

Új nemzetközi ajánlások a sugárvédelemben
Aktualitások az ICRP 2007. évi ajánlásaiból*

PROF. KÖTELES GYÖRGY

Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató
Intézet, Budapest

Összefoglalás:A Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság (ICRP), amely 1928-ban alakult, időről időre áttekinti a sugárvédelem helyzetét, igényeit, és ajánlásokat fogalmaz meg a szakma irányelveire, a sugárvédelmi határértékekre vonatkozóan. Legutóbbi ajánlásait 2007-ben fogadta el és adta ki. Az éveken át tartó viták és egyeztetések alapján, a tudományos eredmények összegyűjtését és értékelését követően, az ICRP számos korábbi véleményét megváltoztatta. Az ismertetett előadás kiemeli a lényeges változásokat, de bemutatja a változatlan elveket és határértékeket is. Az „ajánlások” nemzetközi jelentősége az, hogy a kormányközi nemzetközi szervezetek és a nemzeti hatóságok jogszabályaikban ezeket kötelező érvényűvé teszik.

Kulcsszavak: ICRP, sugárvédelem, nemzetközi ajánlások, határértékek

Egészségtudomány 53/1 (2009)
Közlésre érkezett:2008. december 3-án
Elfogadva: 2008. december 17-én

Prof.Dr.Köteles György,
OSSKI
1775 Budapest Pf. 101
Tel: 06-20-358-2720
Fax:1- 482-2003
E-mail: koteles@hp.osski.hu

Bevezetés

A sugárvédelemben az elvek és gyakorlati tevékenységek, mérési egységek harmonizációja –ha tetszik: a globalizáció– évtizedekkel ezelőtt elkezdődött. Ebben igen nagy, kezdeményező szerepe volt a Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottságnak (ICRP), amely ugyan 1928 óta működik, de széleskörű tudományos alapokon nyugvó ajánlásait először 1977-ben foglalta össze (1). Ezt akkor a dóziskorlátozás rendszerének nevezték. Tizennégy évre rá megjelent a sugárvédelem rendszerének nevezett újabb kiadványuk (2). Ezt követően a már számos kormányközi és nem-kormányközi nemzetközi szervezet, társaság és egyesület által elfogadott, meglehetősen szigorú téziseket, dóziskorlátozókat illetően, heves tudományos vita alakult ki, s ez mintegy 8 évig tartott. Végül 2007. március 21-én az ICRP elfogadta és kiadta legújabb ajánlásait (3). Úgy tekinthetjük, hogy néhány évre érvényesen újra állást foglaltak, egy újabb lépés történt a sugárvédelem elméleteinek sorában (4, 5).

A vita lényege az volt, hogy vajon indokolt-e a néhány mSv dózistartományig terjedő „kis dózisok” esetében egyenes arányú, küszöbnélküli dózis-hatás összefüggést (LNT – linear no-threshold – modell) alkalmazni és ennek megfelelően a nagy sugárvédelmi költségeket fenntartani, netalán fokozni. Előljáróban megjegyzem, hogy ez a „kis dózis” dilemma (6) az ICRP jelenlegi állásfoglalásával sem oldódott meg. Az ICRP elnökének korábbi szándékai jóval radikálisabbak voltak, utilitárius etikája alapján a kérdést onnan kívánta kezelni, hogy hány ember érint, mennyinek árt, vagy a költségek csökkenése mennyire használ a társadalomnak, stb. (7). Ez a felfogás elvetette volna az LNT érvényét kis dózisoknál, a lakossági dózis korlátot, vagy a kollektív dózisokra alapozott kockázatbecslést, ennek számszerűsítését.

Az alábbiakban sorjázom az egyes fontosabb kérdéscsoportokban ajánlott „megtartásokat”, amik nem változtak, és az újonnan bevezetendő változásokat.

A biológiai hatások értékelése

Az alábbi megállapítások a sugárvédelem szempontjából főleg azokra az egészségi hatásokra vonatkoznak, amelyek a mintegy 100 mSv-ig terjedő dózisoknak (akár egyszeri, vagy évi kumulált dózisok legyenek is) tulajdoníthatók.

A *determinisztikus hatásokra* vonatkozó – a közérthetőség kedvéért újabban „szöveti reakciók”-nak (tissue reactions) is nevezett – dózis-hatás összefüggést továbbra is változatlanul indokoltnak tartják, ezeknek ugyanis korcsoportoktól függetlenül, tehát felnőttekben és gyermekekben egyaránt, van küszöbdózisa, Ez a kis dózisok tartományában

kockázatmentességet eredményez. Úgy tűnik azonban, hogy a *szemlencse homályok* (cataracta, látás-sérülés) küszöbdózisának megállapítására további vizsgálatok szükségesek.

