

Absztraktok

A csernobili katasztrófa tanulságai a XXI. században

Köteles György

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

Amióta a sugaras és nukleáris technológiák beléptek civilizációs arzenálunkba, alkalmazásuk biztonsága szinte folyamatosan a társadalmi érdeklődés és viták középpontjában áll. Különösen így van ez a csernobili baleset követően, bár ez nem az egyetlen atomerőművi baleset volt, de környezeti, egészségügyi, nem kevésbé társadalmi, sőt gazdasági, gazdaság-politikai hatásaiban mindeddig a legnagyobb. A fukushimai balesetet természeti katasztrófa okozta, esetében még nagyon friss viták folynak. A csernobili baleset tanulságait több szempontból kell és lehet elemezni. Csak néhány ezek közül: a gép és ember biztonságos kapcsolata, hiszen emberi mulasztás okozta; a műszaki tervezés és működtetés biztonsága; a balesetelhárítás helyi szervezeteinek működése; a nemzetközi hatások; a környezeti káros hatások csökkentése; s nem utolsósorban az emberi népesség egészségvédelme, beleértve a foglalkozásszerűen jelenlévők és a környező lakosság egyedeit. A csernobili baleset azonban hosszú távú megfontolásokra is késztet, például néhány fontosabb vonatkozásban: a globális gazdaság energiaigénye; az energiaigény kielégítésének lehetőségei; ebben a nukleáris energetika mindezidáig és még belátható időn belüli nélkülözhetetlen volta; az egyes országokon belüli és nemzetközi balesetmegelőzés és -elhárítás tennivalói, fejlesztési feladatai; az egészségügyi ellátás fejlesztése; mindezek érdekében tudományos kutatás, műszaki fejlesztés; nem utolsósorban megfelelő ismeretterjesztés a társadalom különböző rétegeiben. A fenti szempontokhoz a jelen előadás csak néhány tézisszerűen megfogalmazott véleményt adhat. Nyilvánvalóan számos szakmai kör és a lakosság feladata a tanulságok levonása és a teendők továbbgondolása a kockázat:haszon józan értékelése szellemében.

Nanotechnológia az orvostudományban

Kellermayer Miklós

Semmelweis Egyetem ÁOK, Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet, Budapest

A nanotechnológia a parányi részecskék tudománya, célja az 1–100 nanométeres mérettartományba eső természeti világ egyre pontosabb megismerése, manipulálása, és

speciális alkalmazások kifejlesztése. A nanotechnológia a biomedicinális kutatásokban és orvosi alkalmazásokban is egyre nagyobb teret nyer. A nanotechnológiai alkalmazások egyik speciális fajtája egyedi molekulák közvetlen vizsgálata. Ennek ott van óriási jelentősége, ahol sztochasztikus, véletlenszerű folyamatok lépnek fel, vagy éppen a folyamat párhuzamos útvonalakon zajlik, vagy mechanikai hatások jelentkeznek, vagy éppen egy bonyolult térbeli rendszerben szeretnénk követni egy-egy molekula vagy partikulum (pl. vírus) sorsát. Az orvosbiológiai alkalmazásokban nanoskálájú részecskék kezdenek elterjedni, amelyek diagnosztikai vagy terápiás hatóanyagok szállítására és célbajuttatására lehetnek alkalmasak. Az előadásban különböző biomolekuláris rendszereken végzett mechanikai mérések kerülnek bemutatásra, amelyek a nanométerek és pikonewtonok világába kalauzolják a hallgatót és különleges bepillantást engednek fontos biológiai folyamatok mechanizmusába, továbbá potenciális orvosi alkalmazású nanorészecskékkal ismerkedhetünk meg.

A sugárzások rákkeltő hatásai

Tompa Anna

Semmelweis Egyetem Népegészségtani Intézet, Budapest

Az ionizáló sugárzás okozta rákkockázat becslése igen összetett feladat, aminél számos mellékkörülményt is figyelembe kell venni. A sugárzás meglelte önmagában nem jellemzi a hatást, mert a következmény nagyban függ a szövet érzékenységtől, víztartalmától, proliferációs állapotától, életkorától, hőmérsékletétől, stb. Ezeket a hatásokat sztochasztikusnak tartjuk, és ezzel függ össze a rákkeltő hatás is, mivel ezeknek nincs küszöbdózisuk. A lakosságot leginkább az orvosi diagnosztikai eszközök, terápiás beavatkozás, vagy munkahelyi ártalomként érhet sugárzás. Ettől függetlenül a települések földrajzi elhelyezkedésétől függően a kozmikus sugárzás és a talaj radontartalmától függő légszennyezettség tüdőrákot okozhat. A rákkeltő izotópok közül a polóniumnak van még markáns rákkeltő hatása, ami a radon mellett a cigarettafüst összetevői közt is szerepel. A II. Világháború atomtámadásának túlélői között, vagy a csernobili atomerőmű környezetében élők

között a katasztrófát követő évtizedekben szignifikánsan emelkedett a rosszindulatú daganatok száma. Ezekből az epidemiológiai vizsgálatokból tudjuk, hogy a leukémia kialakulásához elegendő 4-7 év, míg a szolid tumorok csak 10-25 év után jelennek meg. Az ionizáló sugárzás rákkeltő hatása a DNS-ben elnyelődött energia a LET (lineáris energiaátvitel) mutagenitásával és a szabadgyökök keltésével függ össze. Az élő szervezet építőkövei közül a DNS a leginkább érzékeny az ionizáló sugárzásra, ezért doziméterként is használható. Az elektromágneses spektrumnak azt a tartományát, amely a 100 nm-nél hosszabb hullámhosszúságú sugárzásokat foglalja magába, és amelynek egy fotonja sem rendelkezik akkora energiával, hogy ionizációt okozzon, ezért nem ionizáló sugárzásoknak nevezzük. Ide tartoznak az ultraibolya (UV), látható (VIS), infravörös (IR), rádiófrekvenciás (RF), mikrohullám (MW), és az elektromágneses terek (EMF), valamint UV-sugárzás. Rákkeltés szempontjából a természetes napfényből származó UVB-sugárzás jelentős, mert ennek hatására, különösen gyermekkori fokozott expozíció esetén a melanoma gyakorisága emelkedik. Az elektromágneses sugárzás rákkeltő hatását mindeztideig a humán epidemiológiai vizsgálatok még nem erősítették meg.

A sugárterápia környezet- és egészségvédelmi vonatkozásai (azonosságok és különbségek az ionizáló/nem ionizáló sugárzások hatásmechanizmusában)

Mayer Árpád

Uzsoki utcai Kórház, Fővárosi Onkoradiológiai Központ, Budapest

A sugárterápia napi gyakorlatában a dózis/hatás érték növelése céljából mind a besugárzás tervezésében, mind annak végrehajtásában a célterület pontosabb megjelenítése és annak dozimetriai és képi ellenőrzése szükséges. Ezáltal a besugárzni kívánt célterületben a dózis emelésére úgy van lehetőség, hogy a környezet sugárterhelése nem emelkedik, de bizonyos értelemben a szervezet egészére vonatkozóan kétségtelenül mind az ionizáló, mind a nem ionizáló sugárhatás erősebb. Konkrétan, a besugárzástervezésben korábban meghatározó CT-alapú képi megjelenítést esetenként felváltja, illetve kiegészíti az MR-, illetve PET/CT-alapú tervezés, bizonyos esetekben ezek fúziója is. Ez alapján kétségtelenül már a sugárterápia tervezési fázisában a beteg látszólag nagyobb sugárterhelésnek van kitéve, de ezzel a kezelés pontosságát és hatékonyságát (a gyógyulási valószínűséget) fokozni lehet. A nem ionizáló sugárzások (különböző rádiófrekvenciás, illetve elektromágneses, lézeres) hatásmechanizmusában az újabb kutatások több közös vonást említenek. Ezek között meghatározó a DNS-károsítás komplett, illetve inkomplett formája, és e károsodások ún. helyrehozó

