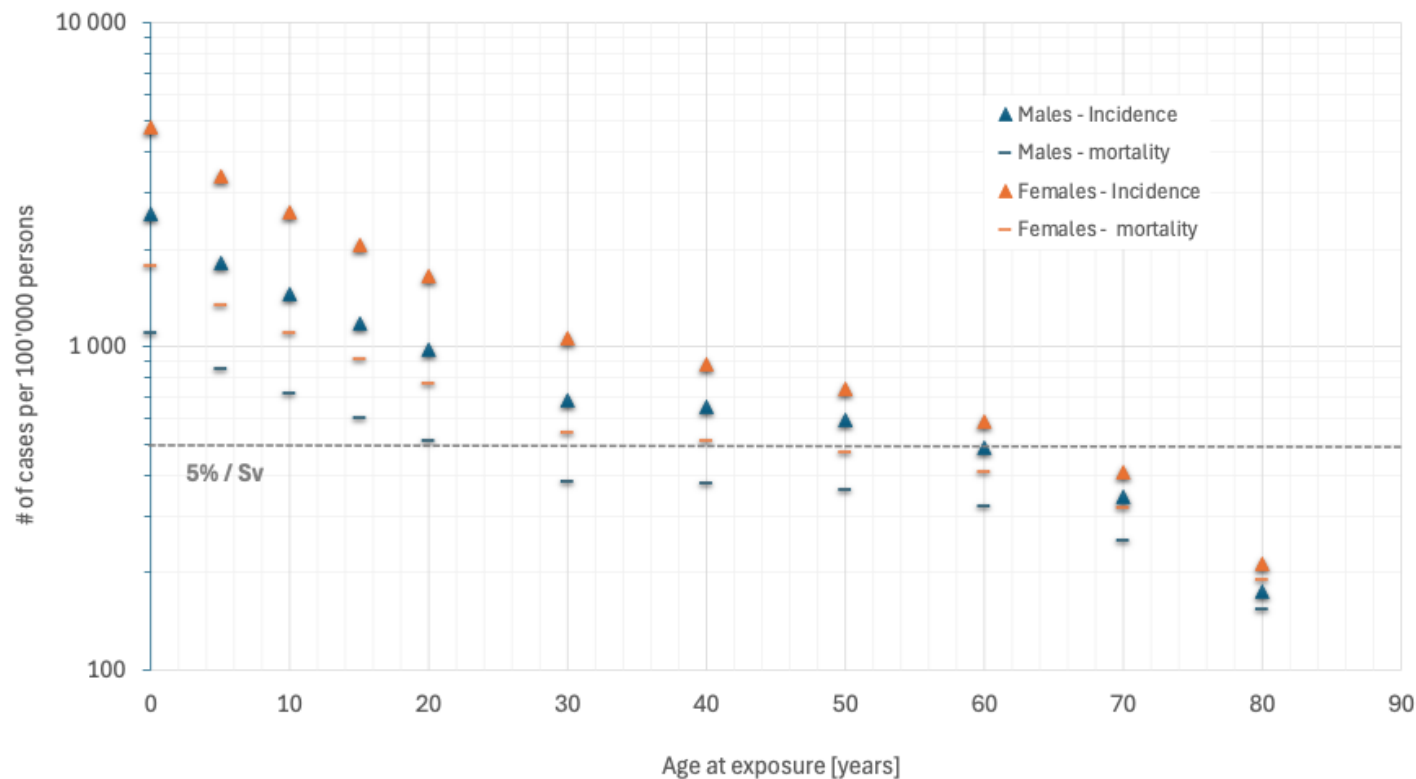
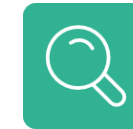
Referenciák

Teszteld a tudásod!



AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

Sztochasztikus hatások - Az élethosszra számított kockázat (LAR)



Az élethosszra számított kockázat (LAR) a szolid tumorok incidenciája/elhalálozás, 0,1 Gy egyszeri dózis esetén. Forrás: Az adatok a következő kiadvány 12D-1 és 12D-2 táblázataiból származnak: Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII – Phase 2

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK



Determinisztikus hatások

Példák determinisztikus hatásokra és a besugárzást követően a megjelenésükig eltelt időre

- A determinisztikus hatásoknak van egy **küszöbdózis értéke**, amely alatt a hatás nem jelentkezik.
- Amikor a hatás megjelenik, annak **súlyossága a sugárdózistól függ**.

Hatás	Küszöbdózis [Gy]	Eltelt idő
Szürkehályog	0,5	Több év
Bőr erythema	2 - 6	Órák/ hetek
Sterilitás	4 - 6 (férfi) 4 - 20 (nő)	3 hét < 1 hét
Hajhullás	7	3 hét
Visszafordíthatatlan bőrkárosodás	18	> 10 hét
Elhalálozás (teljes test besugárzás)	3 - 5	30 – 60 nap

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

Méhen belüli sugárterhelés

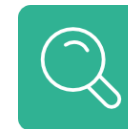
A felnőttekhez hasonlóan, a **magzati expozíció** esetében is az ionizáló sugárzás következtében kétféle típusú hatás jelentkezhet:

- **Determinisztikus hatások:**

- A hatások 100 mGy küszöbdózis felett jelentkeznek.
- A hatások a terhesség szakaszától függenek => különböző sérült szervek (malformáció, IQ csökkenés).
- A hatások a dózis növekedésével nőnek.

- **Sztochasztikus hatások:**

- A sztochasztikus kockázat a beágyazódás pillanatától a terhesség végéig fennáll.
- A bekövetkezés valószínűsége magasabb a magzat esetében (10-20% Sv-ként) a felnőttekhez képest (5% Sv-ként).