A *magzat* expozíciója esetén a sugárzás okozta szöveti reakciók dózis-válaszai – a fejlődési rendellenességek, az idegrendszeri hatások szintén küszöbértékek felett jelennek meg. Állatkísérletek alapján a küszöb mintegy 100 mGy. A szellemi elmaradás, amely a magzat 8–15. hét közötti expozíciójának következménye, az intelligencia hányados (IQ) csökkenésének küszöbdózisa mintegy 300 mGy. De hiszen kis dózisoknál ezeknek a kockázatoknak nincs gyakorlati jelentősége. Az *in utero* besugárzást követően a gyermekkori rosszindulatú betegségek kockázata mintegy háromszorosa az egész népességéhez viszonyítva. Elsősorban a leukémia gyakoriság nő, az un. szolid tumorok képződésében sok az epidemiológiai bizonytalanság.

Újabb foglalkoztak a *nem-rákos megbetegedések*, mint a szívbetegségek, agyvérzés, emésztőrendszeri és légzőrendszeri megbetegedések kockázatával. Az atomba támadás túlélői között ezeket a betegségeket mintegy 1 Gy felett lehetett észlelni. Kis dózisoknál nagy a bizonytalanság a dózis-válaszok összefüggéseiben, így kis dózisoknál ezek meghatározása nehéz.

A *sztochasztikus hatások*, mint a rák és az örökletes betegségek keltésében, a kis dózisoknál és kis dózisteljesítménynél az egyszerű arányos viszony a dózisznövekmény és a növekedett kockázat között tudományosan kézenfekvő feltételezés, de vannak bizonytalanságok ezen állításra vonatkozóan.

A kockázatbecslésnél sugárvédelmi célokra, a dózis és a dózisteljesítmény hatékonysági faktor (DDREF) 2-es értékét az ICRP60 (1991) ajánlotta. Ezt most is megőrzik. A kis dózisok esetére feltételezett küszöbdózisok lehetőségét a DDREF érték bizonytalan növekedésében látják. Új sugárzási (w_R) és szöveti súlytényezőket (w_T) javasolnak. Az ICRP60-hoz képest a legjelentősebb változások az emlőket, gonádokat és az un. többi (remainder) szöveteket érintik.

A w_T értékek változásai:

- az emlőkre 0,05-ről 0,12-re növekedett,
- a gonádokra 0,20-ról 0,08-ra csökkent,
- a fennmaradó (remainder) szövetekre 0,05-ről 0,12-re növekedett.

A rák előfordulási adatok alapján, a károsításra illesztett *nominális kockázati együtthatók*:

- teljes lakosságra $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$
- felnőttekre $4,1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.

Az ICRP60-ban ezek az értékek $6,0 \cdot 10^{-2}$ és $4,8 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.

A „nominal risk” értéke a populációkra és nem az egyénekre vonatkozik. Az értékeket mindkét nemre átlagolva adták meg. A mostani becslés alapja a rosszindulatú daganatok súlyozása a halálózásra és az életminőség romlására, míg az ICRP60 a végzetes ráknál a relatív életrövidülést, a nem-végzetes ráknál az életminőség romlását vette figyelembe. A jelenlegi ajánlás tehát összevonta a végzetes és nem végzetes rákok kockázatát. Megjegyzik, hogy a számértékekben a tizedes értékek nem a pontosságot jelzik, hanem csupán a számítás következményei. A rák kockázat in utero besugárzást követően nem tűnik nagyobbak, mint a korai gyermekkorban történő besugárzás esetén.

Az *örökletes betegségek*nél a károsításra illesztett valószínűségi együttható a második generációig $0,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ az egész népességre, és $0,1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ a felnőttekre. Az ICRP60-ban ezek az értékek 6–8-szor magasabbak voltak ($1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, ill. $0,8 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$).

