



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

**MÓDSZERTANI ÚTMUTATÓ**

**Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek  
sugármentesítése  
(dekontaminálása és dekorporációja)**

összeállította: Dr. Turai István

Budapest  
2006

Készült az  
Országos Tisztiorvosi Hivatal  
Országos Fodor József Közegészségügyi Központ  
**Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és  
Sugáregészségügyi Kutató Intézet**  
Sugárorvostani Osztályán,  
1221 Budapest, Anna u. 5.  
Tel: 4822-001, Fax: 4822-003  
E-mail: [radbiol@hp.osski.hu](mailto:radbiol@hp.osski.hu) [www.osski.hu](http://www.osski.hu)

Írta és szerkesztette:

**Dr. Turai István**, MD, MPH, PhD, Assoc.Prof.,  
főtanácsos, osztályvezető főorvos, OSSKI  
az Egészségügyi Világszervezet Sugársérültek Ellátására Felkészítő  
Sugáregészségügyi Együttműködő Központjának vezetője  
Tel/Fax: 482 2028  
E-mail: [Turai@hp.osski.hu](mailto:Turai@hp.osski.hu)

Lektorálták:

**Prof. Dr. Köteles György**, az MTA doktora  
**Dr. Horváth Győző**, osztályvezető főorvos

Publikálásra jóváhagyta és a kiadásért felelős:

**Dr. Pellet Sándor**, igazgató főorvos, OSSKI

\*

ISBN 963-06-1191-0

ISBN 978-963-06-1191-6

Országos Tisztiorvosi Hivatal Nyomdája  
Felelős vezető: Vizinger Ferenc

## **Tartalomjegyzék:**

<i>Rövidítések</i>	4
A sugárbaeset és a sugárszennyeződés fogalma, jogi háttér	5
A személyi sugárszennyeződés okai és előfordulásuk a világban és hazánkban	6
A sugárszennyezett sérültek helyszíni ellátása	8
A sugárszennyezett sérültek ellátásának sürgősségi sorrendje a betegfelvételi osztályon	9
A sugárszennyezetségi mértékének meghatározása és csökkentése (dekontaminálás)	10
A belső sugárszennyeződés kimutatása és kezelése (dekorporáció)	12
A sugárszennyezett sérültek ellátásának tárgyi feltételei	13
A sugársérült-ellátás oktatása és gyakorlása	14

## *Függelék:*

Kórházi betegfelvételi osztály sémája a sugárszennyezett személyek fogadására	16
Minimális sugármentesítő (dekontaminációs) készlet	17
Hatékony szerek és módszerek a bőrfelület sugármentesítésére	18
A belső sugárszennyeződést okozó, sugáregészségügyi szempontból fontosabb radionuklidok fizikai és radiotoxikológiai jellemzői, a szervezetből való eltávolításukat elősegítő gyógyszeres kezelés (dekorporáció):	
Trícium, $^3\text{H}$	20
Kobalt, $^{60}\text{Co}$	23
Stroncium, $^{90}\text{Sr}$	27
Jód, $^{131}\text{I}$	32
Cézium, $^{137}\text{Cs}$	37
Rádium, $^{226}\text{Ra}$	41
Urán, $^{235}\text{U}$	44
Urán, $^{238}\text{U}$	49
Plutónium, $^{239}\text{Pu}$	54
Amerícium, $^{241}\text{Am}$	59
Arany, Higany, Ólom, Polónium és Réz	63
<i>Felhasznált irodalom</i>	64

### ***Rövidítések***

ÁNTSZ	- Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat
ATOMKI	- a Magyar Tudományos Akadémia Atommag Kutató Intézete (Debrecen)
Bq	- becquerel, a radioaktivitás mértékegysége (1 Bq = 1 bomlás/sec)
DTPA	- dietilén-triamin-penta-acetát
EDTA	- etilén-diamin-tetra-acetát
ETSZ	- egészsztest-számláló
EVSZ	- Egészségügyi Világszervezet (WHO, Genf)
Gy	- gray, az elnyelt dózis mértékegysége (1 Gy = 1 J/kg, 1 Gy = 100 rad)
KI	- kálium jodid
KMnO <sub>4</sub>	- kálium permanganát
NAÜ	- Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA, Bécs)
OTH	- Országos Tisztiorvosi Hivatal (Budapest)
PARt	- Paksi Atomerőmű Részvénytársaság (Paks)
U.V.	- ultraibolya fény

## **A sugárbaleset és a sugárszennyeződés fogalma, jogi háttér**

A “Sugárbalesetek egészségügyi ellátásának tervezése” című, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) és az Egészségügyi Világszervezet (EVSZ) közös, 4.sz. biztonsági riportja értelmében

*“A **sugárbaleset** - az ionizáló sugárforrás(ok) alkalmazása során fellépő nem szándékos, váratlan esemény, amely jelentős mértékű emberi sugárterhelést és/vagy anyagi kárt okozhat<sup>1</sup>.*

Sugárbalesetek – a közhiedelemmel ellentétben – meglehetősen ritkán fordulnak elő. Az elmúlt 60 év alatt 420 olyan sugárbalesetet regisztráltak világszerte, amely potenciális vagy tényleges egészségügyi következménnyel járt. A baleseti mértékű sugárterhelést<sup>2</sup> kapott 3000 személy között mintegy 800 esetben lépett fel klinikai sugársérülés és 134 haláleset fordult elő, beleértve a csernobili reaktorbaleset 28 áldozatát<sup>3</sup>.

A 64/2005. (XII.22.) EüM rendelet<sup>4</sup> értelmében akkor beszélhetünk baleseti mértékű sugárterhelésről, ha az egész testben elnyelt dózis meghaladja a 250 mSv-t, illetve a klinikai tünetek vagy a dózisbecslés alapján a bőrfelület egy része 6 Gy-nél, a szemlencse 2 Gy-nél, vagy egyéb egyes szervek 3 Gy-nél nagyobb elnyelt dózist kaptak.

Magyarországon az elmúlt 40 évben egy esetben regisztráltak egészségkárosodást okozó sugárbalesetet: a sugárvédelmi előírások durva megszegése miatt egy ipari radiográfiai szakmunkás három kezujjára kiterjedő, nedves hámfoszlással és bőrfekélyesedéssel járó sugárégés lépett fel, amely következtében – több év

múltán - egyetlen ujjperc amputálása vált szükségessé.<sup>5</sup> Egészségi ártalmat okozó belső sugárszennyeződés hazánkban nem fordult elő. Ugyanakkor az utóbbi esetek nem zárhatók ki (akár véletlenszerű baleseti, akár szándékos maliciózus esemény következtében). Ezért – az ország néhány kijelölt kórházában (a 64/2005. EüM rendelet szerint) - fel kell készülnünk az esetleges személyi sugármentesítésre mind külső (a testfelület), mind belső sugárszennyeződés eseteiben. Ehhez jogi keretet az 1996.évi Atomtörvény s annak a végrehajtását szabályozó 16/2000. EüM rendelet biztosítja.

#### 1996.évi CXVI. Törvény az atomenergiáról<sup>6</sup>:

A (2) bekezdés o) pontja szerint “Felhatalmazást kap az egészségügyi, szociális és családügyi miniszter, hogy rendeletben állapítsa meg:

o) a sugársérültek vagy arra gyanús személyek egészségügyi ellátásának szabályait.”

A 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet szabályozza az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtását<sup>7</sup>. A rendelet az alábbiak szerint határozza meg a sugárszennyezettség fogalmát:

„*Radioaktív szennyezés* - Bármely anyag, felület vagy személy, vagy a környezet szennyeződése radioaktív anyaggal. Az emberi test radioaktív szennyeződése magában foglalja mind a bőr külső, mind a szervezet belső szennyeződését, tekintet nélkül a radionuklid-felvétel útvonalára.”