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

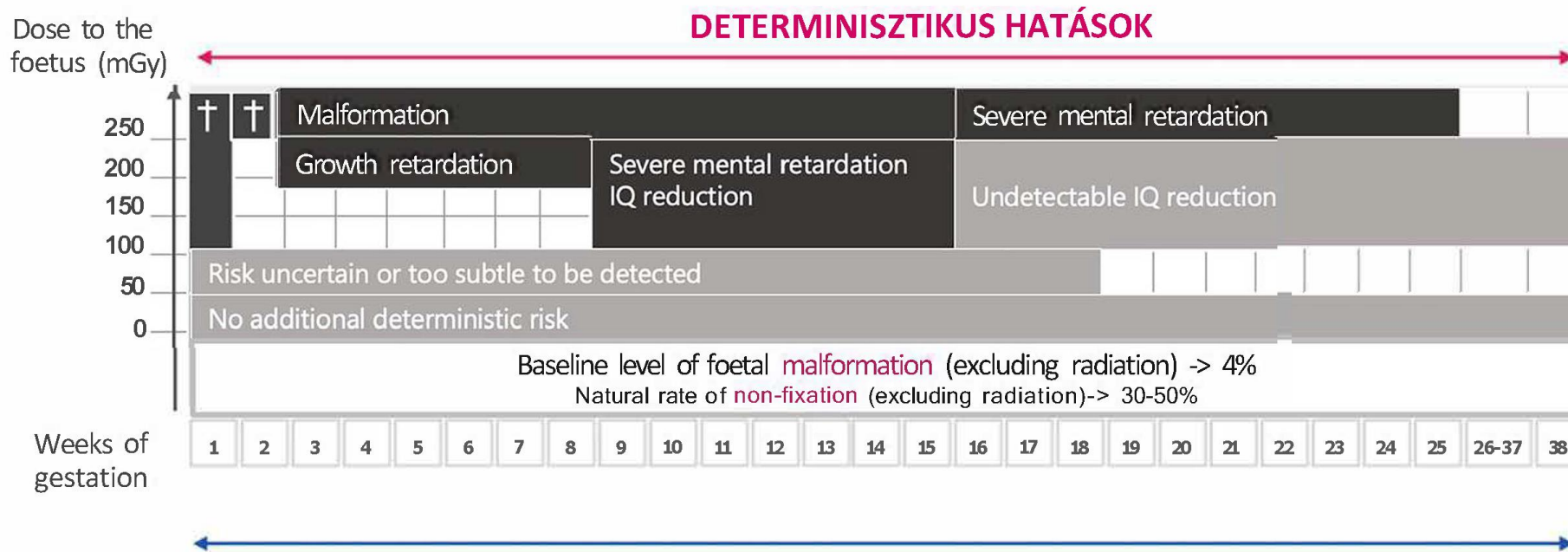
Teszteld a tudásod!



AZ EMBERI TESTRE GYAKOROLT HATÁSOK

Méhen belüli sugárterhelés

A hatások a **gesztációs kortól** függenek:



SZTOCHASZTIKUS HATÁSOK

Gyermekkori rák következtében az elhalálozás kockázata Sieverenként 10%-al növekszik

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

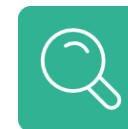
Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

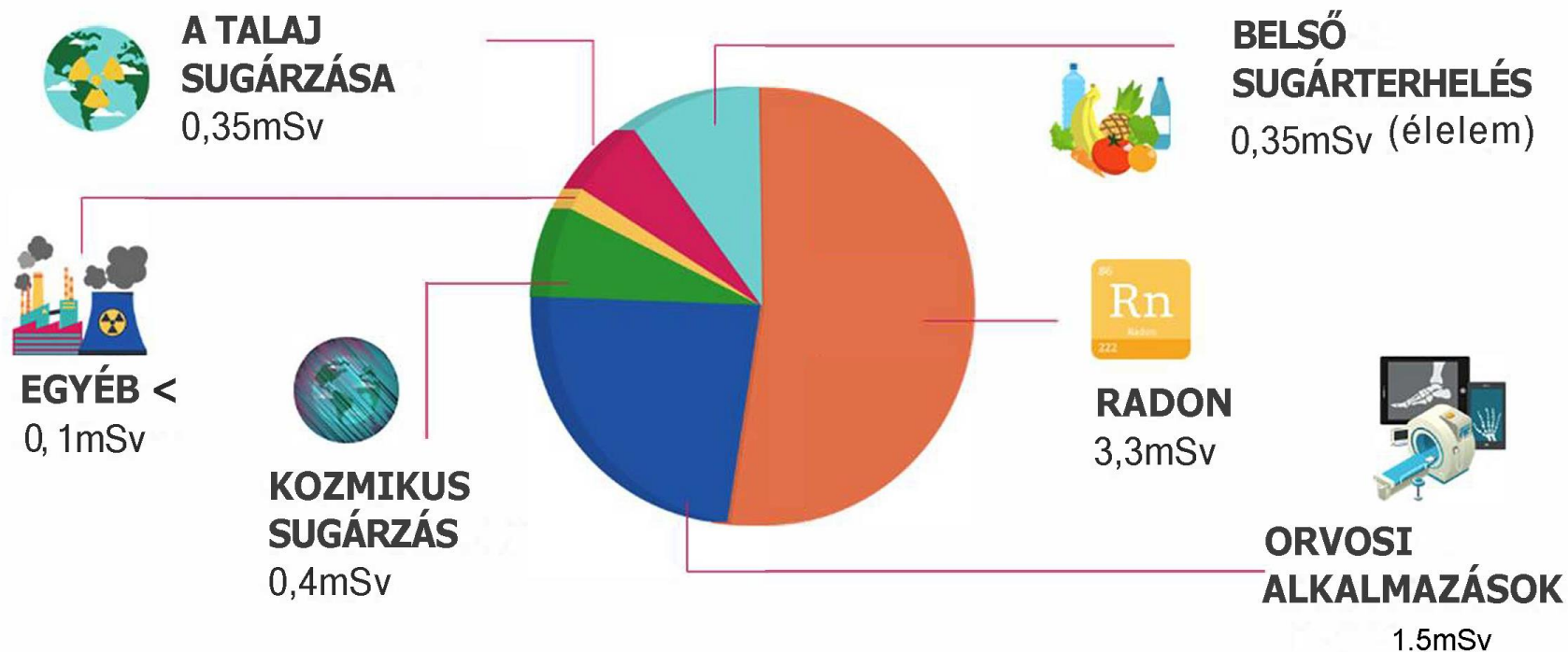
Teszteld a tudásod!

A BESUGÁRZÁS FORRÁSAI ÉS NAGYSÁGRENDJÜK



A sugárterhelés forrásai

Az emberek minden nap radioaktív sugárforrásokból származó sugárterhelésnek vannak kitéve, ami lehet természetes vagy mesterséges eredetű. A sugárterhelés mértéke a helyszíntől és az életmódtól függően egyénenként változik.



Az ábrán szereplő számok a svájci lakosságra vonatkoznak. A svájci lakosság átlagos éves effektív dózisterhelése személyenként 6 mSv. Forrás: az adatok a BAG 2022-es jelentéséből származnak (kerekített értékek).