mechanizmusának azonossága. A sugárterápiás módszerek alkalmazásában változatlanul az 1996. évi CXVI. törvény, az atomenergia utasításairól szóló szabvány írja elő a legfontosabbakat, és ennek végrehajtási utasítása a 16/2000 (VI.8) EüM rendeletben érvényes manapság. Ebben az egyértelmű, hogy „ionizáló sugárzás kibocsátásával járó tevékenység csak akkor engedélyezhető, vagy tartható fenn, ha indokolható, hogy a társadalom haszna ellensúlyozza a sugárzás esetleges káros következményeit”. Ez nemcsak a sugárkezelt személyre, hanem a sugárkezelésben és annak végrehajtásában résztvevő szakszemélyzetre is utal. Az ionizáló/nem ionizáló sugárzások molekuláris genetikai útvonalait és ún. átkapcsolásait nagyjából ismerjük, melyek végső soron apoptosishoz vezetnek. Ezek mellett azt is célszerű ismerni, melyek közvetlenül, illetve közvetve befolyásolják a hatást, így a lokális oxigenizáció és egyidejűleg adott kémiai szerek (radiokemoterápia), mély hőterápia (radiohyperthermia), melyekkel a lokális terápiás hatás fokozható. A lokális hatásjavítást előidéző technikai lehetőségeket is röviden tárgyaljuk, így az intenzitásmodulációt, ennek mozgó-ívbesugárzással kombinált formáját, valamint a sugárkezelés precizitásának emelését szolgáló légzésvezérlés technikáját. Mindez látszólag a szervezet sugárterhelésének fokozódását jelenti, ha ehhez hozzáadjuk a besugárzástervezésben szerepet játszó ún. CT-szimulációt is, elmondható, a célzott és ellenőrzött sugárkezelés elvileg a beteg magasabb sugárterhelése mellett történik. Mindez csak látszólagos, tehát a korszerű sugárterápiás technikák megítélésében a sugárvédelmi szempontok ellenére is a paradigmaváltás elengedhetetlen. Hatékonyabb célzott és ellenőrzött sugárkezelés mellett az egyidejű sugárterhelés kétségtelenül emelkedik, de elhanyagolható mértékben (az előadásban a CT-szimulátorok felbontási erősségéhez rendelt sugárterhelési adatokat is mellékelek). Természetesen mindezek mellett, illetve ellenére a sugárkezelésben a sugárvédelem változatlan fontossággal bír mind az ún. sztochasztikus (küszöbdózis nélküli) illetve determinisztikus eredetű (küszöbdózisfüggő) károsodások elkerülése céljából. Nemzetközi ajánlások (International Commission on Radiation Units: ICRU) kiadványai (Report 38, 58, 80) jó közelítéssel határozzák meg a sugárterápiás ún. tolerancia vagy küszöbdózisait különböző technikák és energiák alkalmazásakor. Ezeket azért is fontos tudni, mert a korszerű sugárterápiás módszereket, mint a sztereotaxiás sugársebészetet vagy a restenosis brachyterápiát magasabb egyszeri frakciódózissal nemcsak malignus kórképek kezelésében használjuk, a környezet minimális sugárterhelése mellett. Összefoglalóan megállapítható, a korszerű sugárterápiás technikák tervezési és klinikai fázisaiban a sugárterhelés kétségtelenül magasabb, melyet látszólagosnak tekintünk azáltal, hogy a kezelés eredményessége fokozódik, a tumoros lézió gyógyulási valószínűsége jobb.

Az ionizáló sugárzás immunrendszerre gyakorolt hatása

Lumniczky Katalin, Balogh Andrea, Persa Eszter, Bogdándi Enikő Noémi, Benedek Anett, Válickó Éva, Sáfrány Géza

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

A nagy dózisu ionizáló sugárzások immunrendszert gátló hatása általánosságban ismert és bizonyított. A legújabb irodalmi adatok szerint azonban a sugárterápiában alkalmazott 2–4 Gy sugárdózisok képesek lehetnek a daganatellenes immunitás fokozására. Az emberi populáció jelentős része egyre gyakrabban van kitéve kis dózisu sugár-expozíciónak, orvosi diagnosztikus eljárások során. A kis dózisu ionizáló sugárzás immunrendszerre gyakorolt korai és hosszú távú hatásai nem tisztázottak. Vizsgálataink célja a kis- és nagy dózisu ionizáló sugárzás hatásának tanulmányozása volt az immunrendszer sejtjeinek mennyiségi és funkcionális változásaira. Egereket különböző dózisu egésztest-besugárzásnak vetettünk alá. Meghatároztuk a különböző limfocita-alpopulációk számbeli változását a besugárzás hatására.

A sejteket specifikus antitestekkel jelöltük és arányukat áramlási citométerrel mértük. A következő funkcionális paramétereket vizsgáltuk: a lépsejtek apoptózisának mértékét TUNEL módszerrel, valamint a Th1-, illetve Th2-aktivációban szerepet játszó citokinek expresszióját valós idejű RT-PCR-rel. A fenti paramétereket a besugárzást követően több időpontban is meghatároztuk. Mértük továbbá lépből izolált dendritikus sejtek T-sejtaktiváló képességét és citokintermelését, valamint a regulátor T-sejtek proliferációs és T-sejtgátló hatását. A teljes lépsejtszám, valamint valamennyi vizsgált sejtpopuláció száma dózis-függően csökkent.

Lényeges eltérések voltak a különböző sejtek sugárérzékenysége között: a legsugárérzékenyebbek a B-sejtek mellett a dendritikus és a CD8+ sejtek, míg a legsugárrezisztensebbek az NK- és Treg-sejtek voltak. A sejtek időbeni regenerációja is eltérő volt. Az apoptózis mértéke a 10–100 mGy-es tartományban kevésbé változott, nagyobb dózisoknál viszont jelentősen megnőtt. A citokintermelésben jól mérhető változásokat mutattunk ki az összlép illetve izolált sejtszoportok szintjén már kis dózisok után is. A dendritikus sejtek felszínén sugárzás hatására megemelkedett a T-sejtaktivációban szerepet játszó antigének mennyisége, a regulátor T-sejtek proliferációs képessége ugyan javult, de T-sejtgátló képessége mérsékelten romlott. Már igen kis dózisok is jól kimutatható mennyiségi és funkcionális változásokat okoznak a különböző limfocita-alpopulációkban. A különböző sejtszoportoknak a sugárzásra adott válaszai azonban igen eltérőek.

Ionizáló sugárzás terápiás alkalmazása, laser-indukált másodlagos sugárforrások

Hideghéty Katalin, Osvay Károly

SZTE Onkoterápiás Klinika, Szeged

A sugárterápia a malignómák komplex kezelésének meghatározó modalitása, mely a tumorok lokoregionális eliminálásával nagymértékben hozzájárul a betegek daganatmentes és teljes túlélésének, és életminőségének javításához. A '70-es évektől felgyorsult technikai fejlődés (a képvezérelt 3D konformális-, intenzitásmodulált radioterápia, sztereotaktikus sugársebészet, helikális tomoterápia és hadronterápia) lehetővé tette a dóziseloszlás térbeli optimalizációját. Ezen belül a proton- és ionnyalábok szubmilliméteres pontossága a célterefogat körüli ép szövetek nagyfokú védelmét eredményezi. Ráadásul bizonyos töltött részecskenyaláb biológiai hatéktivitása négyszerese a fotonnyalábénak. Ma már több mint 80 000 beteget kezeltek gyorsított töltött részecskékel (CPT), és az utóbbi időben klinikai evidenciák alapján kezd kikristályosodni az indikációs kör: szemtumorok (melanoma, retinobl.), agyalapi- (chordoma, chondrosarcoma, meningioma, sinus nasale), központi idegrendszeri daganatok (agy-, gerincvelő-, paraspinalis tumorok, AV malform.), gyermekkori, prostatacarcinoma, emlő-, tüdő-, fej-nyaki malignómák. A CPT széleskörű alkalmazását a synchro-cyclotronok óriási építési és fenntartási költsége akadályozza. A laser-indukált hadronterápia intenzív fizikai, biológiai kutatások tárgya, melyek jelen állapotát, eredményeit mutatjuk be, különös tekintettel az ép szövetek védelmére, a sugárkezelés toxicitásának csökkentésére.