#### **A személyi sugárszennyeződés okai, előfordulásuk a világban és hazánkban**

A radioaktív anyagok ipari, orvosi és kutatási célú alkalmazása esetenként eredményezheti az emberi

szervezet külső és/vagy belső sugárszennyeződését is<sup>8</sup>. Ehhez különböző körülmények és okok vezethetnek, mint

- nukleáris reaktorbaleset, amely során a reaktorcsarnokba kiszökő radionuklidok (főképpen az illékony radioaktív cézium- és jódizotópok) aeroszól vagy gáz formájában belégzés vagy lenyelés útján bejuthatnak az emberi szervezetbe,

- az oldat- vagy porformában lévő sugárzó anyagokkal végzett munka során a sugár-biztonsági előírások véletlen (vagy esetenként szándékos) megszegése,

- a zárt sugárforrások sérülésekor fellépő balesetek,

- a diagnosztikai vagy terápiás céllal használt radiofarmakonok pontatlan vagy téves adagolása miatti balesetek,

- a nukleáris fűtőanyag előállítása vagy újrafeldolgozása, illetve a radioaktív hulladékok kezelése és szállítása során bekövetkező balesetek,

- terrorisztikus célú sugárszennyezés: elméletben nem kizárható, de a gyakorlati alkalmazás – pl. az ún. **„piszkos bomba”**, avagy a tömeges fogyasztásra rendeltetett ivóvíz- vagy élelmiszerkészletek, illetve a tömeges emberi tartózkodásra létesített zártterű helyiségek és létesítmények (pl. nagy áruházak, sportcsarnokok, koncerttermek, metró) szándékos sugárszennyezése – ezideig nem fordult elő. Mindamellet az egészségügyi szakszolgálat felkészítése hasonló esetek felismerésére és orvosi ellátására fontos feladat.<sup>3</sup>

Nyitott radioaktív készítményekkel nagyon ritkán fordultak elő sugár-balesetek. Az elmúlt 60 évben a világban mindössze 90 olyan balesetet regisztráltak,

amely során radioaktív anyagok kerültek egy vagy több ember szervezetébe, illetve a bőrfelület egy részére.<sup>9</sup> Ezen esetekben a belső sugárszennyeződés miatti potenciális ártalom felismerése, és a súlyos esetekben a sürgősségi ellátás nagyon fontos, akár életmentő lehet. Legtöbbször csak egy-két főt érint a belső sugárszennyeződés, de ritkán előfordulnak tömeges esetek is. Utóbbiak közül legnagyobb sugáregészségügyi jelentőséggel bírt a csernobili reaktorbaleset (Szovjetunió, 1986)<sup>10, 11</sup> és a goiániai radiológiai baleset (Brazília, 1987)<sup>12</sup>. Egészségkárosodást okozó személyi sugárszennyeződés a hazai izotópkalmazási gyakorlatban nem ismeretes.

### **A sugárszennyezett sérültek helyszíni ellátása**

Miután a baleseti sugárterhelés (túlexpozíció) önmagában nem követel azonnali helyszíni orvosi ellátást<sup>3</sup>, továbbá a baleseti sugárterhelés az esetek többségében egyéb károsító tényezővel együtt lép fel (pl. mechanikai sérülés, termikus vagy kémiai expozíció), így a kárhelyre érkező mentő- vagy elsősegélynyújtó csoport elsődleges feladatai<sup>1,8</sup>:

1. a sérült személy(ek) **életmentése**, életveszélyes állapotának megszüntetése,
2. a beteg állapotának stabilizálása,
3. a sugárszennyezett ruházat lecserélése a mentőautóban lévő tiszta ruhával, lepedővel vagy takaróval, ha a körülmények ezt lehetővé teszik,
4. a személyi doziméterek begyűjtése (ha viselték a baleset alatt)
5. vérminta vétele biodozimetriai célra (és mielőbbi eljuttatása az OSSKI-ba),



6. további személyek sugárexpozíciójának megelőzése vagy csökkentése (a sérültek eltávolítása a sugárforrástól) és
7. a rendőrség, illetve a helyi/regionális sugárbiztonsági szolgálat értesítése.

Megítélésünk szerint az egészségügyi ellátó rendszer igénybevétele csak olyan esetben indokolt, ha a baleset (vészhelyzeti esemény) következtében az alábbi feltételek valamelyike fennáll:

1. sugárveszélyes munkahelyen nem sugárzás vagy radioaktív anyag miatt, hanem más okból bekövetkező sérülés (mechanikai sérülés, vegyi anyagok okozta heveny vagy várható rosszullét)
2. a körülményekből adódóan várhatóan jelentős külső sugárexpozíció (homogén vagy inhomogén egésztest, illetve lokális besugárzás)
3. jelentős mértékű külső radioaktív elszennyeződés önmagában vagy egyéb sérüléssel kombinálódva (e tekintetben az egyébként kis jelentőséggel bíró sebzések is indokolják az intézeti ellátást a belső elszennyeződés lehetősége miatt)
4. Radioaktív anyagok szervezetbe jutásának gyanúja esetén.

**A sugárszennyezett sérültek ellátásának sürgősségi sorrendje a betegfelvételi osztályon,** amely megtalálható vagy kialakítható (ld. Függelék, 1. ábra) a 64/2005. EüM rendeletben kijelölt kórházakban és a nukleáris létesítmények – így a Paksi Atomerőmű Rt - egészségügyi szolgálatánál:

1) Elsődleges teendő – újralesztés, az életveszélyes állapotok (vérzés, shock, termikus égési sérülések, törések, stb) kezelése,

2) Másodlagos teendő – a sugárszennyezettség súlyosságának értékelése, személyi sugármentesítés (a sugárszennyezett testfelület langyos vizes lemosása, ügyelve arra, hogy a mosófolyadék sebbe és testnyílásokba ne jusson),

3) Harmadlagos teendő – belső sugárszennyeződés gyanúja esetén:

3.1. biológiai minták (orr- és torokváladék, vér, vizelet, széklet) levétele, illetve meggyűjtése (24-órás vizelet és széklet, további mérések céljára),

3.2. radioaktivitásmérés az egésztestben és – radiojód-inkorporáció gyanúja esetén – a pajzsmirigyben,

3.3. sugárszennyezett sebek dekontaminálása, szükség esetén kimetszése,

3.4. belső sugárszennyeződés esetén dekorporálószer alkalmazása.

Sugármentesítés és dekorporálás után a beteg szakellátásra átszállítható a megfelelő profilú kórházi osztályra.

### **A sugárszennyezettség mértékének meghatározása és csökkentése (dekontaminálás)**

A fentebb ismertetett feladatok következetes betartása értelmében az életmentési és sürgősségi feladatok elvégzése után kerülhet sor a sugárszennyezettség mértékének meghatározására. Ehhez megfelelő felületi sugárszennyezettség-mérő eszközökre van szükség. Tömeges sugárszennyezettség gyanúja esetén (mint pl. a goianiai sugárbaleset<sup>12</sup> idején) előbb célszerű a mérőműszer gyors pásztázó test körüli mozgatásával

megbecsülni az érintett személyek sugárszennyezettségének a fennállását vagy hiányát.

Sugárszennyezettség kimutatása esetén az érintett személyek ruházatát és cipőjét le kell cserélni, zuhanyozás és alapos hajmosás után ismét meg kell mérni a sugárszennyezettséget a szárazra törölt bőrfelület felett. A zuhanyozást és hajmosást akár többször meg kell ismételtetni, amíg a testfelület sugárszennyezettségének mértéke nem csökken a biztonságos szintre. Az egészségkárosodás veszélyével nem járó biztonságos szintnek tekintendők a *sugármentesítési beavatkozási szint* alatti sugárzóanyag koncentrációk egységnyi testfelületen.

Így az MSZ 62-7 (1999)<sup>13</sup> Magyar Szabvány a testfelület (100 cm<sup>2</sup>-re átlagolt bőr) *felületi sugárszennyezettség beavatkozási szintjeit* az alábbiak szerint határozza meg:

alfa-sugárzókra            0,5 Bq/cm<sup>2</sup>,  
béta-sugárzókra            5 Bq/cm<sup>2</sup>, illetve  
<sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C és <sup>99m</sup>Tc esetén 50 Bq/cm<sup>2</sup>.

Nyitott radioaktív készítményekkel bekövetkezett baleset során minden seb és horzsolás sugárszennyezettnek tekintendő mindaddig, amíg mérés nem igazolja a radioaktív anyag jelenlétének hiányát a kérdéses bőrfelületen vagy a sebben. Amennyiben a seb kimosása (fiziológiás sóoldattal) nem eredményes, a macerált sebszélék, illetve a más módon kontaminált seb kimetszése hatékony megoldást nyújthat. Erre a célra szükséges egy kisműtő kialakítása a betegfelvételi részlegben (ld. 1. ábra).

Az 1. boxban látható a minimális dekontaminációs készlet (ld.Függelék), míg a 2. box mutatja be a bőrfelület sugármentesítésére szolgáló hatékony szereket és módszereket.

