

Sugárvédelem a Röntgendiagnosztikában

Hócz Gergely



**DEBRECENI
EGYETEM**
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA



Fogalmak

- **Egyenértékdózis:** a T szövetet vagy szervet érő különböző típusú és minőségű sugárzásoknak a T szövetre vagy szervre átlagolt elnyelt dózisa megfelelő sugárzási minőségtényezőkkel súlyozott összege,
jele: H_T mértékegysége: Sv
- $H_T = \sum w_R D_{T,R}$
 $D_{T,R}$ az R sugárzástól származó, T szövetre vagy szervre átlagolt elnyelt dózis, w_R a sugárzási súlytényező



Fogalmak

- **Effektív dózis:** külső és belső sugárterhelés következtében a test összes szövetét és szervét erő egyenértékű dózisoknak a w_T testszöveti tényezőkkel súlyozott összege,
jele: E mértékegysége: Sv

- $E = \sum w_T H_T = \sum w_T \sum w_R D_{T,R}$

$D_{T,R}$ az R sugárzástól származó, T szövetre vagy szervre átlagolt elnyelt dózis, w_R a sugárzási súlytényező és w_T a T szövet vagy szerv testszöveti súlytényezője.



A röntgensugárzás előállítása

- Nagy sebességű elektronok valamilyen anyagba való ütközésük (anyagban történő lefékeződésük) során kölcsönhatásba kerülnek az anyag atomjaival, és ennek a folyamatnak következtében, ún. röntgensugárzás keletkezik.

Röntgencső

- az elektronok a **katód és anód között létesített feszültség** (10-400 kV) által felgyorsulnak és az anódban ütközve lelassulnak,
- a röntgensugarakat a lefékeződő elektronok váltják ki.

Sugárzás energiája: **csőfeszültség (kV)**

Sugárzás intenzitása: **csőáram (mA)**



A röntgensugárzás tulajdonságai

- előállításához külső (elektromos) energiára van szükség,
- **kizárólag addig sugároz, ameddig a röntgensövön áram folyik át,**
- az elektronhégiban keletkezik,
- a keletkezési mechanizmus szempontjából két fajtáját különböztetjük meg: fékezési és karakterisztikus röntgensugárzást,
- az elektromágneses sugárzások közé tartozik, (mint a gamma sugárzás)
- sem elektromos, sem mágneses térrel nem téríthető el,
- **fénysebességgel terjed egyenes vonalban, (minden esetben)**



A röntgensugárzás tulajdonságai

- nagy az áthatolóképessége,
- az áthatolóképessége befolyásolható
- (csőfeszültség, csőáram, szűrés),
- a röntgensugárzás ionizál, azaz az eredetileg semleges atomokból, molekulákból töltéssel rendelkezőt csinál (ion párok keletkeznek),
- hatására a fotóanyagok megfeketednek,
- bizonyos anyagokat fénykibocsátásra készítet.



- Fejlődési tendenciák: □
- Orvosi diagnosztikai vizsgálatok becsült száma a világon 1,6 milliárd (2001) - 4 milliárd (2009)
- Egészségügyi ellátási szintek
- Vizsgálatok száma, a városi lakók száma, a populáció előregedése → orvosi sugárterhelés növekedése
- Becsült éves értéke 0,4 – 1,0 mSv effektív dózis/fő



- a lakosság mesterséges forrásokból származó sugárterhelésének 98%-a az orvosi sugárterhelésből származik

„Sugárvédelem feladata:

Biztosítani az ionizáló sugárzás alkalmazását a jelen és jövő nemzedékek károsítása nélkül.”