Kis sugárdózisok hatására bekövetkező molekuláris szintű változások

Sáfrány Géza, Sándor Nikolett, Schilling Boglárka,

Kis Enikő, Hegyesi Hargita

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

A nagy dózisu ionizáló sugárzás daganatkeltő hatása jól ismert. Keveset tudunk azonban a kis dózisu sugár-expozíció (<100 mGy) hosszú távú következményeiről. Ez azért okozhat problémát, mivel orvosi sugaras diagnosztikai eljárások következtében egyre jelentősebb populáció szenved el 100 mGy körüli sugárdózisokat. A sugárbiológia központi dogmája szerint sugársérülést a sugárzás által közvetlenül eltalált sejtek szenvednek el, és az ionizáló sugárzás elsődleges sejtben belüli célpontja a DNS. Sokáig úgy gondoltuk, hogy a sugárzás következményei rögtön kimutathatók az expozíciót elszenvedett sejtekben. Újabban azonban bebizonyosodott, hogy a sugársérülést elszenvedett sejtek kommuni-

kálnak környezetükkel, így károsodások olyan sejtekben is kialakulhatnak, amelyeket közvetlenül nem ért sugártalálát (szomszédsági, vagy bystander hatás), valamint, hogy az ionizáló sugárzás a genom hosszú távú instabilitását, a spon-tán mutációk gyakoriságának megugrását is okozhatja. A bystander hatás és a genominstabilitás különösen a kis dózisok biológiai hatását módosíthatja. A teljes genomot lefedő DNS-chip segítségével tanulmányoztuk közvetlenül expo-nált, valamint bystander primer humán fibroblasztsejtekben a kis dózisok (10 mGy, 100 mGy, 500 mGy) transzkripció-szintű hatásait. Megállapítottuk, hogy a vizsgált 44000 gén közül átlagosan néhány száz gén működése változott szig-nifikánsan az egyes dózisok hatására mind bystander, mind pedig közvetlenül exponált sejtekben. A sugárválasz-géneket funkcionális csoportokba rendezve azt találtuk, hogy je-lentős részük funkciója még nem ismert. A már azonosított gének többsége a sejtciklus szabályozásában, apoptózisban, DNS-repair-ben vagy a jelátvitelben játszik szerepet. Valós idejű polimeráz láncreakcióval tanulmányoztuk több gén idő- és dóziszfüggő expressziós változását. További funkci-onális vizsgálatokra két olyan gént (GDF-15 és TP53INP1) vá-lasztottunk, amely kis dózisok hatására is változtatta műkö-dését a sejtekben. Lentivírus vektorok alkalmazásával olyan shRNS-eket juttattunk be humán fibroblasztsejtekbe, ame-lyek a két gén működését csendesítik. A csendesítés hatásá-ra mind a GDF-15, mind pedig a TP53INP1 transzkripciója 30%-ra esett vissza. Besugarazott sejtekben jelentősen csök-kent mindkét gén transzkripciójának aktiválódása. A GDF-15- és a TP53INP1-csendesített sejtek sugárérzékenysége jelentősen nőtt. A GDF-15 gén működésének csendesítése gátolta a bystander hatás kialakulását. Megállapíthatjuk, hogy mind a GDF-15, mind pedig a TP53INP1 gén szerepet játszik a kis dózisok biológiai hatásának közvetítésében.

Élelmiszereinkben előforduló radionuklidok szerepe a lakosság sugárterhelésében

Legoza József

Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Szakigazgatási Szerve, Debrecen

A lakosság sugárterhelése két fő forrásból származik, a természetes sugárzásból és a mesterséges sugárforrásokból. A környezetbe kikerült radioizotópok a befogadó közegeken (levegő, vizek) keresztül történő terjedésüket követően beke-rülhetnek a táplálékláncba. A növények (vagy a belőlük ké-szült élelmiszerek) fogyasztásra, vagy állati takarmányozásra kerülnek, az állatok tejét vagy húsát az emberek fogyasztják. Az élelmiszerek aktivitás-koncentrációinak meghatározása környezetellenőrző programok kiemelt fontosságú része. Az Egészségügyi Radiológiai Mérő- és Adatszolgáltató Hálózat

(ERMAH) mérései alapján Hajdú-Bihar megye területéről származó nyers- és feldolgozott növényi és állati eredetű min-ták aktivitás-koncentrációit elemeztük. A 2005-2010 közötti években végzett nuklidspecifikus gamma-spektrometriás mérési adatokat a magyarországi hasonló eredményekkel ha-sonlítottuk össze. A lakosság belső sugárterhelésének becs-léséhez felhasználható élelmiszermintákban (a „fogyasztói kosár” alapján) az összes ^{137}Cs és ^{90}Sr aktivitás-koncentrá-ciók Hajdú-Bihar megyei eredményei hasonlóak az országos értékekhez. Ismert, hogy az élelmiszereink közül a különbö-ző ehető gombák nagymértékben akumulálják a céziumot. Északkelet-Magyarország területéről gyűjtött bioindikátor fajok viszont – a mérések szerint – kis mennyiségben tartal-mazták a ^{137}Cs -et, ami arra enged következtetni, hogy az élőhelyük ^{137}Cs -tartalma is csekély volt. Az egy főre vonat-kozó effektív dózis becslése alapján egy Magyarországon élő ember sugárterhelésének élelmiszerekkel lenyelt dóziszáruléka – csak a ^{137}Cs - és a ^{90}Sr -tartalmat figyelembe véve – a világ-átlag lenyelésből származó, belső expozíciót jelentő 0,3 mSv értékének a kb. 20%-a. Megállapítható, hogy a lakosság sugár-terhelésében az élelmiszerekkel együtt lenyelt radionuklidok dóziszáruléka minimális, sugárbiztonsági szempontból elha-nyagolható kockázatot jelent.

Funkcionális MRI-vizsgálatok az orvosi diagnosztikában

Bari Ferenc, Farkas Eszter, Domoki Ferenc

Szegedi Tudományegyetem, ÁOK, Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet, Szeged

Roy és Sherrington több mint 100 évvel ezelőtt vélelmezték, hogy az agykéreg fokozott aktivitásával együtt gyorsan nő a lokális vérperfúzió és ez a kapcsolat metabolikus eredetű. Az ún. neurovaszkuláris csatolás hipotézisét azóta számos megfigyelés és kísérlet bizonyította. Ugyanakkor a kapcso-latban szerepet játszó mediátorok természete és a kapcsolat dinamikája csak részben tisztázott. A serkentő aminosav-ak közül a glutamát, a fokozott anyagcseréhez kapcsolódó emelkedett lokális K^{+} - és adenosin-koncentráció, továbbá az arachidonsav metabolitjai bizonyíthatóan szerepet ját-szanak a fokozott véráramlás kialakításában és fenntar-tásában. Az agyban végzett MRI-vizsgálatok a protonok mágneses tulajdonságainak (koncentráció, mozgékony-ság, stb.) detektálásán alapulnak. A megváltozott lokális idegi aktivitás, keringés és anyagcsere következtében az aktivált agyterületen fokozódik az oxigenált/dezoxigenált hemoglo-bin (Hb) arány, ami a vér lokális mágneseszettségét is be-folyásolja (az oxiHb dia-, míg a dezoxiHb paramágneses tulajdonságú). A funkcionális (f)MRI tehát a dinamikusan változó oxi- és dezoxi-Hb arány detektálásával teszi lehető-

vé a funkcióhoz köthető lokális vérkeringési válasz, ezáltal a fokozott idegi aktivitás detektálását. Az fMRI segítségével az elmúlt évtizedben végzett fiziológiai, patofiziológiai és pszichológiai vizsgálatok jelentős mértékben járultak hozzá az agy működésének pontosabb leírásához és megértéséhez. A módszer legfontosabb előnye, hogy nincs ismert mellék- vagy károsító hatása, időbeli felbontó képessége viszonylagosan jó. Ugyanakkor a mindennapi gyakorlatban használt 1,5-2 T erősségű készülékek térbeli felbontása meglehetősen kicsi, lehetetlen az egyes sejtek, sejtcsoportok, ill. a kis agyi struktúrák megkülönböztetése. Továbbá, a készülék meglehetősen drága üzemeltetési, és a felbontás kismértékű növelése is igen költségigényes. Mások mellett saját munkáink is rámutattak arra, hogy az agy átmeneti vagy tartós vérellátási zavarai jelentősen befolyásolják a neurovaszkuláris csatlolás természetét és dinamikáját, olyannyira, hogy bizonyos patológiás körülmények között a pozitív csatlás negatívvá válhat, azaz a véráramlás-emelkedés nem fedezi a metabolikus igényeket. Néhány, elsősorban állatkísérletes megfigyelés eredményének ismertetésével szeretnénk rámutatni, hogy bár az fMRI ma már a központi idegrendszer bizonyos funkciói tanulmányozásának nélkülözhetetlen eszköze, számos alapkérdés megválaszolása várat magára. Különösen igaz ez az idősödő vagy a sérült agy esetében. Az orvosi technika és a képalkotó eljárások gyors fejlődése azonban ma már lehetővé teszi a CT- és az MRI-készülékek összekapcsolását, és ezzel újabb perspektívák nyílnak a struktúrákhoz köthető funkciók még nagyobb felbontás melletti tanulmányozására.