## **A belső sugárszennyeződés kimutatása és kezelése (dekorporáció)**

Radioaktív anyagok többféle módon bejuthatnak az ember szervezetébe: beléggzéssel, lenyeléssel (táplálékkal, ivóvízzel), az ép vagy a sebzett bőrön át. Fizikai és kémiai formájuktól függően gyorsan és teljesen, vagy lassan és néha csak elenyészően csekély mértékben szívódnak fel a vérbe. Többnyire gyorsan és nagymértékben kiválasztódnak a szervezetből vizelettel és széklettel, de esetenként felszívódnak a vérbe, lerakódnak egyes szervekbe s csak igen lassan ürülnek ki a testből, sokszor csak a fizikai bomlás útján.

### *Indirekt módszer a belső sugárszennyeződés mérésére*

Erre a célra alkalmazható az exkréciós elemzés. 24-óra alatt gyűjtött, majd a további napokon vett vizelet- és székletmintákban mérhető a radioaktív anyagok aktivitáskonzentrációja. Ebből lehet következtetni az sugárszennyeződés mértékére, s a testben lévő sugárzó anyag mennyiségére, illetve az ettől becsülhető egészségkárosodás mértékére, a szükséges speciális kezelés elkezdésének, illetve fenntartásának idejére. Az orr- és torokváladékok, illetve a vér radioaktivitásának mérése bizonyos esetekben ugyancsak hasznos információt szolgáltathat (az inhalációs szennyeződésről, avagy a neutron-sugárzás jelenlétéről és hatásáról).

### *Direkt módszer a belső sugárszennyeződés mérésére*

In vivo mérésre szolgálnak a stacioner vagy mobil „egésztetszámláló berendezések” (ETSZ), a pajzsmirigymérésre alkalmas hordozható szcintillációs detektorok, illetve a speciális mérőeszközök, mint a

plutónium-sebmonitor és Pu-mérő mellkasmonitor, gamma kamera, pásztázó mérőberendezések.

*A belső sugárszennyeződést okozó fontosabb radionuklidok és kezelésük* – ld. Függelék 3.melléklet.

### **A sugárszennyezett sérültek ellátásának tárgyi feltételei**

- *sugárázsmérő műszerek* – így felületi szennyezettségmérő, dózisteljesítménymérő műszerek, önleolvasós ionizációs kamrás tolldoziméter a személyzet részére, pajzsmirigymérő detector vagy szcintigráf, üreges mérőhely és analízátor a biológiai minták radioaktív szennyezettsége tényének közelítő becslésére. Nuklidspecifikus aktivitásmérésre az OSSKI-ba, illetve az ÁNTSZ regionális Sugáregészségügyi Decentrumába kell küldeni a biológiai mintákat (orr- és torokváladék, vér, vizelet, széklet) pontosan felcímkézve a mintaadó nevének, s a mintavétel pontos időpontjának feltüntetésével.  
Ha a beteg általános állapota lehetővé teszi, s a belső sugárszennyeződés gyanúja indokolja, egésztest-számlálás (ETSZ) mérésre kell küldeni a sugársérültet az OSSKI-ba, vagy a területileg könnyebben elérhető ETSZ laborba (pl. a PART-nál Pakson, vagy az ATOMKI-ban Debrecenben),
- *biológiai mintavételi eszközök és anyagok* – steril fecskendők vérminta vételekhez, különböző méretű pvc-tartályok, zacskók és zsákok a többi biológiai minta levételéhez, a radioaktív hulladékok gyűjtésére és tárolására,

- *táblák (öntapadós is “Sugárveszély” felírással), műanyag lánc és címkék* – a sugárveszélyes terület, illetve a sugárveszélyes anyagok jelzésére és lezárására, illetve a levett biológiai minták felcímkezésére,
- *sebészeti kisműtő* – a sugárszennyezett sebek ellátására, kisebb műtéti beavatkozások elvégzésére,
- *dekontamináló felszerelés és dekorporálószer* – zuhanyzók és betegfürdető kád(ak) önálló szennyvízgyűjtővel, sampon, szappan, sok textília (törülközők, lepedők, köpenyek, papucsok). A minimális dekontamináló készlet, dekontamináló szerek és a dekorporációs kezelés megtalálható a *Függelékben*,
- *védőruházat* – az egészségügyi ellátó személyzet részére, amely csak a potenciálisan sugárszennyezett területen használható.

## **A sugársérült ellátás oktatása, gyakorlása**

A veszélyes (biológiai, vegyi és radioaktív) anyagokkal kapcsolatos balesetelhárítási feladatok speciális kihívást jelentenek az ellátásért felelős intézmények és személyzet számára.

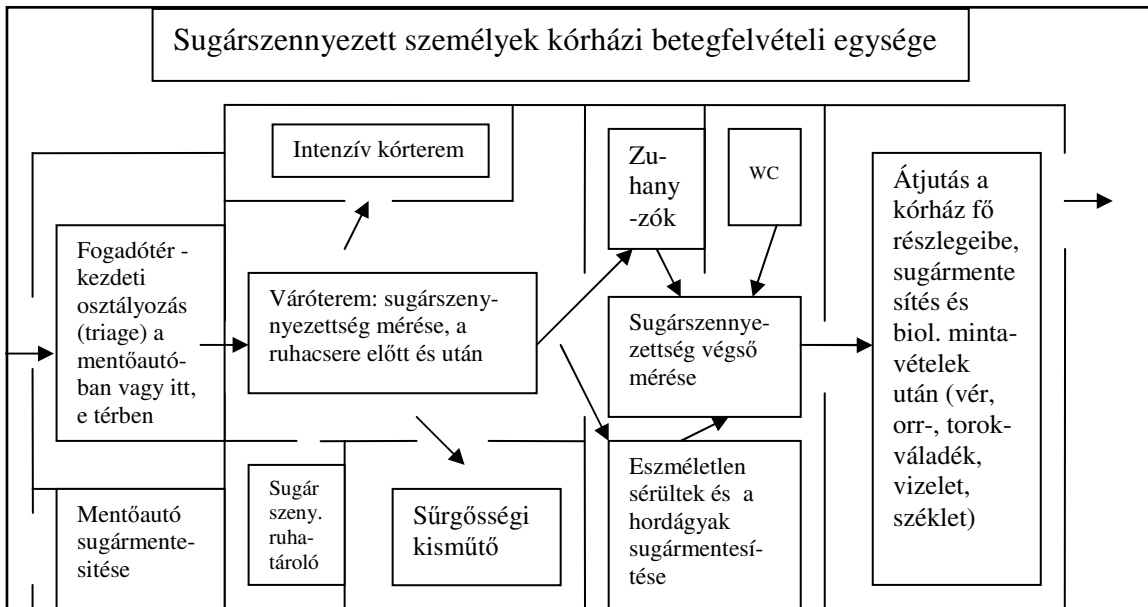
A radioaktív anyagok kiterjedt felhasználása megköveteli, hogy az elsősegélynyújtók, továbbá a mentők és különösen a kijelölt egészségügyi intézmények személyzete megfelelő sugárbaleset-elhárítási ismeretekkel rendelkezzen. A 16/2000. EüM rendelet 4.sz. melléklete előírja, hogy a sugársérültek ellátásával kapcsolatos ismeretek az átfogó fokozatú sugárvédelmi továbbképzés részét képezik. A 64/2005 (XII.22.) EüM

rendelet\_kötelezi a kijelölt egészségügyi intézmények vezetőit, hogy tegyék lehetővé a sugársérült-ellátási munkacsoportban résztvevő orvosok ötévenkénti sugárorvostani továbbképzését. A továbbképző tanfolyamot az OSSKI tartja, az OTH által jóváhagyott képzési tematika alapján.