DEBRECENI
EGYETEM
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

Dóziskorlátok: személyzet

487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet

- Dóziskorlátok 20 mSv effektív dózis/év
de max.: 50 mSv effektív dózis/év
de az 5 éves átlag: ≤ 20 mSv effektív dózis/év
- Bőr, végtagok 500 mSv egyenérték dózis/év
- Szemlencse 20 mSv egyenérték dózis/év



Dóziskorlátok: 16-18 éves személyzet 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet

- **Bőr, végtagok 150 mSv egyenérték dózis/év**
- **Szemlencse 15 mSv egyenérték dózis/év**



Dóziskorlátok: lakosság

487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet

- Dóziskorlátok 1 mSv effektív dózis/év
- Bőr 50 mSv egyenérték dózis/év
- Szemlencse 15 mSv egyenérték dózis/év



Kockázat

- A kockázat az időegység alatt jelentkező esemény következménye
- Elfogadható: közlekedési-, háztartási baleset
- Eltűrhető/Elfogadhatatlan

Az elfogadható és az eltűrhető szintek között dózismegszorításokat kell alkalmazni, az eltűrhető és elfogadhatatlan szintek között dóziskorlátokat.



Orvosi röntgenmunkahelyek törvények, rendeletek

- 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról az atomenergia biztonságos felhasználására vonatkozó hazai jogszabály
- **487/2015 Korm rendelet** az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról
- 31/2001. (X. 3.) EüM rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak kitett személyek egészségének védelméről
- 1992. évi XXXIII. törvény – Kjt.
- 4/2009. (III. 17.) EüM rendelet az orvostechnikai eszközökről
- 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről



Orvosi röntgenmunkahelyek szabványok

- MSZ 62 Ionizáló sugárzás elleni védelem (szabványcsalád)
- MSZ 62-4/1999. Ionizáló sugárzás elleni védelem. Sugárvédelem nagy aktivitású gamma-távbesugárzó berendezések és orvosi lineáris gyorsítók alkalmazásakor
- MSZ 62-6/1999. Ionizáló sugárzás elleni védelem. Sugárvédelmi előírások a zárt sugárforrások közelterápiás felhasználásakor (brachy-terápia)
- MSZ 62-7/2011. Ionizáló sugárzás elleni védelem. Sugárvédelem nyitott radioaktív készítmények alkalmazásakor
- MSZ 824:1999
 - Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken



Munkavállalók sugárvédelme

- **Betöltött 18 év**
- **Terhes nő nem dolgozhat sugárveszélyes munkakörben**
- **Orvosi alkalmasság**
- **Dozimetriai ellenőrzés**
- **Sugárvédelmi képzettség**
- **Cél: minden indokolatlan sug. terhelés kizárása, dóziskorlátok betartása**



Orvosi röntgenmunkahelyek felügyelt és ellenőrzött terület

Létesítmény

Sugárveszélyes
munkahely

Felügyelt
terület



Ellenőrzött terület



EGYETEM

ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

- **FELÜGYELT TERÜLET:** az ionizáló sugárzás elleni védelem vagy a radioaktív szennyeződés terjedésének megakadályozása érdekében felügyelet alatt álló terület
- A röntgen vizsgálóhoz csatlakozó, de vele nem egy légtérű helyiségek (külön vezérlők, vetkőzők, stb.)



DEBRECENI
EGYETEM
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

Orvosi röntgenmunkahelyek felügyelt és ellenőrzött terület

Létesítmény

Sugárveszélyes
munkahely

Felügyelt
terület



Ellenőrzött terület



ELLENŐRZÖTT TERÜLET: olyan terület, amelyre a sugárvédelem érdekében, vagy a radioaktív szennyeződés terjedésének megakadályozása érdekében különleges szabályok vonatkoznak, és amely területre történő belepés ellenőrzés mellett történik
A röntgen vizsgálók és a vizsgálókkal egy légterű vezérlők (kapcsolók), kivéve a mammográfiát és a fogröntgent



**DEBRECENI
EGYETEM**
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

Lehetőségek a sugárterhelés csökkentésére a szomszédos helyiségben

- a dolgozók a páciensek ott-tartózkodása idején más helyre menjenek
- legyen ott raktár stb. ahol csak napi néhány perccel tartózkodnak
- máshol helyezzük el a pajzsmirigy kezelteket, v. engedjük haza őket
- erősítsük meg a fal sugárelnyelődését (mivel, hogyan?)
- A helyi munkaegészségügyi, érdekképviselői, stb. elvárás szerint a szobában, irodában: 0,1 mSv alatt legyen az éves sugárterhelés járulék.