Az *LNT modell logikája* tehát maradt, azonban a mintegy 100 mSv alatt ésszerű az így nyert kockázatot a DDREF értékkel csökkenteni. A DDREF értékének korábban megadott 2-es értékét megtartják, bár az például kromoszóma aberrációknál 2–6 közötti lehet, rákkeletkezésnél 2–3 közötti értéknek adódhat. Mindazonáltal nem valószínű, hogy akár biológiai, akár epidemiológiai erős tudományos bizonyíték születik majd az így módosított (LNT + DDREF) modell igazolására. Hangsúlyozzák, hogy semmiképpen nem helyes kis dózisok esetében a közegészségügyi hatások becsléséhez a rákesetek hipotetikus számát, vagy az örökletes hibák számát a lakosság nagy létszámára vonatkoztatni, felszorozni, s különösen nem hosszú idejű expozícióknál.

A legújabb, korszerű *biológiai, sugárbiológiai kutatások* számos olyan jelenséget tártak fel, amelyek a kockázatokat csökkenthetik, vagy akár növelhetik (8). Így az alkalmazkodási válaszadás, a hormezis, a spontán DNS helyreállítás képessége csökkenthetik, a sugárzás indukálta gén instabilitás, a közelhatás (bystander signalling) növelhetik a kockázatokat. Az intenzív kutatás tárgyát képező biológiai jelenségeknek azonban nagyon bizonytalan a módosító hatása, különösen kis dózisoknál, ezért egyelőre nem vonhatók le gyakorlati következtetések.

Különben is – érvel az ICRP – a nominális rákkockázat emberi epidemiológiai adatokból származik, így ha a fenti biológiai jelenségeknek van is hatása, azok már érvényesülhettek a

vizsgált populációban. A sugárzás indukálta egészségi hatások kialakulásában az indukált gén instabilitásra, a bystander sejt jelenségekre és az adaptív válaszadásra vonatkozó ismeretek elégtelenek még ahhoz, hogy sugárvédelmi szempontból figyelembe vegyék. Sok esetben ezek a sejt folyamatok benne foglaltnak a kockázat epidemiológiai mértékében.

Az egyéni érzékenységek különbségében felvetett genetikai fogékonysággal kapcsolatban úgy tartják, hogy a rosszindulatú daganatra hajlamosító, erős kifejeződésű gének ritkák, de kétségtelenül a hordozó személyek a normál populációnál fokozottabban érzékenyek a sugárzás daganatot okozó hatásaival szemben. A genetikai fogékonyság a sugárzás indukálta rák kialakulásában az erősen kifejeződő géneknél túl ritka ahhoz, hogy nyilvánvalóan eltolja a népességi kockázatra vonatkozó becsléseket, a gyengén kifejeződő gének lehetséges hatása még bizonytalan.

Az örökletes hatások kockázatának becslésében igen jelentős változások következtek be. Továbbra sincs ugyanis bizonyíték arra, hogy a szülő expozíciója az utód örökletes betegségét okozhatja. Tekintve, hogy állatkísérletekben ez a jelenség észlelhető az ICRP továbbra is indokoltnak tartja az odafigyelést.

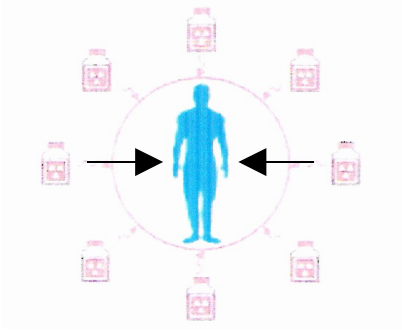
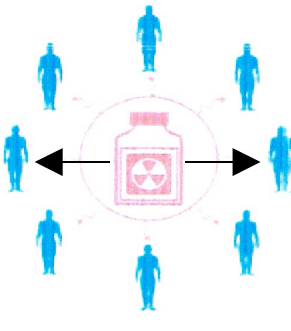
Elismerik, hogy a múltban túlbecsülték az örökletes hatások lehetőségét. A valószínűségi együtthatók kiszámításánál ugyanis abból indultak ki, hogy a genetikai kockázatot egy elméleti egyensúly fejezi ki a mutációk és a szelekciók között. Most azonban a genetikai kockázatot a második generációig becslik, annak tudatában, hogy nincs különbség a 2. és a 10. generációkban. Így a mostani 0,2%-os érték folyamatos kis dózisteljesítményű expozíció valószínűségi következményére vonatkozik 2 generáción át.

A sugárvédelem rendszere módosításokkal

Fenntartja a hármas alapelvet, nevezetesen az indokoltság, az optimálás és a dóziskorlátozás elveit megvilágítva, hogyan vonatkoznak a sugárforrásokra és az exponált egyénekre. Jól szemlélteti a dóziskorlátok, a dózismegszorítások és a referencia szintek alkalmazását a sugárforrásokra és az exponált emberekre vonatkozóan az 1. táblázat. *Tervezett* expozíciós helyzetben minden szabályozott forrásnál fenntartja az effektív és ekvivalens dózisosokra vonatkozó eddig is érvényes dóziskorlátokat.

