

Mesterséges izotópelőállítás, nukleáris medicina és fenntartható környezet

Mesterséges izotópelőállításra kerül sor, amennyiben radioaktív nyomjelzési vizsgálatokat kívánunk végezni, vagy zárt forrásokból származó ionizáló sugárzást kívánunk felhasználni.

Radioaktív nyomjelzéskor nyitott, a vizsgálandó rendszerbe beadható készítményekre van szükség, melyek bekapcsolódnak a rendszerben végbemenő folyamatokba anélkül, hogy a folyamatok végbemenetelét befolyásolnák (*Hevesy György Nobel-díjas magyar tudós munkássága: a jelenség felfedezése és nyomjelzési módszerek kidolgozása*). Nyomjelzésre manapság az élettudományi kutatásokban, a gyógyszerfejlesztések során és a – lakosság szélesebb körét érintő – nukleáris medicinában: a képalkotó diagnosztikában és izotópterápiában kerül sor. Zárt sugárforrásokat alkalmazhatunk ipari rendszerek kontrollálásában, különféle idomokban lévő zárványok kimutatásában és az orvosi radiológiában is (csontsűrűségmérés, külső sugárterápiás kezelések).

A nukleáris medicina egyedi diagnosztikai és kezelési eljárásokat nyújt a nyomjelzés révén. Diagnosztikában az egyediséget a valódi funkcionális képalkotás jelenti: meg tudjuk állapítani például, hogy kóros képződmények (tumorok, áttétek) hol helyezkednek el és milyen az anyagcseréjük, mennyire rosszindulatúak, vagy a szívizom vérellátása mely szegmenseiben nem kielégítő, vagy a máj, illetve a vese kiválasztásában hol mutatkoznak zavarok. A radioizotóp terápia is a nyomjelzésen alapul: a terápiás radiogyógyszer-készítmény természetes fiziológiai, biokémiai folyamatokban jut el a kóros képződményekbe, nem e folyamatokat befolyásolja, hanem az „odavitt” és megkötődött radionuklid sugárzásának lokális energiaátadása révén, célzottan pusztítja el a kóros szöveteket.

A nukleáris medicinában leggyakrabban alkalmazott radioizotópok: ^{18}F , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ és ^{131}I . A világban az utóbbi időszakban évente mintegy 60 millió vizsgálatot/kezelést végeztek, ennek túlnyomó többsége diagnosztikai képalkotás, melynek kb. 75 %-ában $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -vizsgálatra, kb. 15 %-ában ^{18}F -izotóppal végzett PET-vizsgálatra és kb. 4 %-ában ^{131}I -pajzsmirigy terápia-tervező vizsgálatra és terápiára került sor. A vizsgálatoknak/kezeléseknek majdnem a felét Észak-Amerikában, több mint ötödét pedig Európában végezték.

Hazánkban ma 34 nukleárismedicina-centrum (laboratórium – osztály – intézet) működik, melyek közül 6 helyen PET-vizsgálatra (Pozitron Emissziós Tomográfia) is sor kerülhet. A rendelkezésre álló 2011-es statisztika szerint 157 912 vizsgálatot és 5 690 izotópterápiás kezelést végeztek. A vizsgálatok 89,2 %-ánál $^{99\text{m}}\text{Tc}$ radionuklidot, 8,1 %-ánál ^{18}F -fluoro-dezoxiglükózt használtak. A ^{131}I radioizotópot 3 273 beteg vizsgálatára és 4 646 beteg kezelésére alkalmazták, mely az összes vizsgálat és kezelés 4,8 %-át tette ki.

A túlnyomó többségben alkalmazott ^{18}F és $^{99\text{m}}\text{Tc}$ radioizotópok pozitron- ill. gamma-sugárzók, rövid fizikai felezési idejűek, (110 perc ill. 6 óra), míg a ^{131}I radionuklid béta- és gamma-

sugárzó, melynek fizikai felezési ideje 8 nap. Éppen a béta-sugárzás révén alkalmas belső sugárterápiára, mivel az átlagosan 192 keV, maximálisan 606 keV energiájú béta-részecskék a szövetekben átlagosan 0,5 mm-en, maximálisan 2,3 mm-en belül nyelődnek el. A jóindulatú pajzsmirigy-túlműködés kezelésére és a rosszindulatú pajzsmirigyrák műtét utáni utókezelésére más, igazán hatásos és rendkívül csekély mellékhatásokat előidéző módszer nem áll rendelkezésre, mint a ^{131}I izotóp oldatban vagy kapszulában történő alkalmazása.