A védett munkahelyek kialakításának követelményei

- Távolságvédelem
- Saját árnyékolás
- Védőfal, védőállás
- A vizsgálóból mennyezetig érő fallal leválasztott nyitott kapcsoló
- A vizsgálóból védőfallal leválasztott vezérlő
- Nagy alapterületű külön vezérlő



A hazai sugárvédelmi méretezés során alkalmazott ólomegyenértékek

Munkahely	Névleges csőfeszültség [kVp]	Ólomegyenérték [mm Pb]	
Fogászati rtg. Mammográfia	25...80	0,5...1,5	0,5
Diagnosztika	150	4,0	1,0



Diagnosztikai röntgenberendezések használati csőfeszültség- tartományai

- Mammográf 25...40 kV
- Intraorális rtg. 60...70 kV
- Fogászati panoráma 60...90 kV
- Fogászati CT 80...120 kV
- Felvételi rtg. 40...150 kV
- Átvilágító rtg. 60...111 kV
- CT 80...140 kV
- *Terápiás rtg.* 20...250 kV



Fogászati röntgenberendezések



**DEBRECENI
EGYETEM**
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

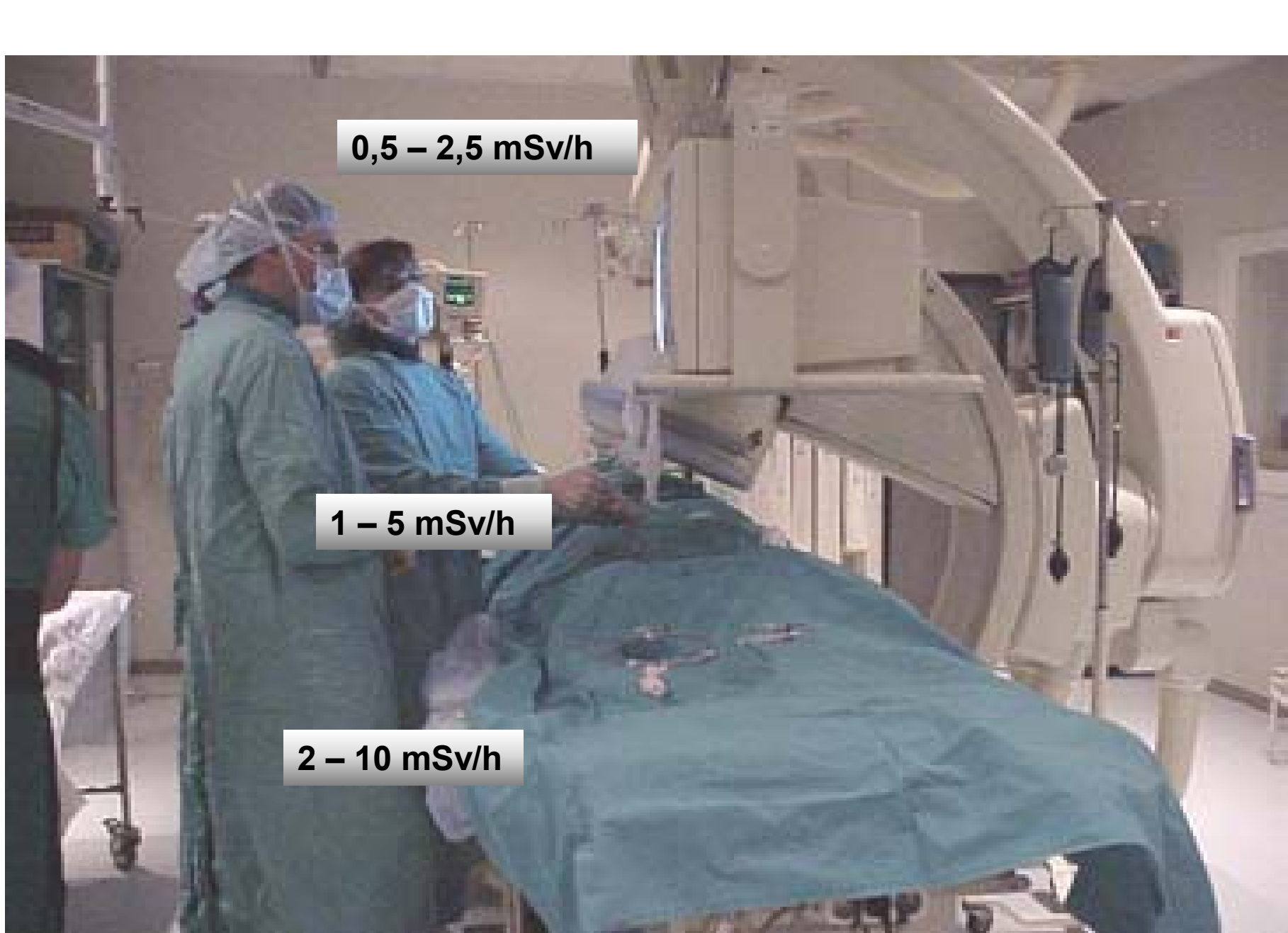
Mammográfiás röntgenmunkahelyek



**DEBRECENI
EGYETEM**
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA



DEBRECENI
EGYETEM
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA



0,5 – 2,5 mSv/h

1 – 5 mSv/h

2 – 10 mSv/h



EGYETEM

ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

A személyzet sugárvédelme