I. TÁBLÁZAT: Dóziskorlátok, dózismegszorítások és referencia szintek alkalmazásai a népesség tagjai vagy a dolgozók védelmére

TABLE I. Dose limits compared with dose constraints and reference levels to protect members of the public or workers.

	
<p>Egyetlen forrástól minden expozíciós helyzetben Ez a jobb oldaliba jön Minden szabályozott forrástól tervezett helyzetekben</p>	
<p>Constraints and Reference Levels From all regulated sources</p>	<p>Dose Limits from a single source in all exposure situation in planned situations</p>

Háromféle expozíciós helyzetet jelöl meg, a tervezett, a veszélyhelyzeti és a már létező helyzeteket (planned, emergency, existing situations). Ezekre a helyzetekre ajánl dóziskorlátokat, dózismegszorításokat, illetve referencia szinteket, a korábban a folyamatra alapozott védelem „gyakorlatok” és „beavatkozások” (practices, interventions) helyett.

A 2. táblázat mutatja a „mikor – mit” ajánlásokat: a dóziskorlátokat és dózismegszorításokat a tervezett expozíciókra és referencia szinteket a veszélyhelyzeti és létező expozíciós helyzetekre.

II. TÁBLÁZAT: **Dózismegszorítások típusai a sugárvédelmi rendszerben az expozíciós helyzetektől és az expozíciós kategóriáktól függően**

TABLE II. **The types of dose restrictions used in the commission's system of protection in relation to type of exposure situation and of category of exposure.**

A helyzet jellege Type of situation	Foglalkozási expozíció Occupational exposure	Népességi expozíció Public exposure	Orvosi expozíció Medical exposure
Tervezett expozíció Planned exposure	Dóziskorlát Dózismegszorítás Dose limit Dose constraint	Dóziskorlát Dózismegszorítás Dose limit Dose constraint	Diagnosztikus referencia szint Diagnostic reference level
Veszélyhelyzeti expozíció Emergency exposure	Referencia szint a Reference level	Referencia szint Reference level	N.A.b
Meglévő expozíció Existing exposure	Referencia szint Reference level	Referencia szint Reference level	N.A.b

a Hosszú időtartamú helyreállító tevékenységet úgy kell tekinteni, mint a tervezett foglalkozási expozíció részét.

b Nem alkalmazható – not applicable

A kötet részletes összefoglaló és összehasonlító táblázatot közöl az 1990-es és a 2007-es ajánlások védelmi kritériumaira. E helyen csupán a fontosabb helyeket, illetve változásokat emelem ki:

- a tervezett expozíciós helyzetekben az egyéni dóziskorlátok között a magzatra csak az 1 mSv értéket jelöli és elhagyja a korábbi kritériumot, a terhes hasfalra vonatkozó 2 mSv-t,
- a lakossági expozíciók dózismegszorítás értékei nem változnak,
- a vészhelyzeti expozíciós helyzetekre korábban megadott beavatkozási (interventional) szintek (élelmiszer, elzárkóztatás, kimenekítés, stabil jód osztás, visszatelepítés) helyett 20 és 100 mSv/év közötti referencia szintek megjelölését ajánlja a helyzetnek megfelelően. Ez tehát bő teret biztosít a nemzeti sugárvédelmi hatóságok szabályozási feladatainak teljesítéséhez.

A már meglévő expozíciós helyzetekre a korábban megadott dózistartományok, beavatkozási szintek helyett, referencia szintként egy-egy felső határt ad. Így a radon koncentrációra lakásokban 10 mSv/év ($600 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$), munkahelyeken 10 mSv/év ($1500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$).

A természetesen előforduló radioaktív anyagokra, a természetes háttérsugárzásra vonatkozóan az emberi környezetben a helyzetnek megfelelően 1–20 mSv/év közötti tartományt javasol referencia szintek kiválasztására.

Bár a dóziskorlátok értékei nem változtak, az újonnan tájékozódó olvasó számára a 3. táblázat mutatja be ezeket.