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

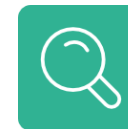
Referenciák

Teszteld a tudásod!



A BESUGÁRZÁS FORRÁSAI ÉS NAGYSÁGRENDJÜK

Az emberiség orvosi sugárterhelése

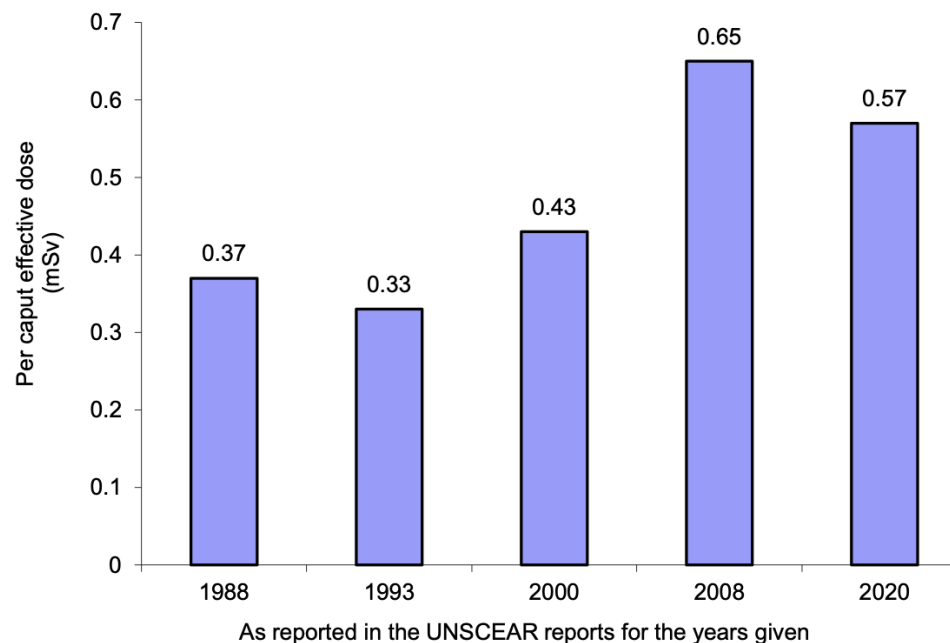


Az orvosi sugárterhelés a **legnagyobb emberi eredetű** sugárterhelés a világon.

2020-ban körülbelül 4,2 milliárd orvosi sugárterheléssel járó vizsgálatot végeztek el 7,3 milliárd fő népesség számára, ami jelentős kollektív sugárdózist eredményezett.

- A sugárterheléssel járó orvosi eljárásokból az össznépesség 2020-ban **0,57 mSv effektív dózist kapott személyenként**, nem számítva bele a radioterápiát.
- Ezekben a becslésekben nagy fokú a **bizonytalanság** ($\pm 30\%$) tekintettel az adatok hiányos voltára, valamint a régiók közötti vizsgálatonkénti dózisértékek eltérésére. Az adatok **figyelman kívül hadják** a foglalkozási sugárterhelést.

Annual effective dose per caput from different UNSCEAR medical exposure evaluations



Source : UNSCEAR report 2020/2021 – Volume 1 Scientific Annex A.
https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.I.pdf

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

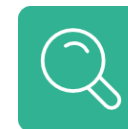
Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

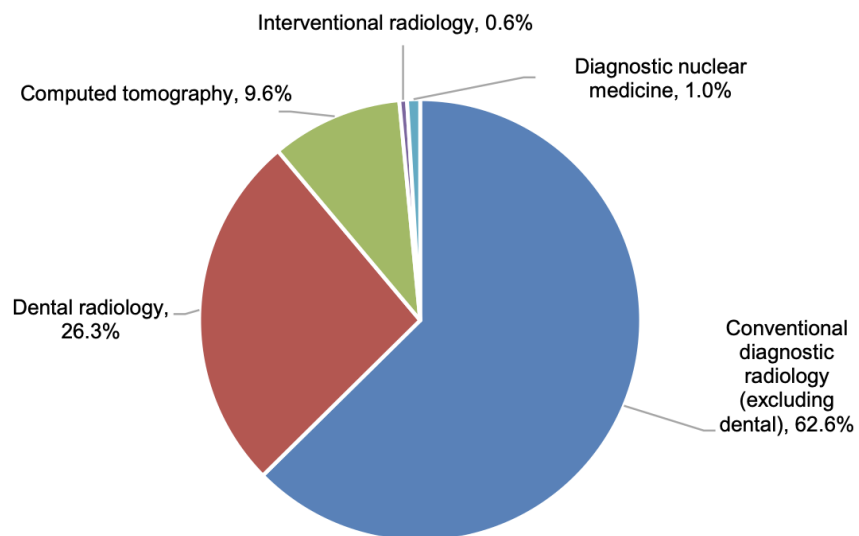
A BESUGÁRZÁS FORRÁSAI ÉS NAGYSÁGRENDJÜK

Az emberiség orvosi sugárterhelése

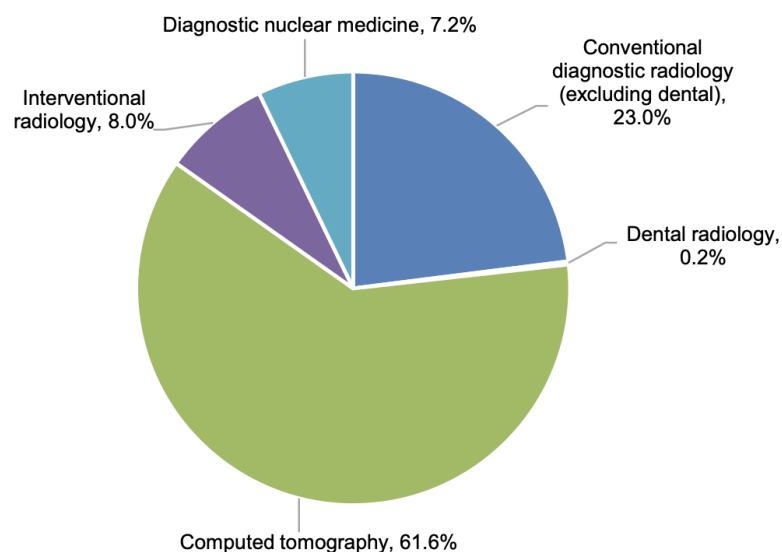


Orvosi eljárások és dózisek képalkotó modalitásonként (sugárterápia nélkül)