A ^{18}F -radionuklidot ciklotronokban állítják elő, és helyben, vagy néhány óra alatt elérhető távolságban lévő PET-centrumokban használják. Európában 150-nél több ciklotron és 700-nál több PET/CT vizsgálóhely van. A $^{99\text{m}}\text{Tc}$ napi elválasztásához és felhasználásához szükséges ^{99}Mo -izotópot reaktorban állítják elő, csakúgy, mint a ^{131}I -radionuklidot, melyek legnagyobb hányadát uránhasadvány feldolgozásával nyerik ki. Erre alkalmas gyártóhelyek Európában Hollandiában és Belgiumban vannak. A ^{131}I alternatív módon, tellúr-dioxidnak reaktorban történő besugárzásával is megkapható, erre alkalmas gyártóhely Lengyelországban és Oroszországban áll rendelkezésre. Ugyanakkor ^{131}I -gyógyszerkészítmények (oldat, kapszula, jelzett jódvegyületek) földrészünkön már több helyen készülnek: Hollandiában, Belgiumban, Franciaországban, Németországban, Lengyelországban, Magyarországon, Oroszországban és Törökországban.

A fenntartható környezet szempontjából a nukleáris medicinában leggyakrabban használt három radionuklid közül a ^{131}I -izotóppal kapcsolatos technológiák biztonságos működtetése a döntő tényező, mivel adott körülmények között a jód illékony természetűvé válhat. Ugyanakkor a modern, nagy hatékonyságú szűrőrendszerekkel a környezetbe jutó mennyiség minimalizálható, a környezetellenőrző módszerek pedig olyan érzékenységgel, hogy az egészségügyi kockázatot még messze nem jelentő aktivitás-koncentrációkat is kimutatják.

A lakosság természetes és az orvosi sugárterhelésen kívüli mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási viszonyok és a környezetben mérhető egyes radionuklidok aktivitás-koncentrációja országos mérési eredményeinek gyűjtését, nyilvántartását és értékelését, valamint a kiemelt létesítmények környezetére vonatkozó sugárvédelmi hatósági ellenőrző programok koordinálását az OAH felügyeletével működő Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (a továbbiakban: OKSER) végzi, melynek éves jelentései [itt érhetők el](#).

Az OKSER-rendszerben rögzített mért adatok alapján 2017-ben két alkalommal mértek kimutatási határt meghaladó mennyiségű I-131 radionuklidot a levegőben, a 4. héten, illetve a 7. hét során az Országos Közegészségügyi Központ Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Igazgatósága (OSSKI) laboratóriumának mintáiban, melyek a kimutatási határ (mikroBq/köbméter) nagyságrendjében voltak. Az OKSER-hez tartozó többi laboratórium nem detektált I-131 izotópot a levegőben. A mérés során egy héten keresztül levegőt szívatnak át egy aeroszol részecskéket megkötő szűrőn, majd az azon megkötődött radioaktív anyagokat mérik.

A néhány mikrobekere/m³ értékek már megmérhetők, és a mikrobekere aktivitásmennyiség pedig azt jelenti, hogy másodpercenként 10⁻⁶ magbomlás történik, azaz 10⁶ másodpercenként (277,78 óránként) történik egy magbomlás. Összehasonlításként a természetes radioaktivitásból eredő magbomlás-számot mutatjuk be: az emberi testben jelenlévő, természetes eredetű ⁴⁰K radionuklid aktivitása 55 bekerel/kg testtömeg, azaz egy 70 kg-os ember aktivitása 3,85 kilobekere, vagyis természetes körülmények között az emberi testben 3850 magbomlás történik másodpercenként. A ⁴⁰K-izotóp fizikai felezési ideje pedig 1248 millió év. Mindezek alapján állítható, hogy a nukleáris medicina izotópigénye és izotópfelhasználása összhangban áll a fenntartható környezet szempontjaival.

A hazai monitoring rendszerhez tartozó automatikus környezeti mérőállomások folyamatosan mérik a külső gamma-sugárzás szintjét. Ezek az eredmények országosan [itt](#), a főbb létesítmények környezetében az alábbi helyeken érhetők el.

[Paksi Atomerőmű](#)

[Budapesti Kutató Reaktor](#)