Egyéni védőeszközök

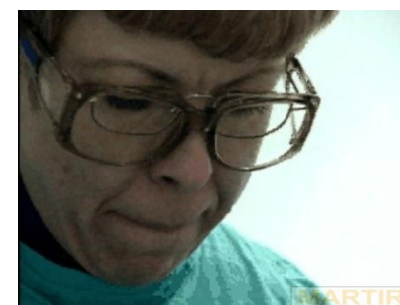
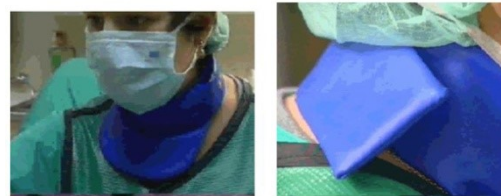


Függesztett ólomgumi szalagok, védőpajzs



Ólomgumi kötény és kesztyű

Pajzsmirigy védelem



**Pb védő-
szemüveg**



**DEBRECENI
EGYETEM**
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

Az ólomgumi köpenyek sugárgyengítése

- 0,50 mm ólom-
egyenérték
- 60 kV; < 1 %
- 100 kV; 3 - 7 %
- 0.25 mm ólom-
egyenérték
- 60 kV; 2 - 3 %
- 100 kV; 8-15 %

Az egyéni védőfelszerelés hatásossága a nyaláb energiájával szorosan összefügg!



A személyzet sugárvédelme röntgendiagnosztikai vizsgálatok során

- Foglalkozási dóziskorlátok:

Öt egymást követő naptári évre összegezve nem haladhatja meg a 100 mSv effektív dóziskorlátot, egy évre az 50 mSv értéket.

Egy évre átlagolva 20 mSv/év effektív dózis
tervezési irányelv: 3/10-ed része \sim 6 mSv/év

- Röntgenfelvétel esetén a védett helyeken:

$< 0,4 \mu\text{Sv/felvétel}$ és $40 \mu\text{Sv/hét}$

- Átvilágítás esetén a tartózkodási zónában:

$< 15 \mu\text{Sv/h}$ (90 kV, 1 mA)



ALARP = ALARA

• •

- As low as Reasonably Practicable

- =

- As low as reasonably Achievable

- Az expozíció lehetőség szerinti csökkentése éppúgy vonatkozik a foglalkozásra, mint az orvosi sugárterhelésre.