(a) Vizsgálatok/eljárások



(b) Kollektív effektív dózis



A vizsgálatok/eljárások **eloszlása** képalkotó modalitásonként (a) és **hozzájárulásuk a kollektív effektív dózishoz** ami orvosi besugárzásból ered, kihagyva a sugárterápiát (b). Forrás: UNSCEAR report 2020/2021 – Volume 1 Scientific Annex A. https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.I.pdf

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

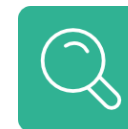
Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

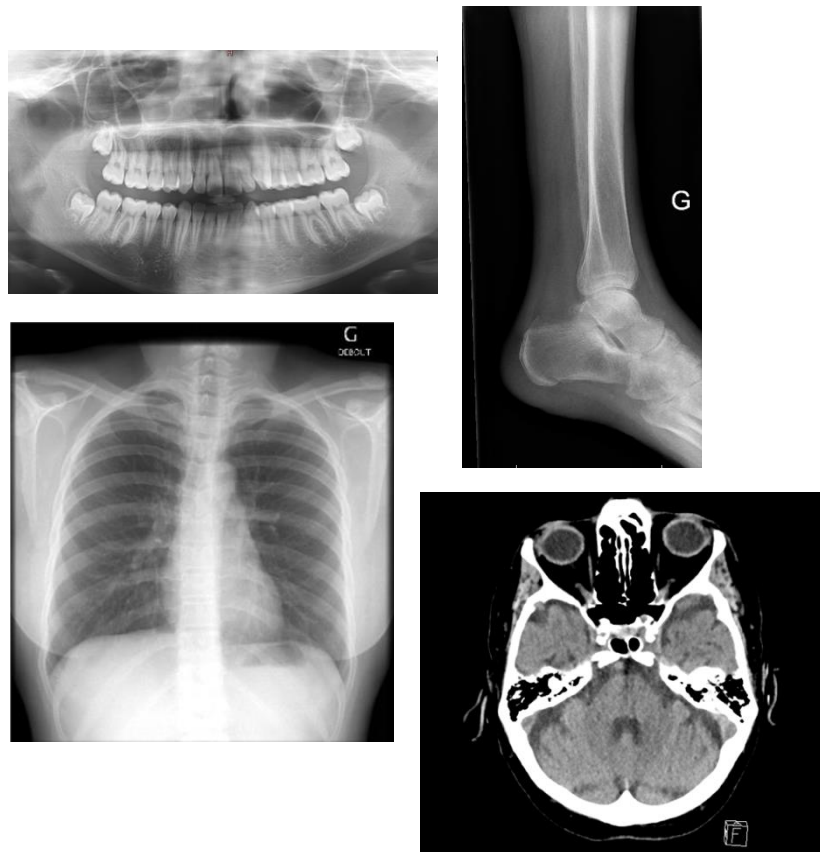
Referenciák

Teszteld a tudásod!

A BESUGÁRZÁS FORRÁSAI ÉS NAGYSÁGRENDJÜK



Példák felnőttek különböző képalkotó eljárások során elszenvedett effektív dózisaira



Type of radiological examination	Effective dose (mSv)	Corresponds to natural irradiation during
X-ray of the extremities (hand, foot)	0,001	2 hours
Dental X-ray	<0.01	<1 days
Chest x-ray	0,05	4 days
Head X-ray	0,05	4 days
Mammography (4 acquisitions)	0,1	8 days
Abdominal X-ray	0,7	2 months
Pelvic X-ray	1	3 months
Head CT scan	2	6 months
Chest CT scan	3,5	1 years
Abdominal CT scan	8	2 years

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

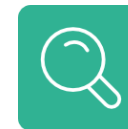
Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

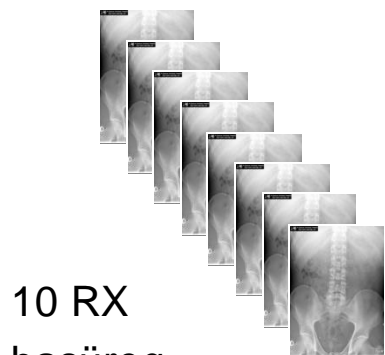


A BESUGÁRZÁS FORRÁSAI ÉS NAGYSÁGRENDJÜK




Nagyságrend

1 CT has ≈ 8 mSv (1 vizsgálat)



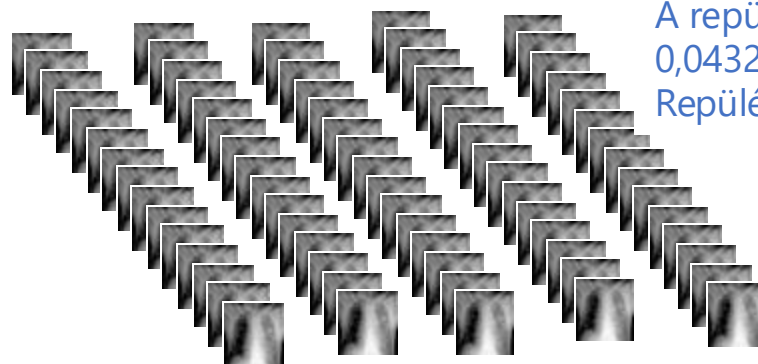
10 RX
hasüreg
 ≈ 0.8 mSv



≈ 100 repülőút GVA  JFK

GENF -> NEW YORK
A repülés során kapott dózis =
0,0432mSv
Repülési idő= 9 óra

80 RX mellkas
 ≈ 0.1 mSv
(AP és L)



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Tudományos háttér, tanok, szabványok és jogszabályok

Nemzetközi tudományos vizsgálatok:

Különböző országokban végzett kutatások alapján nemzetközi tudományos konszenzust alakítanak ki-> pl. UNSCEAR*

Általános alapelvek, tanok:

A Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság (International Commission on Radiological Protection, ICRP) – tudományos, gazdasági és társadalmi megfontolások alapján – módszert javasol a sugárzásból származó kockázatok kezelésére.



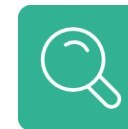
Előzetes szabványok:

A nemzetközi kormányzati ügynökségek (IAEA**, Euratom***) útmutatásokat dolgoznak ki az országok számára, amelyek többé-kevésbé törvényileg kötelezőek.



Nemzeti jogi szabályozás:

A nemzeti jogszabályok célja az ionizáló sugárzásnak kitett dolgozók, páciensek és a lakosság tagjainak védelme.