Arzén-trioxid antioxidáns hatásának vizsgálata humán sejtes rendszerben

Kocsis Zsuzsanna, Tarnóczai Tímea, Marcsek Zoltán,
Tompá Anna, Major Jenő

Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Molekuláris és Sejtbiológiai Osztály,
Budapest

Epidemiológiai adatok alapján Magyarországon az ivóvízzel bevitt magas arzénkitettség megnövekedett egészségügyi kockázatot jelent, mivel 1–1,5 millió ember él olyan településen, ahol az ivóvíz átlagos arzénkoncentrációja eléri vagy meghaladja a 30-50 µg/l értéket. Az EU hazánkat arra kötelezi, hogy az ivóvíz arzéntartalmát 10 µl/l határértékre csökkentse. Vizsgálatainkban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a humán sejtek teljes gyökfogó kapacitását hogyan befolyásolja a sejtek alacsony arzéntartalmú vízzel való tartós kezelése. HepG2 sejteket tartósan kezeltünk 10, 50 és 100 µg/l-es arzén-trioxiddal. 14- 31- 42- 49-109-121 és 140 napig folyamatosan arzénnel kezelt sejtkultúrák antioxidáns státuszát és teljes gyökfogó kapacitását határoztuk meg. 30 na-

pos folyamatos 10, 50 és 100 µg/l-es arzénes kezelés növelte a sejtek teljes gyökfogó kapacitását. Az in vitro kísérleteink azt látszanak bizonyítani, hogy a kis arzénkoncentráció akár védheti is a sejteket az oxidatív stressz ellen. Míg a sejteket tovább, 42 ill. 49 napig tartósan kezelve, mindkét arzéndózisnál (10 és 50 µg/l) a sejtek teljes gyökfogó kapacitása szignifikáns mértékben csökkent, ami magyarázható az arzén hidrogén-peroxid és hidroxilgyökök képződését fokozó hatásával. Vizsgálataink alapján a 49 napnál hosszabb arzénexpozíció a sejtek teljes gyökfogó kapacitását szignifikáns mértékben csökkentette. A további vizsgálatokban kerestük azokat az ivóvízben található természetes anyagokat, amelyek esetleg befolyásolhatják az arzén toxikus hatását. Ismert, hogy hazánk egyes földrajzi területein az ivóvizek huminsav-tartalma kiemelkedően magas. Az ivóvíz arzéntoxicitásának a megítélésénél többek között figyelembe kell venni annak aktuális huminsav-tartalmát is. Vizsgálataink alapján arra lehet következtetni, hogy amíg a vízben lévő alacsony koncentrációjú huminsav csökkenti az ivóvíz arzéntoxicitásának a mértékét, addig egy bizonyos dózishatár fölött a huminsav az arzén toxikusságának emelkedését eredményezheti. In vitro vizsgálatokban kimutattuk, hogy a huminsav bizonyos dózishatárokon belül javítja az arzén káros, a sejtek antioxidáns kapacitását csökkentő hatását.

KAQUN-víz hatása egészséges önkéntesek immunológiai paramétereire

Biró Anna, Fodor Zoltán

Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Budapest

Vizsgálatunkban 21 napos Kaqun-kezelés hatását vizsgáltuk egészséges önkéntesek immunológiai paramétereire. A Kaqun speciális, magas oxigéntartalmú víz, amely ivó- és fürdőkúra formájában vehető igénybe. A vizsgált személyek 21 napos fürdő- és ivókúrán vettek részt. A napi egyszeri, reggeli fürdés 37°C-os, stabil oxigént tartalmazó vízzel teli, egyedi fürdőkádban történt, alkalmanként maximum 50 percig. Az ivókúra napi 1,5 liter Kaqun ivóvíz elfogyasztását jelentette, párhuzamosan a fürdésekkel. A fürdőkúra a Kaqun Egészségprogram Szolgáltatási standardjaiban rögzítettek szerint folyt. A 30 fő (15 nő, 15 férfi) egészséges önkéntes kiválasztását a KAQUN HUNGÁRIA Kft végezte. A jelen vizsgálatban kizáró okok: dohányzás, akut vagy krónikus betegség, fertőzés, illetve bármilyen gyógyszer illetve étrend-kiegészítő szedése, mivel ezek az immunológiai paramétereket befolyásolhatják. A résztvevőket tájékoztattuk a vizsgálatok céljáról és menetéről, és egy beleegyező nyilatkozatot írtak alá, mellyel igazolták, hogy tájékoztatást kaptak a vizsgálatról, és abban önként vesznek részt. A vizsgálat ETT-TUKEB engedélyének száma: 42/2009. A mért végpontok: kvalitatív és kvan-

titatív vérkép, a limfocita-populációk aránya, a limfociták aktiváltsága, illetve a neutrofil granulociták reaktív oxigén intermedier termelése. A keringő limfociták alcsoportjait és aktiváltsági állapotát immunfenotipizálás módszerével, áramlások citofluorimetriával határoztuk meg. A fehérvérsejtek ölképességével arányos reaktív oxigén intermedier (ROI) termelést Bursttest (Phagoburst®) kit segítségével mértük. A méréseket az első napon, a kezelés megkezdése előtt (0 pont), illetve a 8., a 15. és a 21. napon végeztük. A csoportszintű eredmények statisztikai értékeléséhez ismételt mérések egy-, illetve kétparaméteres ANOVA-t használtunk, a szignifikanciaszintet $p < 0,05$ értékben határoztuk meg. Az NK-sejtek százalékos megoszlása a második hét kezelés után szignifikánsan nőtt. Az aktivált T- (CD25+) limfociták százaléka a második és harmadik hétre, az aktivált (CD25+) helper T-sejtek százaléka a második hét kezelésre nőtt. A CD71+, vagyis transferrinreceptort hordozó B-limfociták százaléka a második hétre lecsökkent szignifikáns mértékben, majd a harmadik hétre az eredeti állapotra állt vissza. A neutrofil granulociták reaktív oxigén intermedier (ROI) termelése szignifikánsan nőtt az első hét kezeléstől kezdve az fMLP illetve a PMA-stimulált mintákban, és a második héttől kezdve az E. coli-val aktivált mintákban. A ROI-termelő sejtek százaléka az első hét kezeléstől kezdve szignifikáns mértékben nőtt. A kvalitatív és kvantitatív vérkép sem csoportszinten, sem egyéni szinten nem változott biológiailag szignifikáns mértékben. Feltehetőleg a Kaqun-kezelés hatására a T-limfociták nem specifikus aktivációja következett be, ami az immunválasz fokozott aktivitását mutatja. A reaktív oxigén intermedier termelés növekedése, mind csoportszinten, mind egyéni szinten a neutrofil granulociták ölképességének (baktericid hatásának) fokozódását jelzi. Több paraméterre jellemző, hogy csoportszinten szignifikáns mértékben a második hét kezelésre változott az értékük, és a harmadik hétre megállt ezen a szinten a mért paraméter, vagy az eredeti értékhez közelített (neutrofilek százaléka, monociták százaléka, aktivált (CD25+) T-sejtek százaléka, aktivált (CD25+) helper T-sejtek százaléka, CD71+ B-sejtek százaléka). Ez azt sugallja, hogy az immunológiai paraméterekre a két hét kezelés a leghatásosabb, és egy harmadik hét kezeléssel nem fokozható a hatás.