- Cél: a radioaktív sugárzásnak való kitettség minimalizálása



OPTIMÁLÁS

A sugárvédelem jelen állása a (bármilyen kicsi) dózis együtt jár valamilyen kockázattal.

- Ennek megfelelően nem elég a dóziskorlátozás, hanem **foglalkozni kell a dóziskorlátozás alatti dózisok lehetséges csökkentésével az ésszerűség határáig.**
- Kis dózisok további csökkentése, társadalmi és gazdasági szempontból meghaladják a csökkentés alapján várható haszon értéket.



Optimálási folyamatba illeszkedik bele a dózismegszorítás.

- „dózismegszorítás”: személyi dózisek felső hataraként előzetesen megállapított megszorítás, amely meghatározza az optimálási eljárás során egy adott sugárforrás esetében egy tervezett sugárzási helyzetben figyelembe vehető választási lehetőségeket.
- a foglalkozási sugárterhelésre vonatkozó dózismegszorítást az optimálás operatív eszközeként az érintett vállalkozás állapítja meg az illetékes hatóság általános felügyelete mellett.



Orvosi alkalmazás

- **Az orvosi alkalmazásból származó sugárterhelésre (páciens dózisra) a korlátozás nem vonatkozik.**
- **Az orvosok megítélésére tartozik a diagnosztikai, illetve terápiás célt szolgáló sugárzás típusának és dózisának megválasztása.**
- **A betegek sugárvédelme érdekében az ICRP (International Commission on Radiological Protection) IRÁNYADÓ dózisosokat és aktivitásokat adott meg a különböző vizsgálatokra.**



Fogamzóképes nők és magzat védelme

- **A beutaló orvos és a kezelőorvos tájékozódni köteles a terhesség fennállásáról ill. a szoptatás tényéről**
- **A tájékoztatási kötelezettség mellett tájékoztató és figyelmeztető feliratokat kell elhelyezni**
- **Terhesség esetén különösen figyelni kell az indokoltságra és a sugárterhelés mértékére**



Az ionizáló sugárzás okozta károsodás kockázata magzat esetében

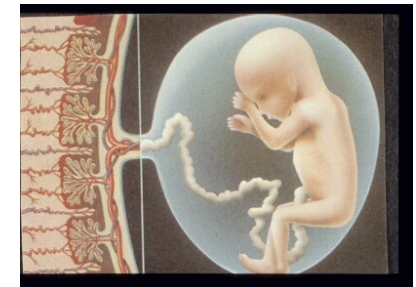
- A kockázat mértéke függ a terhesség idejétől és az elnyelt dózistól.
- A sugárkárosodás kockázata szignifikánsan legnagyobb a terhesség első trimeszterében, kisebb a másodikban és legkisebb a harmadik trimeszterben.



Legnagyobb



Kisebb



Legkisebb



Magzati sugárkárosodás

- **$\geq 100\text{-}200$ mGy \Rightarrow a központi idegrendszer károsodását okozza**
- **100 mGy sugárterhelést nem ér el**
 - 3 kismedencei CT**
 - 20 konvencionális diagnosztikus röntgenvizsgálat**
- **Ez a terhelés a kismedencén végzett intervenciós radiológiai beavatkozással, vagy sugárterápiás kezeléssel érhető el.**



Információ, bejegyzés és megértés

- **A terhes betegeknek és dolgozóknak joguk van tudni a lehetséges sugárterhelés nagyságrendjét és típusát, valamint a magzatot érő hatásait.**
- **Tájékoztatni kell a terhes beteget a kockázat szintjéről, ha a beavatkozás során nagyon alacsony sugárterhelés (< 1 mGy) éri a magzatot, a kockázat elhanyagolható.**
- **Ha az elnyelt dózis > 1 mGy, részletes tájékoztatást kell adni.**