Az aktuális helyzetnek megfelelő sugárbaleset-elhárítási tevékenység hatékonysága nagy mértékben függ az előzetes tervezéstől, felkészüléstől, gyakorlástól és ellenőrzéstől. Ezért elengedhetetlenül fontosak a *szimulációs gyakorlatok*, amelyek a sugársérült-ellátásra kijelölt fekvőbeteg intézményekben legalább két évente elvégzendő

## Függelék

1. ábra: A sugárszennyezett személyek kórházi betegfelvételi osztályának kialakítása – a szükséges helyiségek kialakítása, rendeltetése és a betegáramlás útvonala





1. box:

Minimális sugármentesítő (dekontaminációs) készlet<sup>13</sup>:

1. 2 db 25 cm-es csipesz
2. 2 db 15 cm-es csipesz
3. 5 pár gumi-, vagy műanyagkesztyű talkumozva
4. 5 pár fél négyzetméteres fólia (cipők szennyeződésének megelőzésére)
5. 1000 g mosó, vagy mosogatószer (szennyezett felületek lemosására)
6. 1000 g vatta
7. 500 ml 10%-os trinátriumfoszfát oldat
8. 1000 ml 2%-os technikai minőségű Komplexon III. oldat (elsősorban testfelületek mentesítésére)
9. 1000 ml 10%-os sósav vagy salétromsav (kizárólag tárgyak mentesítésére)
10. 5 db nagyméretű műanyagzsák (hulladékgyűjtésre)
11. 1 db szemöblítő pohár
12. 500 ml 0.9%-os konyhasóoldat.

## 2. box:

Hatékony szerek és módszerek a bőrfelület sugármentesítésére<sup>8</sup>

**Szappan, tusfürdő és sampon** a bőr és a haj lemosásához (a pH~5 körüli, langyos vizes oldat optimális)

### **Kelátképző oldatok:**

10%-os EDTA a bőr és a haj dekontaminálására transzurán és ritka földfém-vegyületekkel történő szennyeződés esetén,

1%-os savas (pH~4) DTPA oldat a bőr dekontaminálására transzuránok, lantanidák, illetve fémek (Co, Fe, Zn és Mn) vegyületeitől,

**Kálium permanganát**, 5%-os vizes oldat (oxidálószer) a bőr felső szarurétege óvatos eltávolítására, amely

- nem alkalmazandó az arcra, a testnyílások körül és a genitáliákon,
- csak akkor használandó, ha a szokásos lemosás hatástalan,
- alkalmazása után redukálószeres oldat használandó, amelyet alapos leöblítés (zuhanyozás) kövessen.

**Hidroxilamin vagy kálium hiposulfit**, frissen készített 5%-os vizes oldat amely a  $\text{KMnO}_4$  vagy a Lugol oldat használata után alkalmazandó. Ezután alapos leöblítés (vagy zuhanyozás) következzen.

**Gyulladásgátló kenőcsök** – fixálódott sugárszennyeződés esetén alkalmazandó, 24-48 órán át nyomókötés formájában (ozmótikus grádienszt képez, amely a sugárzó anyagokat a bőrből kifelé áramoltatja – az ujjak dekontaminálására különösen előnyös).

**Izotóniás fiziológiai sóoldat** a szemek átöblítésére, kimosására.

**Lugol oldat** (50 mg jód és 100 mg KI mL-ként) a bőr lemosására radioaktív jódizotópokkal történt szennyeződés esetén. Kálium hiposzulfit oldatos lemosás, majd bőséges vizes leöblítés kövesse.

**Ecetsavas oldat** (pH 4-5) vagy ecetes lemosás <sup>32</sup>P-kontamináció esetén, amelyet bőséges vizes leöblítés kövessen.

**Izotóniás 1.4 %-os bikarbonát oldat** uránvegyületek eltávolítására.

3. melléklet: A belső sugárszennyeződést okozó fontosabb radionuklidok fizikai és radiotoxikológiai jellemzői, a szervezetből való eltávolításukat elősegítő gyógyszeres kezelés (dekorporáció) <sup>8,14,15</sup>

## Trícium, <sup>3</sup>H:

**Radioaktivitás jellemzői -  $T_{1/2}$ :** 12.35 év

Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):

Sugárzás-típus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$\beta^-$	$5.68 \cdot 10^{-3}$	100

## **Anyagcsere – a szervezetbe való bejutás kinetikai jellemzői**

<b>Bejutási kapu</b>	<b>Kémiai forma</b>	<b>Kiürülési idő a bejutási kapuból</b>	<b>Felszívódás a felvétel %-ában</b>
Tüdő (belégzés)	Víz	Pár perc	100 %
Tápcsatorna (lenyelés)	Víz	Pár perc	100 %
Bőr	Víz	Pár perc	100 %

## **Retenció jellemzők**

<b>Célszerv</b>	<b>Eloszlás a szervezetben</b>	<b>Kiürülési idő a szervezetből</b>
Valamennyi szerv	100 %	Néhány hét

### **Elsődleges kiürülési útvonal**

Bármely módon is kerül a trícium a szervezetbe, elsődlegesen a vizelettel távozik.

### Egyéni monitorozási lehetőségek

Sugárterhelés típusa	M ódszerek		Kimutatási határérték
külső	Nincs személyi doziméter		-
belső	in vivo mérések	Nem használhatók	-
	Exkréciós analízis	Folyadékszcintilláció vizeletben	0.4 kBq.l <sup>-1</sup>

### Kezelés

Bármilyen úton jut a trícium a szervezetbe, a kezelés lényege bőséges itatás (4 to 6 liter folyadék/nap) továbbá diuretikumok orvosi megfigyelés alatt.

# Kobalt, $^{60}\text{Co}$ :

## Radioaktivitás jellemzői

$T_{1/2}$ : 5.271 év

### Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):

Sugárzás-típus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$\beta^-$	$9.58 \cdot 10^{-2}$	100
$\gamma$	1.17	100
	1.33	100

## Anyagcsere – a szervezetbe való bejutás kinetikai jellemzői

Bejutási kapu	Kémiai forma	Kiürülési idő a bejutási kapuból	Felszívódás a felvétel %-ában
Tüdő (belégzés)	Oxidok, hidroxidok, halidok, nitrátok	Néhány év	5 %
	Egyéb vegyületek	Néhány hónap	15 %
Tápcsatorna (lenyelés)	Oxidok, hidroxidok	48 h	5 %
	Egyéb vegyületek	48 h	30 %
Bőr	Valamennyi vegyület	Függ a vegyülettípustól és a sugárszennyeződés formájától. Lerakódik és halmozódik egyaránt az ép és a sérült bőrön	



## RETENCIÓS JELLEMZŐK

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Máj	5 %	Néhány év
Egyéb szervek	45 % 50 %	Néhány év Relatív gyors kiürülés

## Egyéni monitorozási lehetőségek

Sugárterhelés típusa	Módszerek	Kimutatási határérték
külső	személyi doziméter	0.2 mSv
belső	in vivo mérések	0.5 kBq
	Exkréciós analízis	Közvetlen gammáspektrometria vizeletmintában

## **Elsődleges kiürülési útvonal**

Belégzés után a széklettel történő ürítés dominál a renális kiválasztás felett. Ezt megállapították a peroralis felvétel utáni első pár napra is, de utána az arányok felcserélődnek. Bőrön át történő felvétel után mindig a vizelettel való ürítés dominál.

## **KEZELÉS**

### **Általános kezelés**

Bármely úton lép fel a belső sugárszennyeződés, a kezelés lényege:

Nagyon lassú i.v. transzfúzióban 0.5 g DTPA 250 ml (izotóniás) 0.9 %-os fiziológiás vagy 5 %-os glukóz oldatban.

Ez a kezelés pár napon át folytatandó, az eset súlyosságától függően.

### **Helyi kezelés**

#### **A légutak szennyeződése után**

DTPA aeroszól inhaláltatása. Az aeroszól 1 ampula (1 g/4 ml) DTPA-ból, vagy 1 kapszula (100 mg) pulverizálva.

#### **Sugárszennyeződés bőrön át**

Ép bőr: 1 %-os DTPA (pH 4) hígított vizes oldatával lemosni

Sebzett bőr: átmosni koncentrált 25 %-os DTPA oldattal

# Stroncium $^{90}\text{Sr}$ :

Radioaktivitás jellemzői

$T_{1/2}$ : 29.12 év

Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):

Sugárzás-típus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$^{90}\text{Sr}$ $\beta^-$	$1.96 \cdot 10^{-1}$	100
$^{90}\text{Y}$ $\beta^-$	$9.35 \cdot 10^{-1}$	100

## Anyagcsere – a szervezetbe való bejutás kinetikai jellemzői

Bejutási kapu	Kémiai forma	Kiürülési idő a bejutási kapuból	Felszívódás a felvétel %-ában
Tüdő (belégzés)	SrTiO <sub>3</sub>	Néhány év	5 %
	A titanáttól eltérő egyéb vegyületek	Some days	50 %
Tápcsatorna (lenyelés)	SrTiO <sub>3</sub>	48 h	1 %
	A titanáttól eltérő egyéb vegyületek	48 h	30 %
Bőr	Valamennyi vegyület	Függ a vegyülettípustól és a sugárszennyeződés formájától. Lerakódik és halmozódik egyaránt az ép és a sérült bőrön	

## RETENCIÓS JELLEMZŐK

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Csont	25 %	évtizedek
Egyéb szövetek	75 %	Relative gyors kiürülés

## Egyéni monitorozási lehetőségek

Sugárzástípus	M ódszerek	Kimutatási határérték
Külső sugárterhelés	Személyi dozimetria	0.2 mSv
Belső sugárterhelés	In vivo mérések	ETSZ (bremsstrahlung) A gyakorlatban csak elvétve használják
	Exkréciós analízis	β-mérés a vizelet kémiai szeparálása után

### **Elsődleges kiürülési útvonal**

Bármely útvonalon történik a radioizotópos belső elszennyeződés, a vizelettel általában több radionuklid távozik a szervezetből, mint a széklettel. Mindamellet, titanát-belégzésekor, illetve a lenyelés utáni első napokban a fekális ürítés dominál.