d-Lenolate® hatása egészséges önkéntesek immunológiai paramétereire

Biró Anna, Fodor Zoltán

Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Budapest

Vizsgálatunkban 21 napos d-Lenolate® kúra hatását vizsgáltuk egészséges önkéntesek immunológiai paramétereire. A d-Lenolate® szabadalmaztatott extrakciós eljárással készített, Oleuropein-tartalmú étrendkiegészítő, mely kapszulán-

ként 500 mg olajfa (Olea Europaea) levél kivonatát tartalmaz. A d-Lenolate® olajfalevél-kivonat az East Park™ Research, Inc. szabadalmaztatott étrendkiegészítő terméke. A vizsgált személyek 21 napos d-Lenolate® kúrán vettek részt, ami napi 3x2 kapszula bevitelét jelentette. A 30 fő (15 nő, 15 férfi) egészséges önkéntes kiválasztását a KAQUN HUNGÁRIA Kft végezte. A jelen vizsgálatban kizáró okok: dohányzás, akut vagy krónikus betegség, fertőzés, illetve bármilyen gyógyszer illetve étrendkiegészítő szedése, mivel ezek az immunológiai paramétereket befolyásolhatják. A résztvevőket tájékoztattuk a vizsgálatok céljáról és menetéről, és egy beleegyező nyilatkozatot írtak alá, mellyel igazolták, hogy tájékoztatást kaptak a vizsgálatról, és abban önként vesznek részt. A vizsgálat ETT-TUKEB engedélyének száma: 5252-02010-1018EUKU. A mért végpontok: kvalitatív és kvantitatív vérkép, a limfocita-populációk aránya, a limfociták aktiváltsága, illetve a neutrofil granulociták reaktív oxigén intermedier termelése. A keringő limfociták alcsoportjait és aktiváltsági állapotát immunfenotipizálás módszerével, áramlások citofluorimetriával határoztuk meg. A fehérvérsejtek ölképességével arányos reaktív oxigén intermedier (ROI) termelést Bursttest (Phagoburst®) kit segítségével mértük. A méréseket az első napon, a kezelés megkezdése előtt (0 pont), illetve a 8., a 15. és a 21. napon végeztük. A csoportszintű eredmények statisztikai értékeléséhez ismételt mérések egy-, illetve kétparaméteres ANOVA-t használtunk, a szignifikanciaszintet $p < 0,05$ értékben határoztuk meg. A CD25 illetve a CD71 sejtfelszíni molekulák expressziójának növekedése a limfociták aktivációját jelzi mind a T-, mind a B-sejtek esetében. A ROI-termelés mind a kontroll, mind a stimulált (fMLP, E. coli, PMA) mintákban nőtt a 0 ponthoz képest az első héttől kezdve. A ROI-termelés ezen felül hétről hétre is emelkedett mindegyik mintában. A kvalitatív és kvantitatív vérkép sem csoportszinten, sem egyéni szinten nem változott biológiailag szignifikáns mértékben. Feltehetőleg a d-Lenolate® kúra hatására a T- és B-limfociták nem specifikus aktivációja következett be, ami az immunválasz fokozott aktivitását mutatja. A reaktív oxigén intermedier termelés növekedése, mind csoportszinten, mind egyéni szinten a neutrofil granulociták ölképességének (baktericid hatásának) fokozódását jelzi.

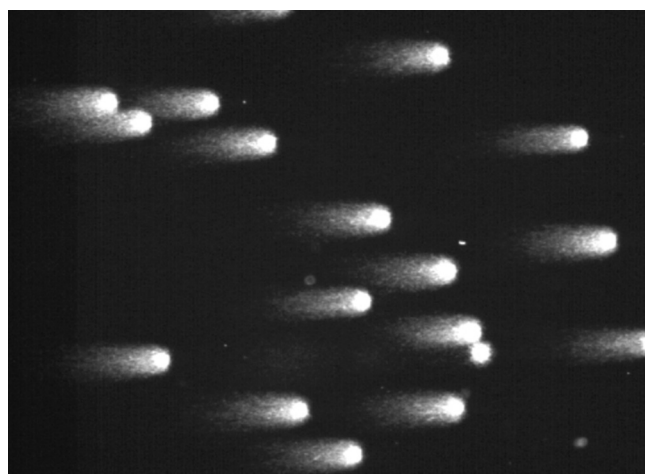
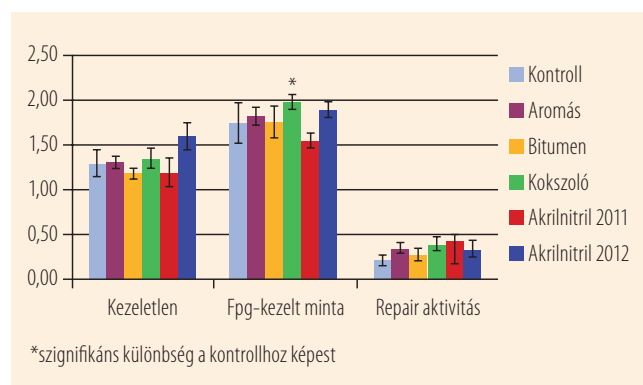
Géntoxikus és oxidatív expozíció hatásvizsgálata egysejtes gélelektroforézissel vegyipari dolgozókon

Megyesi János¹, Biró Anna¹, Tompa Anna^{1,2}

¹Országos Kémiai Biztonsági Intézet, ²Semmelweis Egyetem, Népegészségtani Intézet, Budapest

A primer DNS-léziók, ill. az oxidatív DNS-károsodás kimutatására az egysejtes gélelektroforézist, az ún. Comet-assay-t alkalmazzuk. A Comet-assay képes a nem

stimulálható (nyugvó) T-limfociták genetikai hibáinak kimutatására is, így különösen jól használható olyan esetekben, amikor a proliferáció gátlódik. Tekintettel arra, hogy a géntoxikológiai monitor végpontjait perifériás limfocitákon vizsgáljuk, a Comet-assay vizsgálatokat is teljes vérből szeparált perifériás limfocitákon végezzük. Jelen poszterünkben az eddig vizsgált csoportok eredményeit viszonyítjuk a kontroll csoporthoz. A vizsgálatainkban ismert géntoxikus ágenssel nem exponált kontroll csoportot (10 fő) és 5 különféle exponált csoportot vizsgáltunk, melyek a következők: 1. aromás szénhidrogén üzem (benzolexpozíció) 16 fő, 2. bitumengyártók (PAH-expozíció) 8 fő, 3. koksizáló üzem (nehézbenzin, párlatok) 9 fő, a 4. és 5. csoport pedig gyógyszeralapanyag-gyártók (akrilnitril-expozíció) 2011-ben és 2012-ben vizsgált csoportja (9-9 fő).



Izolált limfocitából kiindulva a vizsgálat során 3 különböző mintát különítettünk el: egy kezeletlen mintát, amely a sejtek DNS-ében, a genotoxikus károsodások hatására kialakult száltörések mennyiségére utal, egy FPG-vel (formamido-pyrimidine DNA glycosylase) kezelt mintát, ami a külső környezet hatására kialakuló oxidatív báziskárosodásokra

utal, illetve a DNS-repair rendszer aktivitását mérő mintát. Az utóbbi jelenséget akkor tudjuk mérni, ha a mintát az FPG-kezelés után további 1 órán át inkubáljuk 37°C-on. A vizsgálat után a csoportszintű eredmények statisztikai elemzését Mann-Whitney nem paraméteres teszttel végeztük. A kontroll csoportból (kezeletlen 1,29±0,152; FPG-kezelt 1,75±0,227; DNS-repair aktivitás 0,20±0,057) készült minták eredményeit összehasonlítottuk az exponált csoportok eredményeivel. Két esetben tapasztalható szignifikáns eltérés: a koksizálók csoportjának FPG-kezelt (1,98±0,078) mintái, illetve a koksizálók DNS-repair aktivitása (0,38±0,071) szignifikánsan emelkedett a kontrollhoz képest. Mivel a koksizáló csoportnál az oxidatív DNS-károsodás mértéke magasabb volt, nagyobb külső környezeti expozíció valószínűsíthető ebben a csoportban. Ugyanakkor, a káros hatások kivédésére, nagyobb mértékű a DNS-repair aktivitás is, a kontroll csoporthoz képest. Továbbá megállapíthatjuk, hogy minden exponált csoportnál megfigyelhető bizonyos mértékű oxidatív- és genotoxikus károsodás, ill. DNS-repair rendszer aktivitás is. Az alacsony esetszámok miatt azonban a géntoxikológiai károsodások pontos becslésére még további mérésekre van szükség.