Sugárvédelem a gyermekradiológiában

- **Az ionizáló sugárzás rákkeltő kockázata a fejlődő szervezet esetében ~2-3-szor nagyobb, mint a felnőtteknél**
- **A várható élettartam a vizsgálat idejében nagy, van idő az esetleges késői ártalmak kifejlődésére**
- **A védelem valamennyi ismert formáját alkalmazni kell**
- **Ha lehet, UH diagnosztika**



Mezőméret (gyermek radiológia)

Nem megfelelő mezőméret:

- **Túl kicsi mező nem ad megfelelő információt \Rightarrow a felvételt ismételni kell**
- **Túl nagy mező rontja a kép kontrasztját és a felbontást, növeli a szórt sugárzást, növeli a sugárterhelést**
- **Ellenőrizni kell a fénymező és a sugár mező egyezését**
- **A újszülött kor után a maximális mezőméret 2 cm-rel legyen nagyobb, mint a minimális méret, újszülött korban a toleranciaszint 1 cm.**



Pozícionálás és teströgzítés

- **Biztosítani kell:**
- **A beteg ne tudjon elmozdulni**
- **A sugármező pontosan beállítható legyen (centrális projekció)**
- **A mezőn kívüli testrészek takarása kivitelezhető legyen**
- **A teströgzítő használata könnyű legyen és ne okozzon traumát a gyermeknek**



Takarások

- **A hasi röntgenfelvételeknél a herék ne legyenek a direkt nyalábban**
- **Lányok esetében a gonádvédelem nem lehetséges**
- **A szemet érő dózis 50-70 %-kal csökkenthető takarással**
- **Koponya felvétel: PA irányból 95 %-kal kisebb a szemet érő dózis, mint AP irányból!**



Ellenőrzések

- Állapot vizsgálat
- Állandósági teszt
- Időszakos felülvizsgálat



Klinikai sugárfizikus

- **Radiológiai vizsgálatok**
 - QA/QC feladatok
 - Sugárvédelmi feladatok
- **Izotópterápiás eljárások**
 - A klinikai sugárfizikus elérhető legyen
- **Sugárterápiás tevékenység**
 - Besugárzás tervezés és kivitelezés
 - Dozimetria, QA/QC feladatok
 - Sugárvédelmi feladatok



Minőségbiztosítás és minőség-ellenőrzés (diagnosztika)

Az engedélyes köteles gondoskodni a QA/QC intézkedések betartásáról, valamint a páciensdózis ellenőrzéséről.

- A napi QA/QC tevékenység végzése az engedélyes feladata.**
- Az évenkénti QA/QC vizsgálatokat akkreditált szervezetnek kell végeznie.**
- A vizsgálatok megtörténtét a sugáregészségügyi hatóság ellenőrzi.**