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

* A **United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)** 1955-ben lett alapítva. Különböző forrásokból adatokat gyűjt és elemez, tudományos vizsgálatokat szervez a sugárzás biológiai hatásaira vonatkozóan, és értékeli a kapcsolódó egészségi kockázatokat. Tudományos tanácsokat nyújt az ENSZ részére, nemzetközi sugárvédelmi útmutatásokat kidolgozva. Részletes jelentéseket tesz közzé az országok és a kutatók részére világszerte, továbbá együttműködik az olyan szervezetekkel, mint az IAEA és a WHO, annak érdekében, hogy az általános normák a legfrissebb tudományos evidenciákkal legyenek alátámasztva.

** Az **International Atomic Energy Agency (IAEA)** 1957-ben lett alapítva. Hirdeti az atomenergia békés célú felhasználását és igyekszik megakadályozni az atomfegyverek terjesztését. Független ENSZ-ügynökségként segíti az államokat a nukleáris energia erőművi, orvosi és mezőgazdasági alkalmazásában, emellett nemzetközi szabványokkal segíti a biztonságot és a védettséget. Az IAEA biztosítékokat hoz létre az atomfegyverek terjedése ellen, támogatja a tudományos kutatást, továbbá képzéseket szervez. Nemzetközi együttműködésekben terjeszti a biztonságos nukleáris technológiát globális fejlesztés és az egészség érdekében.

*** Az **Euratom**, az Európai Atomenergia Közösség 1957-ben lett alapítva. Koordinálja és előmozdítja a nukleáris energia békés célú felhasználását az EU tagállamokban. Fő feladatai közé tartozik a nukleáris biztonság megteremtése, a kutatás és a fejlesztés támogatása, a nukleáris anyagok védelme, a nukleáris üzemanyagellátás szabályozása, továbbá a tagországok képviselői nemzetközi szerződésekben. A fenntartható energiapolitika felé történő eltolódás ellenére az Euratom kulcsszerepe megmarad az EU-n belül a nukleáris biztonság, a kutatás és a szabályozás terén.



SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Tudományos Háttér, Tanok, Szabványok és Jogszabályok

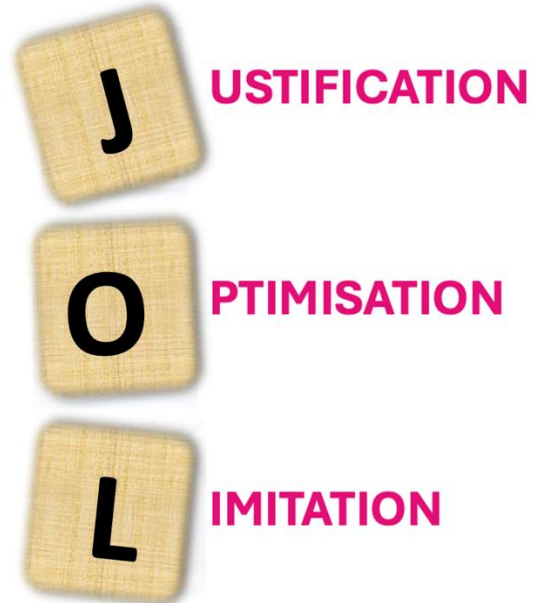
Council Directive 2013/59/Euratom, December 5th 2013

CHAPTER III

SYSTEM OF RADIATION PROTECTION

Article 5

General principles of radiation protection



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

Forrás: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/directive-2013-59-euratom-protection-against-ionising-radiation>



SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Indokolás

Egy tevékenység indokolt

- amikor az ezzel járó **előnyök egyértelműen túlsúlyban vannak** a sugárzás miatti károkkal szemben,
- és amikor **nincs olyan alternatíva**, amely általában kedvezőbb lenne az emberek és a környezet számára.

Ez az elv összefoglalható a következő mondattal:

"Több jót tenni, mint kárt"

PÉLDÁK:

- Törés kezelése sebészeti képerősítő használatával.
- Diagnózis felállítása CT-vizsgálattal.



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

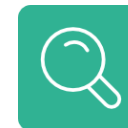
Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

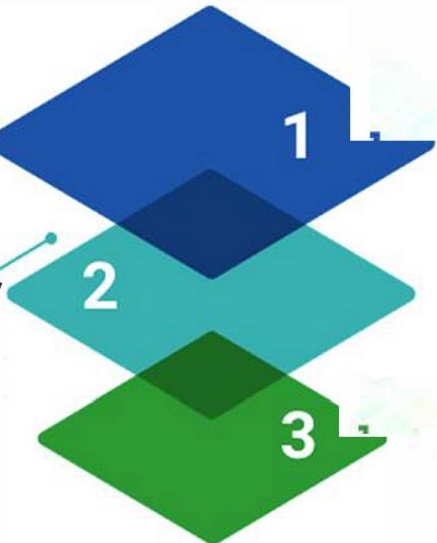
SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Indokolás – Három szintű indoklás a gyógyászatban



A DIAGNOSZTIKAI VAGY TERÁPIÁS ELJÁRÁS INDOKLÁSA

Az eljárás széleskörű alkalmazását meg kell indokolni. → Nem létezik más olyan eljárás, amely kevesebb sugárzással jár és ugyanannyira hatékony (tudományos társaságok ajánlásai szerint).



ALAPVETŐ INDOKLÁS

A tudományos társaságok úgy vélik, hogy az ionizáló sugárzás használata indokolt, amikor lehetővé teszi a diagnózis felállítását vagy az elváltozás kezelését.

AZ EGYEDI ALKALMAZÁSOK INDOKLÁSA

Az orvosnak figyelembe kell vennie a rendelkezésre álló diagnosztikai információkat és a beteg kórtörténetét → a felesleges sugárterhelés elkerülése

Az orvosok, akik sugárterheléssel járó vizsgálatokat **kérnek**, valamint azok, akik **végrehajtják** ezeket, felelősek az indokolás elvének alkalmazásáért.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Optimálás

Az optimálás elvét ALARA elvnek is nevezik:

As

Low

As

Reasonably

Achievable

DOSE



DOSE

- Meg kell találni az optimális arányt a haszon és a kockázat között.
- A gazdasági és társadalmi szempontokat is figyelembe kell venni.



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

Ez magában foglalja az eljárások optimálását, védőintézkedések alkalmazását és a folyamatos törekvést a sugárterhelés lehető legalacsonyabb szinten tartására. A besugárzások dózisértékeit a szabályozó hatóságok által megállapított dóziskorlátok alatti szinten kell tartani.

SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Optimálás – Foglalkozási

Három alapvető szabály van a sugárvédelmi szakemberek számára:



IDŐ: ↘ idő = ↘ sugárterhelés
Tartózkodjon a röntgenberendezések közelében a lehető legrövidebb ideig.

ÁRNYÉKOLÁS: ↗ árnyékolás = ↘ sugárterhelés
Mindig használjon árnyékolást.

TÁVOLSÁG: ↗ távolság = ↘ sugárterhelés
Maradjon a lehető legtávolabb a sugárzás forrásától, ami néha a beteg

A további sugárvédelmi intézkedések a következők:

- a sugárzás szintjének **folyamatos ellenőrzése** a munkahelyen
- személyi doziméterek** használata az egyéni sugárterhelés nyomon követésére és a sugárzásnak kitett dolgozók rendszeres orvosi vizsgálata
- megfelelő képzés** a sugárzással járó kockázatokról, biztonsági eljárásokról és a védőeszközök helyes használatáról, valamint rendszeres továbbképzés a **legjobb gyakorlatról és a szabályozások vagy technológiák változásairól.**



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Optimálás – Páciensek



A páciensek sugárterhelésének optimalizálására vonatkozó nem teljes intézkedések listája:

- A felvételek/projekciók/képek számának minimalizálása.
- Kollimálás.
- Megfelelő betegpozicionálás (PA vs AP, centrálás, stb.).
- Protokollok optimalizálása.
- Modern dóziscsökkentő technológiák, mint például az automatikus expozíció-vezérlés, vagy a szervalapú csőáram-moduláció alkalmazása.
- Szelektív szűrés, megfelelő expozíciós paraméterek.
- Iteratív rekonstrukció.
- Diagnosztikai Referencia Szintek (DRLs) létrehozása és nyomon követése*.
- Kommunikáció a betegekkel az együttműködésük ösztönzése érdekében.

* lásd a következő oldalt

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

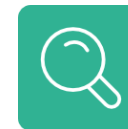
Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK



Optimálás - Páciensek

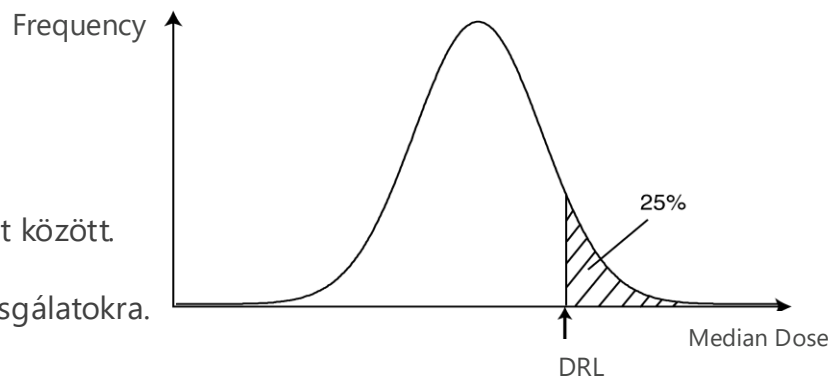
- **A diagnosztikai referenciaszintek (Diagnostic Reference Level, DRL)** a páciensbiztoság lényeges részét képezik az orvosi képzésben. Segítenek megelőzni a szükségtelen sugárterhelést azáltal, hogy a szokásos diagnosztikai eljárásokhoz megadják a tipikus dózisszinteket, és folyamatosan elősegítik a képzési gyakorlat optimálását.

- **A DRL-ek:**

- általánosak a páciensek egy csoportjára.
- modalitáspecifikusak.
- specifikusak az anatómiai régiókra nézve is.

- **Ugyanakkor a DRL-ek:**

- nem jelentenek határértéket a jó és a rossz gyakorlat között.
- nem dóziskorlátok.
- nem alkalmazhatók egyes páciensekre és egyedi vizsgálatokra.



- A **nemzeti DRL-ek (NDRL)** értékét a medián dózisok eloszlása **harmadik kvartilis értékének** elfogadásával a nemzeti dóziszfelmérés állapítja meg.
- A **lokális (helyi) DRL-ek (LDRL)** valamely intézmény vagy intézmények egy csoportja medián dóziseloszlása **harmadik kvartilis értékének** felelnek meg. Minden képzési centrum köteles megállapítani a saját LDRL-jeit vagy más néven diagnosztikai etalon dózisait ("**Diagnostic Standard Doses – DSD-k**").
- A DSD-eket össze kell hasonlítani az NDRL-ekkel, és végre kell hajtani a lehetséges javító intézkedéseket.
- Az NDRL-ek túllépése esetén elemzést kell végezni.
- A DRL-ek (NDRL-ek és LDRL-ek) felülvizsgálata iteratív eljárás.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

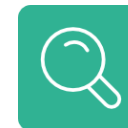
Referenciák

Teszteld a tudásod!

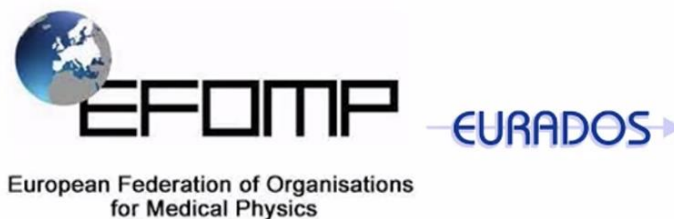
SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Optimálás - Páciensek

Jelenleg **konszenzus** van a sugárzásbiztonsággal és képalkotással foglalkozó főbb szervezetek között.



Gonad and Patients Shielding Group (GAPS): European Consensus



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

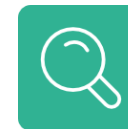
Referenciák

Teszteld a tudásod!

SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Optimálás - Páciensek

Munkájukat és ajánlásukat különböző tudományos folyóiratokban tették közzé a jobb hozzáférhetőség érdekében.



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Hiles P, Gilligan P, Damilakis J, Briers E, Candela-Juan C, Faj D, Foley S, Frija G, Granata C, de Las Heras Gala H, Pauwels R, Sans Merce M, Simantirakis G, Vano E. European consensus on patient contact shielding. Insights Imaging. 2021 Dec 23;12(1):194. doi: 10.1186/s13244-021-01085-4. PMID: 34939154; PMCID: PMC8695402.

SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Optimálás - Páciensek



Ez a konszenzus eredménye a betegek kontakt árnyékolásával kapcsolatban:

Table 1 A konszenzus nyilatkozatok indoklása

Indoklás	Konszenzus ajánlás	Symbol
Bizonyíték, hogy a páciens kontakt árnyékolás használata jótékony és hatásos	'Árnyékolást kell használni'	
Általános egyetértés alapján javasolt a páciens kontakt árnyékolás használata bizonyos körülmények között	'Árnyékolás használható'	
Bizonyíték, vagy általános egyezés alapján nem használni páciens kontakt árnyékolást	'Árnyékolás használata nem ajánlott'	

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Optimálás - Páciensek



A páciensek kontakt sugárnyékolásáról az alábbiak ismertetik a létrejött konszenzust:

A páciensek közvetlen sugárnyékolása **általában nem javasolt** a legtöbb képalkotó eljárás során, de néhány sajátos esetben szóba jöhet

Application	Imaging modality	Inside or outside FOV	Recommendation	Symbol
Thyroid contact shielding	Radiography, Mammography, Fluoroscopy, CT	Outside	'Not recommended to use shielding'	
Thyroid contact shielding	Dental intraoral and cephalometric radiography	Outside	'May use shielding'	
Thyroid contact shielding	CBCT	Outside	'May use shielding'	
Thyroid contact shielding	All X-ray (except Ceph.)	Inside	'Not recommended to use shielding'	
Thyroid contact shielding	Cephalometric radiography	Inside	'May use shielding'	

Application	Imaging modality	Inside or outside FOV	Recommendation	Symbol
Embryo / Fetal contact shielding	All X-ray	Inside	'Not recommended to use shielding'	
Embryo / Fetal contact shielding	Radiography, Mammography, Fluoroscopy, Dental Radiography, CT	Outside	'Not recommended to use shielding'	

Application	Imaging modality	Inside or outside FOV	Recommendation	Symbol
Breast contact shielding	All X-ray	Both	'Not recommended to use shielding'	

Application	Imaging modality	Inside or outside FOV	Recommendation	Symbol
Eye lens contact shielding	All X-ray	Both	'Not recommended to use shielding'	

Application	Imaging modality	Inside or outside FOV	Recommendation	Symbol
Male and female gonad contact shielding	All X-ray	Both	'Not recommended to use shielding'	

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



A táblázat forrása: Hiles P, Gilligan P, Damilakis J, Briers E, Candela-Juan C, Faj D, Foley S, Frija G, Granata C, de Las Heras Gala H, Pauwels R, Sans Merce M, Simantirakis G, Vano E. European consensus on patient contact shielding. Insights Imaging. 2021 Dec 23;12(1):194. doi: 10.1186/s13244-021-01085-4. PMID: 34939154; PMCID: PMC8695402.

SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Korlátozások



A **korlátozási elv** lényege, hogy **dózis határértékeket** állapítanak meg, amelyeket a nemzeti jogszabályok tartalmaznak. A sugárterhelésnek kitett személyeket három kategóriába sorolták:



**FOGLALKOZÁSI
SUGÁRTERHELÉSNEK
KITETT DOLGOZÓK**

20 mSv/év teljes test
20 mSv/év szemlencse
500 mSv/év végtagokra



**LAKOSSÁG+
FOGLALKOZÁSI
SUGÁRTERHELÉSNEK
KITETT TERHES NŐK**

1 mSv/év



BETEG

Nincs dóziskorlát
Az indokoltság elve
érvényesül.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!

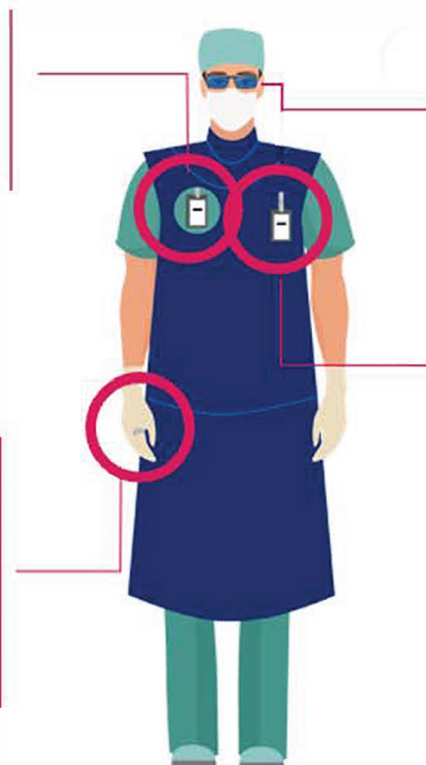
SUGÁRVÉDELMI ALAPELVEK

Korlátozás – Foglalkozási sugárterhelésnek kitett dolgozók

A szakmailag kitettséggel rendelkező munkavállalóknak a végzett munka típusa szerint különböző dózismérőket kell viselniük.

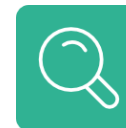
A **teljestest dozimétert** az ólomgumi köpeny alatt, a mellkas magasságában (vagy a terhes munkavállalók a hasi tájékon) hordják. Az **effektív dózis** becslésére használják.

A **végtag dodozimétert** a kéz ujjon helyezik el, és a **kéz dózisterhelésének becslésére használják**. Általában intervenciós, illetve nyitott radioaktív sugárforrásokkal végzett eljárások (pl. nukleáris medicina) során viselik. A **végtagdózis** becslésére használják.



A **szem** tájékára elhelyezett doziméter a **szemlencsére dózisterhelésének** becslését biztosítja.

A **köpeny feletti doziméter** a **köpenyen kívül elhelyezkedő szervek** dózis becslését biztosítja. Helyi jogszabályoktól függően az effektív dózis vagy akár a szemlencse dózis **pontosabb** becslésére is használható.



Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



ÖSSZEFOGLALÁS



- Különböző típusú ionizáló sugárzások léteznek.
- Az elnyelt dózis (D) az ionizáló sugárzás által az anyag egységnyi tömegében leadott energia, ez az egyetlen mérhető mennyiség.
- Az egyenértékdózis (H) az elnyelt dózis és a sugárzási súlytényező szorzata.
- Az effektív dózis (E) az összes szerv egyenérték dózisának és a szöveti súlytényezőjének szorzataként kapott értékeknek az összege.
- A sugárzás közvetlenül vagy közvetve is károsíthatja a sejteket.
- Két jellemző hatása van az ionizáló sugárzásnak: determinisztikus és sztochasztikus.
- A lineáris küszöb nélküli modell a legelfogadottabb modell az ionizáló sugárzás sztochasztikus egészségi hatásainak becslésére.
- Mindannyian ki vagyunk téve a természetes sugárzásnak.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



ÖSSZEFOGLALÁS



- Az ionizáló sugárterheléssel járó eljárásokat indikáló orvosok és azokat elvégző orvosok felelősek az indokoltság elvének alkalmazásáért.
- Az optimálás az ALARA (As Low As Reasonably Achievable) elv követésével valósul meg.
- Dóziskorlátokat állítottak fel a foglalkozási sugárterhelésnek kitett dolgozók, valamint a lakosság számára, de a páciensekre nem. A páciensek esetében az indokoltság és az optimálás elveit kell alkalmazni.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



REFERENCIÁK



1. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII – Phase 2. 2006. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/11340/health-risks-from-exposure-to-low-levels-of-ionising-radiation>
2. Radioprotection et surveillance de la radioactivite´en Suisse – Résultats 2022. May 2023.
3. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
4. ICRP, 2000. Pregnancy and Medical Radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1).
5. ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).
6. European consensus on patient contact shielding. Peter Hiles, Patrick Gilligan, Shane Foley, Guy Frija, Claudio Granata, Hugo de las Heras Gala, Ruben Pauwels, Marta Sans Merce , Georgios Simantirakis, Eliseo Vano. Insights into Imaging 12 (2021) 194 / Physica Medica 96 (2022) 198 / Radiography 28 (2022) 353.

<https://doi.org/10.1186/s13244-021-01085-4>

<https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.12.006>

<https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.12.003>

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



1 – Besugárzást követően a sejt DNS-e képes (több válasz lehetséges):

- Nem javítja ki önmagát, és a sejt elhal.
- Minden kárt javít anélkül, hogy bármilyen utóhatás következne be.
- Javítja önmagát hibák (mutáció) révén.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



1 – Besugárzást követően a sejt DNS-e képes (több válasz lehetséges):

- ✓ Nem javítja ki önmagát, és a sejt elhal.
- ✓ Minden kárt javít anélkül, hogy bármilyen utóhatás következne be.
- ✓ Javítja önmagát hibák (mutáció) révén.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



2 – A determinisztikus hatások megjelenésének általános küszöbértéke:

- 0,5 Gy
- 20 mSv
- Nincs küszöb

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



2 – A determinisztikus hatások megjelenésének általános küszöbértéke:

- ✓ 0,5 Gy
- 20 mSv
- Nincs küszöb

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



3 – Sztochasztikus hatásokra jellemző (több válasz lehetséges):

- A rák előfordulásának kockázata 10-20%-kal nő a magzat esetében, ha 1 Sievert sugárzás éri.
- A rák előfordulásának kockázata 5%-kal nő a felnőttek esetében 1 Sievert sugárzás hatására.
- Szöveti hatások jelentkezése, rögtön a küszöbdózis túllépését követően.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



3 – Sztochasztikus hatásokra jellemző (több válasz lehetséges) :

- ✓ A rák előfordulásának kockázata 10-20%-kal nő a magzat esetében, ha 1 Sievert sugárzás éri.
- ✓ A rák előfordulásának kockázata 5%-kal nő a felnőttek esetében 1 Sievert sugárzás hatására.
- Szöveti hatások jelentkezése, rögtön a küszöbdózis túllépését követően.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



4 – Egyszeri 2 Gy besugárzása a bőrnek rövid távon a következőket okozhatja:

- Nincs reakció.
- Szöveti nekrozis.
- Átmeneti bőrpír (erythema).

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



4 – Egyszeri 2 Gy besugárzása a bőrnek rövid távon a következőket okozhatja:

- Nincs reakció.
- Szöveti nekrozis.
- ✓ Átmeneti bőrpír (erythema).

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



5 – A sugárvédelem alapelvei:

- Idő, árnyékolás, távolság.
- Indoklás, optimálás és korlátozás.
- Indoklás, optimálás, korlátozás és képzés.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



5 – A sugárzásvédelem alapelvei:

- Idő, árnyékolás, távolság.
- ✓ Indoklás, optimálás és korlátozás.
- Indoklás, optimálás, korlátozás és képzés.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre
gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



6 – Diagnosztikai referenciaszintek:

- Páciens dóziskorlátok.
- Függetlenek az anatómiai régiótól.
- Eszközként szolgálnak a páciensdózis optimalására.
- Amennyiben egy beteg esetében túllépi őket, az rossz gyakorlatra utal.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



6 – Diagnosztikai referenciaszintek:

- Páciens dóziskorlátok.
- Függetlenek az anatómiai régiótól.
- ✓ Eszközként szolgálnak a páciensdózis optimalására.
- Amennyiben egy beteg esetében túllépi őket, az rossz gyakorlatra utal.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



7 – A sugárterhelés dóziskorlátai (több válasz lehetséges):

- A páciensek részére nincs dóziskorlát.
- A foglalkozási sugárterhelésnek kitett dolgozók dóziskorlátja 1 mSv havonta.
- A foglalkozási sugárterhelésnek kitett dolgozók dóziskorlátja 20 mSv évente.
- A lakosság részére nincs dóziskorlát.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Teszteld a tudásod!



7 – A sugárterhelés dóziskorlátai (több válasz lehetséges):

- ✓ A páciensek részére nincs dóziskorlát.
- A foglalkozási sugárterhelésnek kitett dolgozók dóziskorlátja 1 mSv havonta.
- ✓ A foglalkozási sugárterhelésnek kitett dolgozók doziskorlátja 20 mSv évente.
- A lakosság részére nincs dóziskorlát.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

Az emberi testre gyakorolt hatások

A besugárzás forrásai és nagyságrendjük

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!



Szerzői nyilatkozat

Minden felhasznált anyag (beleértve a szellemi tulajdont és az illusztrációs elemeket) vagy a szerzőktől származik, vagy a szerzők jogosultak voltak az anyag felhasználására az alkalmazandó jogszabályok szerint, vagy átruházható licencet kaptak a szerzői jog tulajdonosától.

Ionizáló sugárzások

Dózis számítás

**Az emberi testre
gyakorolt hatások**

**A besugárzás forrásai és
nagyságrendjük**

Sugárvédelmi alapelvek

Összefoglalás

Referenciák

Teszteld a tudásod!