Az ionizáló sugárzás orvostudományi alkalmazásainak sugárvédelmi vonatkozásai

Pellet Sándor¹, Giczi Ferenc², Elek Richárd¹

¹Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Intézet, Budapest, ²Széchenyi István Egyetem, Győr

Az ionizáló sugárzás hasznosításának első területe volt az orvostudományi alkalmazás, közvetlenül a röntgensugárzás 1895-ben történő felfedezését követően. Sugárvédelmi szempontból az ionizáló sugárzások orvostudományi alkalmazása eltér az egyéb alkalmazásokétól, mint az ipari vagy akár az energiatermelésben történő hasznosítás. Az orvostudományi alkalmazásnál a modern sugárvédelem három eszköze közül az optimálás, az alkalmazás indokoltságának vizsgálata és a dóziskorlátozás közül csak az első két eszköz hasznosítható a páciensek sugárvédelmének biztosítása érdekében. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a páciensnek a besugárzásból vagy radioaktív izotópok alkalmazásából közvetlen haszna jelentkezik, így a lakossági dóziskorlátot nem lehet figyelembe venni, de felhívjuk a figyelmet a diagnosztikai irányadó szintek fontosságára. Az orvostudományi alkalmazások sikeressége a diagnosztikában, a gyógyításban és a daganatok terápiájában jóval meghaladja a korábbi reményeket, köszönhetően az elmúlt negyed században lezajlott hihetetlen technikai fejlődésnek, mint például a CT és intervenciós eljárások bevezetése, modern besugárzó berendezések és kombinált diagnosztikai beren-

dezek, mint a PET/CT, SPECT/CT használata. Az igények növekedése és a hozzáférés lehetőségének javulása okán, a páciensek gyógyítása érdekében a diagnosztikai vizsgálatok száma évente 1988-tól 1 380 millióról 2008-ra 3 143 millióra nőtt globálisan az UNSCEAR megállapítása szerint. Az egy főre eső sugárterhelés a radiológiai diagnosztikából (RD) eredően 0,35 mSv-ről 0,62 mSv-re növekedett a fenti periódusra vonatkozóan. Ezer főre vonatkoztatva a RD vizsgálatok száma az 1988-s beszámolóban 280 volt globálisan, míg a 2008-ban kiadott jelentésben már 488-nak találták. Az Amerikai Egyesült Államokban orvosi beavatkozásból eredően, egy főre eső effektív dózisban kifejezett sugárterhelés 0,53 mSv volt 1980-ban, ezzel szemben 2006-ban csak CT-vizsgálatból származott 1,5 mSv, intervenciós radiológiai beavatkozásból 0,4 mSv és nukleáris medicina vizsgálatokból 0,8 mSv, amiket hasonlíthatunk a 3,1 mSv-hez, a természetes háttérugárzásból eredő éves lakossági sugárterheléshez. Az orvosi RD és intervenciós beavatkozások száma és a velejáró orvosi sugárterhelés növekedése miatt már az utóbbi két sugárvédelmi szabályozási periódusban különös gondot fordítottak a beavatkozások indokoltságának és sugárvédelmi optimalálásának biztosítására. Az új sugárvédelmi szabályozás előkészítéseként, a nemzeti sugárvédelmi szabályozások alapjául szolgáló ICRP ajánlás, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség elfogadott tervezete és az EU elfogadás alatti BSS (Basic Safety Standards) kiadványa különös gonddal kezeli azokat a szabályozási elemeket, melyekkel az indokoltság és a páciensek sugárterhelése optimalízható. Az új szabályozás keretét ad annak, hogy az ionizáló sugárzás orvostudományi alkalmazásainál a sugárvédelem és a sugárbiztonság nagyobb súllyal érvényesülhessen.

Nem orvosi célú humán röntgenvizsgálatok sugárvédelmi kérdései

Ballay László

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

Nem orvosi célú humán röntgenvizsgálatokon az ember mindazon röntgenvizsgálatait értjük, amelyek nem betegséggel kapcsolatosak, céljuk nem valamely betegség diagnózisának a megállapítása. Ezek a vizsgálatok lehetnek biztosítással, vagy illegális tevékenység felderítésével, illetve mindinkább biztonsági fenyegetésekkel kapcsolatosak. Az előadás a reptéri utasellenőrzésekkel és azok sugárvédelmi kérdéseivel foglalkozik. A röntgensugaras reptéri utasellenőrzéseket a sugárterhelés minimalizálása céljából minden esetben jól kollimált, tűszerű nyalábbal, pontról pontra történő letapogatással végzik. A detektor lehet az

utas mögött, ilyenkor az utason áthaladó tűnyaláb „belát” a test belsejébe. A visszaszórásos képalkotásnál a letapogatott felszínekről visszaszóródó röntgensugárzást használják fel képalkotásra. A képen jól felismerhetők a ruha alá rejtett tárgyak, akár fémről, akár alacsony rendszámú anyagról, pl. plastik robbanóanyagról van szó. Ezzel a módszerrel azonban az utas által esetlegesen lenyelt tárgyak nem deríthetők fel. A sugárvédelem egyik alapelve az indokoltság. A biztonsági célú röntgensugaras utasellenőrzések esetében az indokoltsági követelmény teljesítése nagyon sajátos. Szigorú követelmény van arra vonatkozóan, hogy röntgenellenőrzésekből származó sugárterhelés még a leggyakrabban repülő utasok esetében sem közelítheti meg a lakossági dóziskorlátot (1 mSv/év), továbbá az ellenőrzés vetkőztetős jellege miatt kezelni kell tudni az utasok személyiségi jogait. Az ún. testszkennert (body scanner) visszaszórásos képalkotással működik. Az ellenőrzött utas effektív dózisban kifejezett sugárterhelése a természetes sugárterhelés napi átlagánál közel két nagyságrenddel kisebb. Az extrém alacsony dózisnak köszönhetően az USA hatóságai a testszkennert felhasználását az utasok rutin ellenőrzésére engedélyezték, és mintegy 40 repülőtérre be is vezették. A személyiségi jogok védelmét a kép olyan számítógépes átalakításával érték el, ami után az arc és az érzékeny testtájék nem ismerhetők fel, továbbá a testszkennert helyett az utas a testi motozást is választhatja. Az átvilágítással járó szkennelés utas-dózisa jóval nagyobb, ezért ezt a technika rutinszerű tömegellenőrzésre nem használható. Csak indokolt esetben, pl. drognyelés gyanújának tisztázására alkalmazható.

A lakosság elektromágneses terhelésének csökkentése az alacsony frekvenciájú és a rádiófrekvenciás terek esetében

Jánossy Gábor

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

A lakosság számtalan területen kerül kapcsolatba az elektromágneses sugárzással a hétköznapi élet folyamán. Ezek leggyakrabban előforduló találkozási pontjai az alacsony frekvenciájú, 50 Hz-es elektromos és mágneses tér, illetve a rádiófrekvenciás/mikrohullámú sugárzás. 50 Hz-es elektromos térrel csak a távvezetékek környezetében kell számolnunk. A mágneses tér azonban nem csak a távvezetéknek, hanem a transzformátorok és egyéb, áramot használó berendezés környezetében is előfordul. A legegyszerűbb védekezés a távolságtartás, de lehet árnyékolással is csökkenteni az alacsonyfrekvenciás mágneses tereket. Rádiófrekvenciás terekkel találkozhatunk a rádió- és TV-adóállomások valamint a rádiótelefon bázisállomások és

a hordozható készülékek környezetében. A rádió- és TV-adóállomások jellemzően külterületen helyezkednek el, de a kisebb teljesítményű, helyi adók lakott területen, illetve annak szélén vannak telepítve. Általában az ezektől eredő elektromágneses tér a lakosság jellemző tartózkodási helyein már olyan mértékű, hogy védekezést nem igényel. A rádiótelefon használatának két oldala van: a bázisállomás és a kézi készülék. A bázisállomásokat jellemzően tornyokra, vagy házak tetejére telepítik. Szokásos telepítés esetén az azoktól eredő elektromágneses tér a lakosság jellemző tartózkodási helyein már olyan mértékű, hogy védekezés nem szükséges. Ettől eltérő egyedi esetek azért előfordulhatnak. A kézi készülék jellemző használatát, annak a fej mellett tartása azt eredményezi, hogy a telefonálás közben a fejet egy oldalról komolyabb elektromágneses sugárzás éri. Ez ellen védekezni leginkább a távolságtartással lehet, melynek eszközei: kihangosítás, bluetooth és headset használata. A fémes árnyékolásnak is vannak lehetőségei és egyben korlátai is, mind a kézi készülék használatánál, mind a bázisállomás, illetve egyéb rádió-adóállomások tekintetében. Előadásunkban kitérünk még a mágneses kapuk és a WI-FI rendszerek környezetére is, mely területeken nem szükséges árnyékolás alkalmazása.