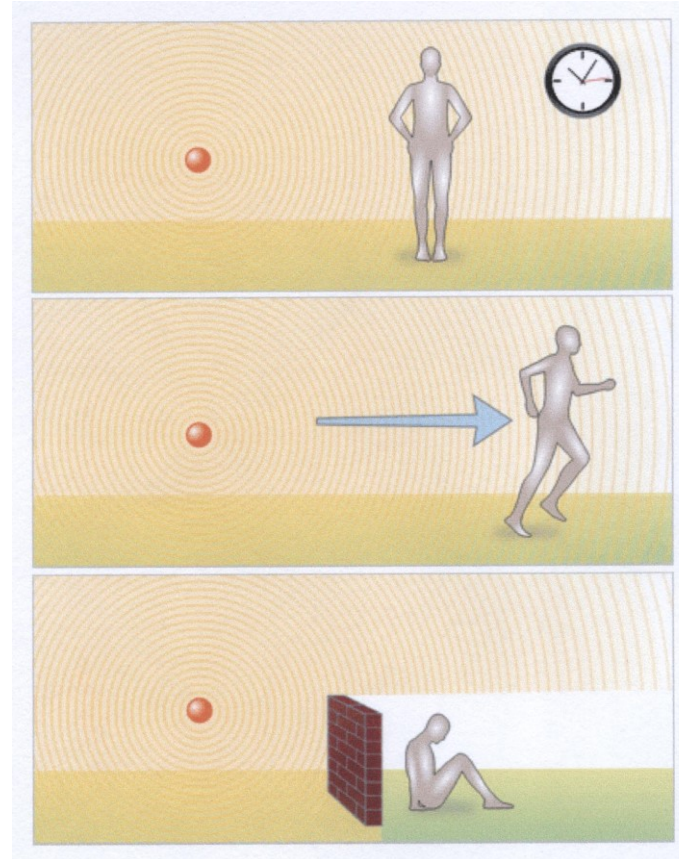


Sugárterhelés csökkentésének alapelvei:

Idő

Távolság

Árnyékolás



•Ezek kombinációjával lehet befolyásolni az egy forrásból eredő sugárterhelés mértékét.



DEBRECENI
EGYETEM
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

Idő

- Direkt korreláció van a sugárexpozíció és a sugárforrás közelében eltöltött idő közt
- Kétféle sugárexpozícióval számolunk: belső és külső(direkt)
- Radiológiában a külsőre szorítkozunk, ezt kell minimalizálni
- A rtg vagy gamma sugárforrás expozíciós idejét csökkentve, csökkeni fog a kapott külső sugárdózis.



- Ha csökkentjük az expozíciós időt, akkor az effektív dózis részarányosan csökkenni fog, az időarányos dózis-csökkentésre - a vizsgálatra fordított idő csökkentésével - jól trenírozható a működtető személyzet



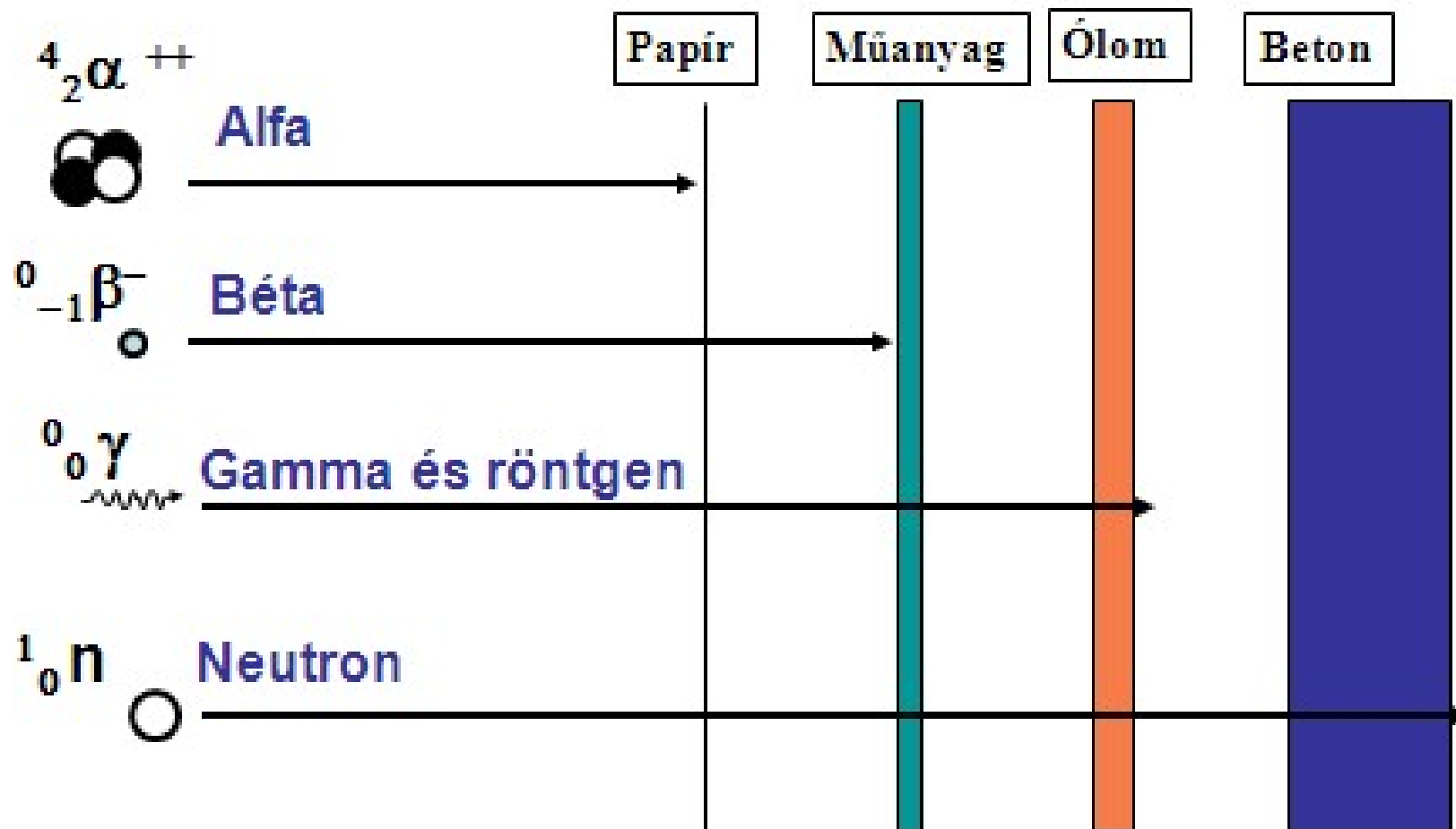
DEBRECENI
EGYETEM
ONKORADIOLÓGIAI KLINIKA