A szóban forgó kiadvány korszerűsítette az egyenértékdózisok és az effektív dózisok mennyiségében szereplő *sugárzási és szöveti súlytényezők* értékeit (w_R , w_T). A w_R értékét a

neutron sugárzás esetében az energiafüggés folyamatában jelöli ki, továbbá 2-es értéket ad a protonra és a töltött pionokra.

Míg a korábbiakban a sugárvédelem az ember védelmére koncentrált, most felhívják a figyelmet *a környezet egyéb élőlényének védelmére* is. Ezt a teljesen új feladatot igen röviden írják le azzal, hogy törekedni kell egy keretrendszer kifejlesztésére, referencia növények és állatok megtalálására, kijelölésére, a dózis-válaszok feltárására. Nyilvánvaló, hogy ez az irány sok-sok év munkája lesz földrajzi, klimatikus, évszaki, stb. feltételek és körülmények figyelembe vételével.

III. TÁBLÁZAT: Ajánlott dóziskorlátok tervezett expozíciós helyzetekre¹

TABLE III: Recommended dose limits in planned exposure situations

A korlát típusa Type of limit	Foglalkozási Occupational	Lakossági Public
Effektív dózis Effective dose	20 mSv/év 20 mSv per year 5 évre átlagolás ⁴ averaged over defined periods of 5 years	1 mSv/év ⁵ 1 mSv in a year
Évi egyenértékű dózis Annual equivalent dose		
Szemlencse Lens of the eye	150 mSv	15 mSv
Bőr ^{2,3} Skin	500 mSv	50 mSv
Kezek, lábak Hands and feet	500 mSv	-

¹ Az effektív dóziskorlátok a külső expozíció effektív dózisának (egy bizonyos időszakban) és a lekötött effektív dózis (radionuklid felvételtől ugyanabban az időben) összege. Felnőttekre a lekötött effektív dózist 50 éves periódusban számoljuk a felvétel után, gyermekekre 70 éves korig.

² Az effektív dóziskorlát kellő védelmet nyújt a sztochasztikus hatások ellen a bőrön.

³ A bőr 1 cm²-ére átlagolva tekintet nélkül az exponált területre.

⁴ Az effektív dózis nem haladhatja meg 50 mSv-t bármely egyetlen évben. További korlátozások vonatkoznak terhes nők foglalkozási expozíciójára.

⁵ Különleges körülmények között az effektív dózis nagyobb értéke a megengedhető egyetlen évben feltéve, ha az 5 évre átlagolt dózis nem haladja meg az 1 mSv/év értéket.

IRODALOM

1. *ICRP26*: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP1977. 1, N° 3.
2. *ICRP60*: 1990 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP, 1991. 21, N° 1-3.
3. *ICRP103*: 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP 2007. 37, N° 2-4.
4. *Köteles Gy.*: Sugárbiológiai és sugáregészségtani szemléletek, in „Szemlények a nukleáris tudomány történetéből”, (szerk. Vértes Attila) Akadémiai Kiadó, előkészületben

5. *Köteles Gy*: Biológiai ismeretek és sugárvédelmi szabályozás, Fizikai Szle, 2004. 54, 374-376,
6. *Köteles Gy*: Vita és gondolatok az ionizáló sugárzás kis dózisainak hatásairól, Egészségtudomány, 1999. 43, 329-338,
7. *Clarke, R.*: Control of low-level radiation exposure: time for a change? J. Radiol. Prot., 1999. 19, 107-115,
8. *Köteles Gy*: A sugárhatást módosító biológiai tényezők bővülése, Fizikai Szle, 2000. 50, 374-376,

PROF. GYÖRGY KÖTELES

National „Frédéric Joliot-Curie” Research Institute of
Radiation Biology and Radiation Health, Budapest

H-1775 Budapest Pf. 101

Tel: 06-20-358-2720

Fax: 1- 482-2003

E-mail: koteles@hp.osski.hu

On the new recommendations of the ICRP:

Abstract: The International Commission on Radiological Protection founded in 1928 from time to time revises the radiation protection philosophy and regulations as well as the contemporary requirements and issues recommendations on the basic principles and dose limitations. Its recent recommendations were issued in 2007, i.e. ICRPPubl.10. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Based on scientific debates through many years several earlier opinions have been changed. The present review points out the new important changes as well as mentions the unchanged principles and dose limits. The review has been prepared for the Hungarian professionals not strictly to health physicists. The international importance of the recommendations is emphasized for regulators as being an obligation in the legal instruments of intergovernmental international organizations and also of national regulations.

Keywords: ICRP, radiation protection, international recommendations, dose limits