A lakossági és munkahelyi ultraibolya sugárzás túl-expozíció megelőzésének lehetőségei

Bakos József

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

Az ultraibolya (UV) sugárzás túlzott expozíciója számos akut és krónikus betegség okozója lehet. A szem esetében az akut szaru-, és kötőhártya-gyulladás mellett a szürkehályog és bizonyos szemdaganatok kialakulása is összefügg a fokozott UV-expozícióval. A bőr esetében a legjellemzőbb akut hatás a bőrpír kialakulása. Krónikus hatásként fellelhető a bőr korai öregedése és a különböző, melanoma és nem melanoma típusú bőrrákok keletkezése. Az utóbbi évtizedekben a bőrrákos megbetegedések száma jelentősen megemelkedett a lakosság körében mind világviszonylatban, mind hazánkban. Ez súlyos terhet jelent az egészségügyi ellátás és a betegbiztosítók számára is. Mivel ezeknek a betegségeknek a jelentős része az UV-sugárzás túlzott expozíciójával hozható összefüggésbe, megelőzésükben nagyon nagy jelentősége van az UV-expozíció csökkentését célzó intézkedéseknek a munkahelyeken, és a lakosság oktatását, felvilágosítását szolgáló tevékenységeknek. A lakosság esetében az UV-expozíció fő forrása a napozás és a szoláriumok használata. Míg az előbbi esetén a megelőzés eszközeként csak az egészségnevelés és a tájékoztatás áll rendelkezésre,

addig a szoláriumoknál lehetőség lenne jogi szabályozással csökkenteni a lakossági expozíciót, például a 18 év alattiak szoláriumhasználatának megtiltásával, ahogy azt már a világ számos országában be is vezették. A munkahelyi expozíciók tekintetében különbséget kell tenni a mesterséges forrásból származó UV-sugárzás és szabadban végzett munka során elszenvedett – napból származó – természetes UV-sugárzás között. Ennek oka az, hogy míg előbbire van jogszabályban előírt, kötelezően betartandó egészségügyi határérték, addig a természetes UV-sugárzásra nincs. Ugyanakkor a szabadban végzett munka során fellépő UV-expozíció a nyári időszakban akár többszörösen is meghaladhatja a mesterséges forrásokra vonatkozó munkahelyi határértékeket, ami mindenképpen indokoltá teszi, hogy ezen a területen is gondoskodjon a jogalkotás a dolgozók egészséges munkafeltételeinek és védelmének biztosításáról. Összefoglalva, az UV-sugárzás túlzott expozíciójának megelőzésében a fő szerep az – ezen a téren jelenleg még gyermekcipőben járó – egészségnevelés és lakossági felvilágosító tevékenység kell, hogy legyen, de ugyanakkor új jogi szabályozók megalkotásával csökkenthető lenne a szabadban dolgozók természetes forrásból és a lakosság szoláriumhasználatból származó UV-expozíciójának mértéke is.

Kell-e féljünk a napsugárzástól?

Szabó András

Semmelweis Egyetem II. sz. Gyermekklinika, Budapest

A hatvanas évektől kezdve a szabadidő eltöltésének egyik kedvelt formája volt a vízparton heverészni és napozni. Az északon élők nagy tömegei indultak el a délebbi naposabb vidékekre, ahol az első napon töltött órákat követően súlyosan leégve szenvedték végig a nyaralásukat. A kozmetikai ipar gyorsan reagált és különböző napozó krémekkel egyszerre próbálta kielégíteni a gyors barnulásra vágyók és a naptól védelmet remélők igényeit. A fényvédő krémek kezdetben csak a leégést okozó UVB-sugárzást szűrték ki egyre jobb hatásfokkal, lehetővé téve, hogy a napozni vágyók elkerülhessék a hámláshoz vezető napégést. Egyúttal azonban a bőr védelmét szolgáló, a barnulást okozó melaninszintézist is gátolták. Az UVB-sugárzás sikeres kiszűrése mellett ugyanakkor az UVA-sugárzás zavartalanul és sokkal tartósabban érte a napozók bőrét. Az UVA-sugárzás sokkal mélyebbre hatol a bőrben és eléri a bőr irharétegét is, ahol a bőr regenerációja, a hámsejtek proliferációja zajlik. A sok napozás – fényvédővel vagy anélkül – a bőr elvékonyodásához, ráncosodásához és hosszú távon a nem melanoma típusú bőrrák kialakulásához vezet. Azok között, akik gyermekkorukban gyakran leégtek, sokkal nagyobb a bőrrák előfordulása,

mint a keveset napozók között. Az egyéb tumorok, mind a belsérvi daganatok, mind pedig a melanoma sokkal gyakoribb a beltérben dolgozók között, akik kevesebb időt töltöttek a napon, mint a szabadban dolgozók között. A bőrrák egy könnyen és időben észlelhető elváltozás, és egyszerű sebészi eltávolítással jól kezelhető. A kevesebb napozás mellett az emlő-, a prosztata- és a coloncarcinoma előfordulása sokkal gyakoribb, kezelésük is nehezebb és a halálozás is sokkal nagyobb, mint a bőrrák esetében. Csak ennek a három daganatnak a halálozása százszor nagyobb, mint a bőrráké. A kevesebb napozás következtében csökken a D-vitamin-ellátottság, és ezzel magyarázható a tumorgyakoriság és a halálozás növekedése. Ez az összefüggés elégséges kellené legyen ahhoz, hogy az emberek elgondolkodjanak azon, hogy az amerikai bőrgyógyászoktól és a kozmetikai ipartól elindult pánikkeltés a fényvédő nélküli napozás miatt, és a kialakult széleskörű napfóbia valóban a biztonságunkat szolgálja-e. Tavasztól őszi napi 15 percnapi napozás – amely csak a szabad végtagokat éri – már elegendő a napi D-vitamin-szükséglet biztosításához. Ez teljesen biztonságos és a tumorkockázatot jelentősen csökkenti. Epidemiológusok számításai szerint az USA lakosságára vonatkoztatva a D-vitamin-szint normalizálása évente több százezer daganatot előzhetne meg, és legalább százezer emberrel kevesebb halna meg daganatos betegségben az USA-ban. Az arányok Magyarországon is hasonlóak.

Az ionizáló sugárzás molekuláris biológiai hatása sejt- és szervezeti szinten

Somosy Zoltán

MH Honvédkórház Tudományos Kutató Intézet, Budapest

A részecske- és foton-sugárzások az élő anyag molekuláiban elnyelődnek, és azok gerjesztését vagy ionizációját okozzák, mely a közölt energia nagyságától függően közvetlenül és közvetett formában sejt- és szervezeti szintű károsodáshoz vezethet. A keletkező reaktív szabad gyökök hatására kémiai kötések bomolhatnak fel, illetve új kémiai kötések is kialakulhatnak, melyek módosíthatnak számos életfontosságú folyamatot. A molekuláris változások a sejtekben javító mechanizmusokat is aktiválnak. Ilyen módon a későbbiekben tapasztalható – molekuláristól a szervezeti szintig terjedő – elváltozások a károsító és javító mechanizmusok eredőjének tekinthetők. Hosszú ideig tartotta magát a sugárbiológia központi dogmájaként, hogy az ionizáló sugárzások biológiai hatása a DNS-molekula sugárkárosodásának közvetlen következménye. Jelen tudásunk szerint a DNS támadáspont mellett számos sejtorganellum, például a plazma- és az endoplazmás retikulum membránok, a mitokondriumok, valamint a centroszómák is szerepelhetnek az ionizáló su-

gárzás célpontjaként. Ezen felül a besugárzott sejtek által termelt egyes, intercelluláris mediátorként is funkcionáló anyagok közvetett módon a sugárhatásban közvetlenül nem érintett sejteket is károsíthatják. Ezt a jelenséget nevezik bystander vagy szomszédsági hatásnak. Újabban a szakirodalom a nem-DNS támadáspontú sugárkárosodásból eredeztethető változásokat, beleértve a bystander jelenséget, „non-targeted” hatás összefoglaló névvel illeti. Az előadásban kitérünk a DNS-károsító hatás mellett a fentiekben részletezett sejt szintű elsődleges támadáspontok károsodásait kialakító folyamatokra, molekuláris szintű mechanizmusokra. Megvizsgáljuk az elsődleges molekuláris biológiai történések, a kialakuló szerv- és szervezeti szintű konzekvenciák, és a különböző végpontok specifikitását. Áttekintjük a szomszédsági hatás folyamatát és biológiai jelentőségét. Vázlatosan kitérünk arra, hogy az ionizáló sugárzás molekuláris kölcsönhatásának kísérletes módosítása mennyiben befolyásolja a sejtek sugárérzékenységét.