TÁVOLSÁG

- A dózis a távolság növelésével négyzetesen csökken.
- Ha megkétszerezzük a távolságot, az expozíció négyzetesen kisebb lesz.



Árnyékolás



Milyen árnyékolásokat alkalmazunk a gyakorlatban?

- α –sugárzók ellen:
Védőruházat, kesztyű elégséges.
Az inkorporáció elkerülése különösen kritikus fontosságú!
- β –sugárzók ellen:
pl. Plexilemez (vagy könnyűfémek, fémlemezek)
- γ –sugárzók ellen:
140 keV-ig (^{99m}Tc) kb. 1 mm Pb a TVL, ezen energia fölött célszerű ólomtéglát használni (vastagsága kb. 5 cm)



ÁRNYÉKOLÁS

- A biológiai árnyékolás egy olyan absorbens anyagra vonatkozik, ami a radioaktív forrás (reaktor) köré van helyezve, azért, hogy az ember számára biztonságos mértékűvé redukálja a sugárzást.
- Ennek a biológiai árnyékolásnak a hatásossága attól függ, hogy milyen a **szórása és absorbtioja** közötti keresztthatás, ami ennek az anyagnak az arra az egységre eső totalis tömegétől függ – ami a sugárforrás és a védendő régió között van.



Az árnyékolás erősségét vagy a vastagságot g/cm^2 ben mérjük.

- A sugárzás exponencialisan csökkenthető

Rtg gép / generator körül a falakban **ólomlemezeket** helyeznek el, vagy **barium sulphatot** tesznek a vakolatba.

- Az operatorok a vizsgálatot **ólmozott üvegen** át nézik
- Vagy, ha ugyanabban a szobában maradnak – **ólmogumi** öltözéket viselnek
- **Bármely anyagféleség szolgálhat rtg sugár, v.gamma sugár árnyékolásaként – csak legyen elég nagy a tömege / elég vastag**



Köszönöm a figyelmet!