## **KEZELÉS**

### **Általános kezelés**

Bármely útvonalon történik a radioizotópos belső elszennyeződés, az alábbi kezelés javallt:

- izotóphígítás: 500-1500 mg stroncium laktát per os vagy 600 mg stroncium glukonát 500 ml 5 %-os isotonias glukóz oldatban lassan i.v.;
- kalcium glukonát per os (6-10 g napi 3 egyenlő adagra osztva) vagy lassú i.v. transfúzióban (1-5 g 5 %-os isotonias glukóz oldatban);
- savas közeg képzése: per os ammónium klorid (6 g napi 3 egyenlő adagra osztva).

A fenti kezelés néhány napig folytatandó a radioizotópos belső elszennyeződés súlyosságától függően.

## **Helyi kezelés**

### **Szennyeződés belégzéssel vagy lenyeléssel**

A stroncium-felvétel csökkenthető az alábbi vegyületek perorális alkalmazásával:

- kolloid alumínium foszfát (60g 20%-os kolloidos gél),
- nátrium vagy kalcium alginát (3-5 g vizes szuszpenzióban),
- bárium szulfát (300 g vizes szuszpenzióban),

### **Szennyeződés bőrön át**

A sebet 1 g of kálium rodizonáttal permetezni a stroncium in situ megkötése céljából.

# Jód $^{131}\text{I}$ :

Radioaktivitás jellemzői

$T_{1/2}$ : 8.04 nap

Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):

Sugárzástípus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$\beta^-$	$6.94 \cdot 10^{-2}$	2
	$9.66 \cdot 10^{-2}$	7
	$1.92 \cdot 10^{-1}$	89
$\gamma$	$8.02 \cdot 10^{-2}$	3
	$2.84 \cdot 10^{-1}$	6
	$3.65 \cdot 10^{-1}$	81
	$6.37 \cdot 10^{-1}$	7
	$7.23 \cdot 10^{-1}$	2
X	$2.97 \cdot 10^{-2}$	4



## Anyagcsere – a szervezetbe való bejutás kinetikai jellemzői

<b>Bejutási kapu</b>	<b>Kémiai forma</b>	<b>Kiürülési idő a bejutási kapuból</b>	<b>Felszívódás a felvétel %-ában</b>
Tüdő (belégzés)	Valamennyi vegyület	1-2 óra	65 %
Tápcsatorna (lenyelés)	Valamennyi vegyület	1-2 óra	100 %
Bőr	Valamennyi vegyület	Néhány óra	100%

### <sup>131</sup>I - RETENCIÓS JELLEMZŐK

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Pajzsmirigy	30 %	kb. egy hónap*
Egyéb szervek	70 %	pár nap

Megjegyzés:

\*függ az életkortól és a napi jódfelvételtől: felnőttben kb. 4 hónap, csecsemőben 4 hét alacsony jódeellátottság mellett, de ezen értékek harmada-negyede a jellemző jódban gazdag (sok tengeri) táplálék fogyasztásakor<sup>16</sup>

### Egyéni dozimetriai módszerek

Sugárterhelés típusa	M ódszerek	Kimutatási határérték
Külső	Személyi dozimetria	0.2 mSv
Belső	In vivo mérések	Pajzsmirigymérés ETSZ ( $\gamma$ -sugárzás)
	Exkréciós analízis	Direkt $\gamma$ -spektrometria vizeletben
		0.1 kBq 0.4 kBq 4 Bq.l <sup>-1</sup>

### Alapvető kiválasztási mód

Bármely felvételi mód esetén a vizelettel való ürítés dominál a fekalis ürítés felett.

## KEZELÉS

### Általános kezelés

Bármely útvonalon történik a radioizotópos belső elszennyeződés, a kezelés lényege a pajzsmirigy MIELŐBBI telítése stabil jóddal („jódprofilaxis”), kálium jodid (KI) perorális beadása útján az életkor függvényében az alábbiak szerint<sup>15</sup>:

Serdülők és felnőttek	100 mg jód (130 mg KI, napi egyszeri adagban)
3-12 éves gyerekek	50 mg jód
1 hónap – 3 éves gyerekek	25 mg jód
újszülöttek (első hónap)	12.5 mg jód (porítva, tejbe keverve)

A fenti jódprofilaxis egy-két napig lehet szükséges (pl. amíg a radioaktív felhő elhalad a szennyezett település felett). Fontos, hogy a jódprofilaxist a radiojód-belégzés veszélye előtt, vagy annak a kezdetén fogatosítsuk, mivel a „pajzsmirigy-blokkolás” hatékonysága nagymértékben függ az időfaktortól:

A jódprofilaxis ideje	Pajzsmirigy dózis-redukció mértéke
6 órával a radiojód felvétel ( <sup>131</sup> I) előtt	100
<sup>131</sup> I belégzése idején	90
<sup>131</sup> I felvétel után 2 órával	10
<sup>131</sup> I felvétel után 6 órával	2

Célszerű 50 mg jódot tartalmazó KI filmtablettákat legyártatni, ezeket tízesével hermetikusan csomagoltatni, s mindegyik dobozban elhelyezni az életkorfüggő adagolási tájékoztatót. Ezeket a tablettákat a 24-órás állandó ügyeletet adó hatósági közintézményekben száraz hűvös helyiségben célszerű tárolni, mert ezzel mind a gyors szétosztás, mind a tartós szavatosság biztosítható.<sup>17</sup>

Ha KI tabletták készlet nem áll rendelkezésre a szükséges mennyiségben, akkor akár 50%-kal csökkentett jódadagokkal, de minél hamarabb és minél szélesebb körben kell alkalmazni a jódpofilaxist !

# Cézium $^{137}\text{Cs}$ :

Radioaktivitás jellemzői

$T_{1/2}$ : 30 év

**Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):**

Sugárzástípus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$^{137}\text{Cs}$ $\beta^-$	$1.73 \cdot 10^{-1}$	95
	$4.25 \cdot 10^{-1}$	5
$^{137\text{m}}\text{Ba}$ $\gamma$	$6.62 \cdot 10^{-1}$	90
	$3.18 \cdot 10^{-2}$	2
X	$3.22 \cdot 10^{-2}$	4

## **Anyagcsere – a szervezetbe való bejutás kinetikai jellemzői**

<b>Bejutási kapu</b>	<b>Kémiai forma</b>	<b>Kiürülési idő a bejutási kapuból</b>	<b>Felszívódás a felvétel %-ában</b>
Tüdő (belégzés)	Valamennyi vegyület	Néhány óra	60 %
Tápcsatorna (lenyelés)	Valamennyi vegyület	Néhány óra	100 %
Bőr	Valamennyi vegyület	Néhány óra	100 %

## **RETENCIÓS JELLEMZŐK**

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Valamennyi légszövet, főképpen a vázizomzat	100%	Kb. egy év

### **Alapvető kiválasztási mód**

Bármely felvételi mód esetén a vizelettel való ürítés dominál a fekalis ürítés felett.