Korszerű atomerőmű-típusok

Juhász László, Sebestyén Zsolt

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

Napjainkban az atomenergia egyre nagyobb szerepet játszik az energiatermelésben, ezért fontos, hogy az atomerőművek folyamatosan fejlődjenek mind biztonsági, mind pedig gazdaságossági szempontból. A világon termelt villamos energia ~17%-a, míg Európában ~33%-a származik atomerőművekből. Az atomerőműveket 4 generációba sorolhatjuk fejlettségük szempontjából. Az első generációs erőművekből mára csak 2 blokk maradt a világon Angliában, Wylfa közelében, melyeket legkésőbb 2014-ben fognak leállítani. A mai közel 440 üzemelő blokk zöme 2. generációs, melyek nagy része biztonsági átalakításokon esett át. A Paksi Atomerőmű is a 2. generációs blokkokhoz tartozik, amelyen szintén több biztonsági fejlesztést hajtottak végre. Ezekből az erőműtípusokból alakították ki a 3. generációt, melyek jellemzői, hogy költséghatékonyabbak mind építés, mind pedig üzemelés szempontjából, valamint biztonságosabbak az aktív és passzív biztonsági rendszerek fejlesztésének köszönhetően. Ilyen fejlesztés például a dupla falú hermetikus védőépület, amit egy nagy utasszállító repülőgép rázuhanására méreteztek, vagy ilyen az emberi hibák lehetőségének a csökkentése. A közel 50 ma épülő blokk nagy része már az új, 3. generációhoz tartozik. A Paksi Atomerőmű bővítése során is ilyen blokkok építésében gondolkodnak. Az igazi fejlődést a 4. generáció fogja jelenteni, mert itt már nem a már meglévő típusokat fejlesztik, hanem újakat hoznak létre. Jelenleg hat új típust vizsgálnak, melyek között talál-

hatunk már gyors reaktorokat, ami nem csak energiatermelésre szolgálhat, hanem üzemanyaggyártásra is. A nagy üzemi hőmérsékletnek köszönhetően hidrogéngyártásra is felhasználhatóak lesznek, mint másodlagos termék. Ezeket a típusokat jelenleg is világméretű kutatási együttműködésben fejlesztik, melynek befejezését 2030-2040-re várják. Itt már nem csak a gazdaságosság és a biztonság fejlesztése a fő cél, hanem a keletkező hulladékok minimalása, a természeti erőforrások fenntartása, illetve a katonai célra való felhasználhatatlanság is szerepet játszik.

Kisdózisú ionizáló sugárexpozíció kimutatása kémiai karcinogénekkal exponáltak limfocitáiban

Jakab Máttyás, Major Jenő, Tompa Anna

Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Budapest

Az intézetünkben kémiai karcinogénekkal exponáltak rutinszerűen limfocitákon végzett humán genotoxikológiai monitor módszereinek alkalmazása során, három expozíciós csoportnál (etilénoxid, benzol és citosztatikumok) észleltük a strukturális kromoszómaaberrációk (CA) emelkedése mellett a dicentrikus- és gyűrű kromoszóma gyakoriságok (dic+ring) emelkedését. Ezek elsősorban ionizáló sugárhatásra képződnek és gyakoriságuk dozimetriára is lehetőséget ad. Amikor az egri kórházban emlőrák halmozódását figyelték meg, felmerült a kérdés, hogy ennek kiváltó oka az osztályon szabálytalanul üzemeltetett etilén-oxid (ETO) gázsterilizáló lehetett, vagy az épületelemek radonsugárzása. A későbbiekben csak az ETO szivárgását tudták igazolni. Az ETO IARC I. kategóriás rákkeltő és kromoszómaaberrációkat (dic+ring-et is), emlőtumороkat is indukálhat. A kórház 29 ETO-exponált és 10 ETO-val nem exponált dolgozóját vizsgáltuk, az ETO-exponáltak közül 23 CA-pozitív (CA-pozitív: CA>4%) volt, 18 esetben dic+ring is volt, a nem exponált dolgozók vizsgálatánál 6 esetben volt a CA emelkedett, 4 esetben dic+ring jelentkezett. Ugyanakkor mindkét csoportban, a helyi lakosok között a CA és dic+ring halmozott előfordulását találtuk (15 ETO-exponált helyi lakos: 15 CA-pozitív, 15 esetben dic+ring is; 5 nem exponált helyi lakos: 5 CA-pozitív, 4 esetben dic+ring is), helyi

lakosoknál 9 emlőtumoros megbetegedés is volt (8 volt ETO-exponált). A CA-pozitív és a dic+ring kromoszómaeltérések száma nem helyi lakosoknál jóval alacsonyabb, 14 ETO-exponálnál 8 és 3, az ETO-val nem exponáltaknál 1 és 0 volt. Az ETO-expozíció megszűntével, egy évvel később ismételt citogenetikai vizsgálattal megállapítottuk, hogy a vegyi expozíció csökkenésével a kromoszóma egyszálú töréseinek száma lecsökkent, ugyanakkor a dicentrikus és ring kromoszómák aránya változatlan maradt, ami ionizáló sugárzás jelenlétére utalt. A magyarországi hévizek egy része, így az egri gyógyvíz is kissé radioaktív, rádiumot tartalmaz, annak bomlásával radon gáz keletkezik, mely IARC I. kategóriás rákkeltő, alfa-sugárzása révén erős CA- és dic+ring induktor limfocitákon is. Az egri csapvízbe éveken keresztül volt gyógyvíz keverve, ennek megfelelően inhalációs és ingerstíós radonexponálódás lehetősége állt fenn. Ezt alátámasztja 30 fős egri lakossági kontroll vizsgálata, melyben 13 személy CA-pozitív volt, 7 esetben dic+ring kromoszómákat is észleltünk mintáinkban. Hasonló jelenséget tapasztaltunk a benzolexponáltak vizsgálata kapcsán, amikor az egyik csoportban a korábbi évektől eltérően hirtelen a CA- és dic+ring gyakoriság emelkedés jelentkezett. A vizsgáltak egy 7 fős csoportjánál 6 CA-pozitív és 6 esetben dic+ring rendellenességeket találtunk, melyek háttérben a munkahelyi környezetben végzett és munkavédelmi szempontból nem biztosított ipari röntgenezés volt. Egy évvel később a CA- és dic+ring gyakoriságok csökkentek (CA-pozitív 1 fő, dic+ring 3 főnél). Egy radiológiai klinika citosztatikumokkal exponált egészségügyi dolgozóinál pajzsmirigy-elváltozások számának halmozódását figyelték meg (53 személyből 16). Az 53 főből 20-nál észleltünk CA-pozitivitást, illetve 11 esetben dic+ring rendellenességeket. A 16 pajzsmirigy-eltéréses eset közül 7-nél találtunk CA- és dic+ring kromoszóma-rendellenességeket. A radiológiai klinika dolgozóinak esetében észlelt eltéréseket is nagy valószínűséggel vegyi, ebben az esetben citosztatikum és az ionizáló sugárzás szinergizmusa okozta. Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a munkahelyi rákkeltők mutagén hatásainak detektálására használt citogenetikai vizsgálatok éppúgy alkalmasak kisdózisú ionizáló sugárzás okozta egészségkockázatok mérésére humán limfocitákon.