## Egyéni dozimetriai módszerek

Sugárterhelés típusa	M ódszerek		Kimutatási határérték
Külső	Személyi dozimetria		0.2 mSv
Belső	In vivo mérések	ETSZ ( $\gamma$ -sugárzás)	0.4 kBq
	Exkréciós analízis	Direkt $\gamma$ -spektrometria vizeletben	4 Bq.l <sup>-1</sup>

## <sup>137</sup>Cs-SZENNYEZŐDÉS KEZELÉSE

### Általános kezelés (dekorporálás)

Bármely útvonalon jut a radioaktív cézium az emberi szervezetbe, a dekorporációs kezelés lényege a cézium oldhatatlan vegyületté alakítása a bélcsatornában. Ezáltal egyrészt megelőzhető a lenyelt cézium felszívódása a bélcsatornából, másfelől megszakítható/csökkenthető a cézium kiválasztási-felszívódási ciklusa, amely bármely sugárszennyeződési útvonal esetén fennáll.

Az inkorporáció mértékétől függően minimum 1g, szélsőséges esetben maximum 10 g, de általában 3 g poroszkék („Prussian blue”, ferrocianid) perorális bevétele javasolt<sup>12</sup> a felnőtt páciensnek és serdülőnek, napi 3 egyenlő adagra osztva (3x2 kapszula, aa 0.5 g). Gyermekek napi adagja 1 g poroszkék. A kezelés néhány napon át folytatandó a sugárszennyezettség súlyosságától függően.

### **Helyi kezelés (bőr dekontaminálása)**

Az alábbi eljárás javasolt<sup>18</sup>:

1. melegvízes lemosás (zuhanyozás) neutrális szappannal,
2. ecetes lemosás (a cézium oldékonyságának fokozására)
3. titán dioxid alkalmazása hidratáló lanolinnal az erősen szennyezett felületeken (tenyér, esetleg talp)
4. kiegészítő abrazív módszerek (pl. habkő) az erősen szennyezett talpon
5. ioncserélő gyanta alkalmazása gumikesztyűben vagy műanyag lábvédőben, 20 percen át (a kezeken vagy lábfejeken lévő reziduális radioaktív cézium mintegy 50%-a lecserélődött stabil káliumra).



## Rádium $^{226}\text{Ra}$ :

Radioaktivitás jellemzői -  $T_{1/2}$ : 1600 év

**Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):**

Sugárzástípus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$\alpha$	4.60	6
	4.79	94
$\gamma$	$1.86 \cdot 10^{-1}$	3

**Anyagcsere – a szervezetbe való bejutás kinetikai jellemzői**

Bejutási kapu	Kémiai forma	Kiürülési idő a bejutási kapuból	Felszívódás a felvétel %-ában
Tüdő (belégzés)	Valamennyi vegyület	Néhány hónap	20 %

Tápcsatorna (lenyelés)	Valamennyi vegyület	48 óra	20 %
Bőr	Valamennyi vegyület	Függ a vegyület valamint a szennyeződés típusától: lerakódás ép avagy sérült bőrre	

## <sup>226</sup>Ra RETENCIÓS JELEMZŐI

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Csont	20 %	Néhány évtized
Más szövet	80 %	Relative gyors kiválasztás

### Alapvető kiválasztási mód

Bármely felvételi mód esetén a fekalis ürítés dominál a vizelettel való ürítés felett.

### Egyéni dozimetriai módszerek

Sugárterhelés típusa	M ódszerek	Kimutatási határérték
Külső	Személyi dozimetria	0.2 mSv
Belső	In vivo mérések	ETSZ $\gamma$ -sugárázókra 0.5 kBq
	Exkréciós analízis	$\alpha$ –mérések (szeparálás után) vizelet- és széklet-mintákban 10 mBq. $l^{-1}$ 10 mBq

### KEZELÉS

#### Általános kezelés

Bármely útvonalon történik a radioizotópos belső elszennyeződés, a kezelés lényege

- kalcium glukonát per os (6 to 10 g napi 3 egyenlő részre elosztva) vagy lassú i.v. transfúzióban (1 to 5 g 500 ml izotóniás 5 % glukóz oldatban);
- ammónium klorid per os (6 g napi 3 egyenlő részre elosztva).

A kezelés néhány napon át folytatandó a sugárszennyezettség súlyosságától függően.

#### Helyi kezelés

##### Légúti vagy tápcsatornán át történő szennyeződés esetén

A rádium-felvétel csökkenthető aluminium foszfát kolloid perorális adagolásával (60g 20%-os zselében)

# Urán $^{235}\text{U}$ :

Radioaktivitás jellemzői -  $T_{1/2}$ :  $7.038 \cdot 10^8$  év

**Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):**

Sugárzástípus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$\alpha$	4.22	6
	4.33	5
	4.37	18
	4.40	56
	4.56	4
	4.60	5
$\gamma$	$1.44 \cdot 10^{-1}$	11
	$1.63 \cdot 10^{-1}$	5
	$1.86 \cdot 10^{-1}$	54
	$2.05 \cdot 10^{-1}$	5
	$1.30 - 1.91 \cdot 10^{-2}$	26

X	$9.00 - 9.34 \cdot 10^{-2}$	9
	$1.05 - 1.09 \cdot 10^{-1}$	3
$\beta^{-1}$	$5.57 \cdot 10^{-2}$	13
	$7.97 \cdot 10^{-2}$	12
	$7.99 \cdot 10^{-2}$	36
	$8.51 \cdot 10^{-2}$	34
Y	$2.56 \cdot 10^{-2}$	15
	$8.42 \cdot 10^{-2}$	7
X	$1.14 - 1.97 \cdot 10^{-2}$	73
	$9.23 \cdot 10^{-2} - 1.12 \cdot 10^{-1}$	1

<sup>235</sup>U ANYAGCSERE – A SZERVEZETBE VALÓ BEJUTÁS KINETIKAI JELLEMZŐI

Bejutási kapu	Kémiai forma	Kiürülési idő a bejutási kapuból	Felszívódás a felvétel %-ában
Tüdő (belégzés)	UO <sub>2</sub> , U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Néhány év	5 %
	UO <sub>3</sub> , UF <sub>4</sub> , UC1 <sub>4</sub>	Néhány hónap	15 %
	UF <sub>6</sub> , UO <sub>2</sub> F <sub>2</sub> UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Néhány nap	50 %
Tápcsatorna (lenyelés)	Hexavalens urán	48 óra	5 %
	UF <sub>4</sub> , UO <sub>2</sub> , U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> és általánosan a tetravalens urán	48 óra	0.2 %
Bőr	Minden vegyület	Függ a vegyülettől és sugárszennyeződés típusától: lerakódás ép és sérült bőrfelületre	

## RETENCIÓS JELLEMZŐK

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Csont	20 %	Néhány évtized
Vese	10 %	Néhány év
Egyéb szervek és szövetek	10% 60%	Néhány év Relative gyors exkréció

### Alapvető kiválasztási mód

Bármely felvételi mód esetén a vizelettel való ürítés dominál a fekalis ürítés felett. Mindamellett, azon vegyületek belégzése esetén, amelyeknek a felezési ideje a tüdőben igen hosszú, fordított arányok is megfigyelhetők. Az utóbbi jelenség igaz a lenyeléssel való felvétel utáni első napokra is.

## <sup>235</sup>U - Egyéni dozimetriai módszerek

Sugárterhelés típusa	M ódszerek	Kimutatási határérték
Külső	Személyi dozimetria	0.2 mSv
Belső	In vivo mérések	ETSZ ( $\gamma$ -sugárzás, tüdő)
	Exkréciós analízis	Direkt $\gamma$ -spektrometria vizeletben

## KEZELÉS

### Általános kezelés

Bármely útvonalon jut be az uránvegyület a szervezetbe, a kezelés lényege 250 ml of izotóniás 1,4%-os nátrium bikarbonát oldat lassú i.v. beadásából áll. E kezelés hatására az urán uranil ionok formájában komplexet alkot (a  $\text{Na}_4\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$  vegyület formájában), amely megreked a szövetközi folyadékokban és gyorsan ürül a vizelettel. A kezelést néhány napig célszerű folytatni a sugárszennyezettség súlyosságától függően.

### Helyi kezelés

A bőr sugárszennyeződése esetén 1,4%-os izotóniás nátrium bikarbonát oldattal kell lemosni az érintett bőrfelületet.



## Urán $^{238}\text{U}$ :

Radioaktivitás jellemzői -  $T_{1/2}$ :  $4.468 \cdot 10^9$  év

Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):

Sugárzástípus		Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$^{238}\text{U}$	$\alpha$	4.15	23
		4.20	77
	X	$1.30 - 1.91 \cdot 10^{-2}$	9
$^{234}\text{Th}$	$\beta^-$	$1.95 \cdot 10^{-2}$	3
		$2.48 \cdot 10^{-2}$	6
		$2.49 \cdot 10^{-2}$	19
		$5.06 \cdot 10^{-2}$	72
	$\gamma$	$6.33 \cdot 10^{-2}$	4
		$9.24 \cdot 10^{-2}$	3
		$9.28 \cdot 10^{-2}$	3
		X	$1.14 - 1.98 \cdot 10^{-2}$
$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$\beta^-$	$8.25 \cdot 10^{-1}$	98

<sup>238</sup>U ANYAGCSERE – A SZERVEZETBE VALÓ BEJUTÁS KINETIKAI JELLEMZŐI

Bejutási kapu	Kémiai forma	Kiürülési idő a bejutási kapuból	Felszívódás a felvétel %-ában
Tüdő (belégzés)	UO <sub>2</sub> , U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Néhány év	5 %
	UO <sub>3</sub> , UF <sub>4</sub> , UC1 <sub>4</sub>	Néhány hónap	15 %
	UF <sub>6</sub> , UO <sub>2</sub> F <sub>2</sub> UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Néhány nap	50%
Tápcsatorna (lenyelés)	Hexavalens urán	48 óra	5 %
	UF <sub>4</sub> , UO <sub>2</sub> , U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> és általában a tetravalens urán	48 óra	0.2 %
Bőr	Minden vegyület	Függ a vegyülettől és sugárszennyeződés típusától: lerakódás ép és sérült bőrfelületre	

## RETENCIÓS JELLEMZŐK

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Csont	20 %	Néhány évtized
Vese	10 %	Néhány év
Egyéb szervek és szövetek	10% 60%	Néhány év Relative gyors exkréció

### Alapvető kiválasztási mód

Bármely felvételi mód esetén a vizelettel való ürítés dominál a fekalis ürítés felett. Mindamellett, azon vegyületek belégzése esetén, amelyeknek a felezési ideje a tüdőben igen hosszú, fordított arányok is megfigyelhetők. Az utóbbi jelenség igaz a lenyeléssel való felvétel utáni első napokra is.

### Kémiai toxicitás

Kémiai sajátosságai miatt, függetlenül a radiotoxicitásától, az urán toxikus a vesére. Ez speciális monitorozási és kezelési szempontokat indokol az  $^{238}\text{U}$  vegyületek vonatkozásában.

## <sup>238</sup>U - Egyéni dozimetriai módszerek

Sugárterhelés típusa	Módszerek		Kimutatási határérték
Külső	Személyi dozimetria		0.2 mSv
Belső	In vivo mérések	Nem alkalmazható	
	Exkréciós analízis	$\alpha$ mérés a vizelet kémiai szeparálása után	$10^{-2} \text{ Bq.l}^{-1}$
		U.V. Fluorometria	$5 \mu\text{g.l}^{-1}$

### KEZELÉS

#### Általános kezelés

Bármely útvonalon jut be az uránvegyület a szervezetbe, a kezelés lényege 250 ml of izotóniás 1.4%-os nátrium bikarbonát oldat lassú i.v. beadásából áll. E kezelés hatására az urán uranil ionok formájában komplexet alkot (a  $\text{Na}_4\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$  vegyület formájában), amely megreked a szövetközi folyadékokban és gyorsan ürül a vizelettel. A kezelést néhány napig célszerű folytatni a sugárszennyezettség súlyosságától függően.

#### Helyi kezelés

A bőr sugárszennyeződése esetén 1.4%-os izotóniás nátrium bikarbonát oldattal kell lemosni az érintett bőrfelületet.

## Plutonium $^{239}\text{Pu}$ :

Radioaktivitás jellemzői -  $T_{1/2}$ :  $2.4065 \cdot 10^4$  év

**Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):**

Sugárzástípus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$\alpha$	5.11	11
	5.14	15
	5.16	74
X	$1.36 - 2.03 \cdot 10^{-2}$	4

<sup>239</sup>Pu - ANYAGCSERE – A SZERVEZETBE VALÓ BEJUTÁS KINETIKAI JELLEMZŐI

<b>Bejutási kapu</b>	<b>Kémiai forma</b>	<b>Kiürülési idő a bejutási kapuból</b>	<b>Felszívódás a felvétel %-ában</b>
Tüdő (belégzés)	Oxidok, hidroxidok	Néhány év	5 %
	Más vegyületek	Néhány hónap	10 %
Tápcsatorna (lenyelés)	Oxidok, hidroxidok	48 óra	0.001 %
	Más vegyületek	48 óra	0.01 %
Bőr	Minden vegyület	Függ a vegyülettől és sugárszennyeződés típusától: lerakódás ép és sérült bőrfelületre	

## <sup>239</sup>Pu - RETENCIÓS JELLEMZŐK

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Csont	45 %	Néhány évtized
Máj	45 %	Néhány évtized
Ivarszervek	0.01 %	Néhány évtized
Egyéb szövetek	10 %	Relative gyors exkréción

### Alapvető kiválasztási mód

Pu belégzését és lenyelését követően a fekális ürítés számottevően dominál a vizelettel való kiválasztás felett. Ez igaz a bőrön át történő felvétel esetében is, de kisebb mértékben.

<sup>239</sup>Pu - Egyéni dozimetriai módszerek

Sugárterhelés típusa	M ódszerek		Kimutatási határérték
Külső	Személyi dozimetria		0.2 mSv
Belső	In vivo mérések	γ sugárzás mérése a mellkas felett PHOSWICH, proporcionális számlálóval vagy germánium detektorral	4 kBq 3 kBq
	Excréciós analízis	α mérés a vizelet- vagy székletminta kémiai szeparálása után	10 mBq.l <sup>-1</sup> 10 mBq

**KEZELÉS**

**Általános kezelés**

Bármely útvonalon jut be az plutónium-vegyület a szervezetbe, a kezelés lényege a kelátképzés DTPA nagyon lassú i.v. beadása útján (0.5 g 250 ml izotóniás 0.9 % fiziológiás, vagy 5 % glukóz oldatban  
Ez a kezelés napokon-heteken-hónapokon át folytatandó a sugárszennyezettség súlyossága mértékében.



## **Helyi kezelés**

### ***Kontamináció belégzés útján***

DTPA aeroszól inhaláltatása, amelyet 1 ampula (1 g/4 ml) vagy 1 elporított kapszula (100 mg) felhasználásával készítenek. Rendkívül súlyos esetben speciális szakintézetben sor kerülhet a tüdőmosásra is.

### ***Kontamináció bőrön át***

Ép bőr: DTPA hígított, 1 %-os savaas oldatával (pH 4) lemosni.

Sebzett bőrfelület: DTPA koncentrált 25 %-os oldatával kimosni. A Pu sebészi eltávolítása (a szennyezett seb kimetszése) bizonyos esetekben hasznos lehet.

## Americium <sup>241</sup>Am:

Radioaktivitás jellemzői -  $T_{1/2}$ : 432.2 év

Alapvető sugárzás (amely a detektálás szempontjából lényeges):

Sugárzástípus	Energia MeV	Az emisszió valószínűsége 100 bomlásra
$\alpha$	5.39	1
	5.44	13
	5.49	85
$\gamma$	$2.63 \cdot 10^{-2}$	2
	$5.95 \cdot 10^{-2}$	36
X	$1.19 - 2.10 \cdot 10^{-2}$	64

<sup>239</sup>Am - ANYAGCSERE – A SZERVEZETBE VALÓ BEJUTÁS KINETIKAI JELLEMZŐI

<b>Bejutási kapu</b>	<b>Kémiai forma</b>	<b>Kiürülési idő a bejutási kapuból</b>	<b>Felszívódás a felvétel %-ában</b>
Tüdő (belégzés)	Minden vegyület	Néhány hónap	10 %
Tápcsatorna (lenyelés)	Minden vegyület	48 óra	0.05 %
Bőr	Minden vegyület	Függ a vegyülettől és sugárszennyeződés típusától: lerakódás ép és sérült bőrfelületre	

<sup>239</sup>**Am – RETENCIÓS JELLEMZŐK**

Célszerv	Eloszlás a szervezetben	Kiürülési idő a szervezetből
Csont	45 %	Néhány évtized
Máj	45 %	"
Ivarszervek	0.01%	"
Egyéb szövetek	10%	"

**Alapvető kiválasztási mód**

<sup>239</sup>**Am** belégzését és lenyelését követően a fekáliás ürítés dominál a vizelettel való kiválasztás felett. Bőrön át történő felvétel esetében a fekáliás ürítés kb. megegyezik a vizelettel való kiválasztással.

## Egyéni monitorozási lehetőségek

Sugárterhelés típusa	M ódszerek	Detektálási küszöb
Külső	Személyi dozimetria	0.2 mSv
Belső	In vivo mérések	7 Bq *
	Exkréciós analízis	$10^{-2}$ Bq.1 $10^{-2}$ Bq <sup>-1</sup>

## **KEZELÉS**

### **Általános kezelés**

Bármely útvonalon jut be az plutónium-vegyület a szervezetbe, a kezelés lényege a kelátképzés DTPA nagyon lassú i.v. beadása útján (0.5 g 250 ml izotóniás 0.9 % fiziológiás, vagy 5 % glukóz oldatban

Ez a kezelés napokon-heteken-hónapokon át folytatandó a sugárszennyezettség súlyossága mértékében.

### **Helyi kezelés**

#### ***Kontamináció belégzés útján***

DTPA aeroszól inhaláltatása, amelyet 1 ampula (1 g/4 ml) vagy 1 elporított kapszula (100 mg) felhasználásával készítenek. Rendkívül súlyos esetben speciális szakintézetben sor kerülhet a tüdőmosásra is.

#### ***Kontamináció bőrön át***

Ép bőr: DTPA hígított, 1 %-os savaas oldatával (pH 4) lemosni.

Sebzett bőrfelület: DTPA koncentrált 25 %-os oldatával kimosni. Az  $^{239}\text{Am}$  sebészi eltávolítása (a szennyezett seb kimetszése) bizonyos esetekben hasznos lehet.

## **Réz-, polónium-, ólom-, higany- vagy arany-izotópok**

Ezen radioaktív izotópok vegyületeinek inkorporálása rendkívül ritkán fordult elő. A javasolt<sup>19</sup> kezelés a kelátképzés D-penicillaminnal: 1 g i.v. naponta, vagy 0.9 g per os 4-6 óránként.

## Felhasznált irodalom:

---

- <sup>1</sup> International Atomic Energy Agency and World Health Organization (Barabanova A., Bebeshko V.G., Bianco A., Cerkez F., Dodig D., Dörkmen M., Emed O., Giménez J.C., Harrison J.R., Hocini C., Jammet H.P., Köteles G.J., Marko A.M., Nadezhina M., Nenot J.C., Pucelj P., Riaboukhine Yu., Savelkoul T.J., Scott C., Souchkevitch G., Sowby D., Sztanyik L.B., Turai I., Waight P., Weeks J., Wu C.T.), Planning the Medical Response to Radiological Accidents. *Safety Reports Series No.4, pp.31, Vienna, 1998*
- <sup>2</sup> Dr. Turai István: Sugárbalesetek: előfordulási gyakoriságuk, típusaik, következményeik és tanulságaik. 10. fejezet, 177-191 old. *Sugáregészségtan, szerk. Prof. Dr. Köteles Gy., Medicina Kiadó, Budapest, 2002*
- <sup>3</sup> Turai, I., Veress, K., Günalp, B., Souchkevitch, G. Medical response to radiation incidents and radionuclear threats. <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/328/7439/568> *BMJ, 328(7439): 568-572, 2004*
- <sup>4</sup> 64/2005. (XII.22.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996.évi törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 16/2000. (VI.8.) EüM rendelet módosításáról. *Magyar Közlöny, 166: 10513-10515, 2005*
- <sup>5</sup> Dr. Köteles György, Dr. Benkő Imre: Új adatok a termogrammetria alkalmazására helyi sugársérülések diagnosztikájában. *Mérés és Automatika, 39(2): 88-93, 1991*
- <sup>6</sup> 1996.évi CXVI. Törvény az atomenergiáról. CD-jogtár, *Magyar Közlöny, 112: 6321-6335, 1996*
- <sup>7</sup> 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról. CD-jogtár, *Egészségügyi Közlöny, 14: 1473-1497, 2000*



- 
- 8 International Atomic Energy Agency (Barabanova A., Breuer F., Chanteur P., Costa L.F., Desai U., Gold B., Gusev I., Lafuma J., Lamaire G., Nadezhina N., Pellerin P., Piechowski J., Ricks R., Stradling G.N., Turai I.) Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination. *IAEA-TECDOC-869, Vienna, pp. 62, 1996*
- 9 Turai I., Veress K. Radiation accidents: occurrence, types, consequences, medical management and lessons to be learned. *Centr. Eur. J. Occup. Environ. Med., 7(1): 3-14, 2001*
- 10 World Health Organization (Souchkevitch G., Tsyb A.F., Mould R.F., Repacholi M., Riaboukhine Yu., Buldakov L.A., Burkart W., Finch S., Harrison J., Hasegawa Y., Salomaa S., Sharp K., Waight P., Yamashita S., Khurieva N., Horish L., Sinnaeva J., Turai I., Kreisel W., Napalkov N., Ozolins G., Pakhomov G., Prilipko L., Baverstock K., Cardis E.) Health Consequences of the Chernobyl Accident. *Scientific Report, IPHECA, WHO/EHG-95.19, Geneva, pp. 520, 1996*
- 11 International Atomic Energy Agency (Alexakhin R., Balonov M., Barraclough I., Bennet B.G., Bogdevich I.M., Bouville A., Brenot J., Calmon P., Crick M.J., Dreicer M., Fry F.A., Gonzalez A.J., Gustafsson M., Hedemann-Jensen P., Ilyin L.A., Jouve A., Kenik I.A., Kholosha V., Konoplya E.F., Korkach V., Linge I.I., Los I., Nenot J-C., Peres J.M., Poiarkov V., Proskura N., Renaud P., Robeau D., Rolevich I.V., Rutchkowski N., Savkin M.N., Shutov V.N., Skurat V.V., Stozarov A.N., Sztanyik L.B., Tabachny L., Turai I., Waight P., Webb G.A.M., Wozniak V.Y.): Present and Future Environmental Impact of the Chernobyl Accident. *IAEA-TECDOC-1240, IAEA, Vienna, pp.128, 2001*
- 12 International Atomic Energy Agency (Azeredo A.M.G.F., Bertelli L., Brandao.Mello C.E., Curado M.P., Da Cunha P.G., Dantas B.M., Farina M., Gustafsson M., Guilmette R.H., Hunt J., Juliao L.M.Q.C., Laurer G., Lipsztein J.L., Lourenco M.C., Lundgren D.L., Melo D.R., Muggenburg B.A., Oliveira A.R., Oliveira C.A.N., Ramalho A.T., Rozenal J.J., Santos M.S., Turai I., Valverde, N.) Dosimetric and Medical Aspects of the

- 
- Radiological Accident in Goiania in 1987. *IAEA-TECDOC-1009, Vienna, pp.94, 1998*
- <sup>13</sup> Magyar Szabvány: Ionizáló sugárzás elleni védelem. Sugárvédelem nyitott radioaktív készítmények alkalmazásakor. *MSZ 62-7, 1-12, 1999*
- <sup>14</sup> Turai I., Varga L., Sztanyik B.L.: A tömeges jóprofilaxis sugáregészségügyi jelentősége. *Izotóptechnika, 28: 28-41. 1985*
- <sup>15</sup> WHO: Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents. *WHO/SDE/PHE/99.6, pp, 39, World Health Organization, Geneva, 1999*
- <sup>16</sup> Turai I., Toivonen H.: Radiohygiene of Fission Isotopes of Iodine: Experiments in Rats and Model Studies in Man. *STL-A42, pp. 46, Institute of Radiation Protection, Helsinki, 1983*
- <sup>17</sup> Souchkevitch G., Turai I.: Radiation Emergency Response – Internal Guidance. *SDE/PHE/RAD/02.06, pp.27, World Health Organization, Geneva, 2002*
- <sup>18</sup> International Atomic Energy Agency and World Health Organization (Barabanova A., De-Chang W., de Luca G., Desai U., Iyer G.K., Komar V.E., Komarov E.I., Köteles G.J., Naude J., Nenot J.C., Oliveira A.R., Petrossian L.M., Saenger I.E., Souchkevitch G., Szepesi T., Turai I., Webb G.A.M.): Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries. *Safety Reports Series No. 2, IAEA, Vienna, pp.49. 1998*
- <sup>19</sup> Waller E., Stodilka R.: Decorporation of Radionuclides from the Human Body. *SAIC Canada Task B364-000, Defence Research Establishment, Ottawa, March, 2001*