

Az új sugárvédelmi szabályozás bevezetése a Semmelweis Egyetemen és a szabályozás bevezetéséhez szükséges fejlesztések bemutatása

Taba Gabriella^{*1}, Kári Béla²

¹Semmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálat, 1085 Budapest, Üllői út 26.

²Semmelweis Egyetem Nukleáris Medicina Központ, 1085 Budapest Üllői út 26.

*tabagabi@gmail.com

A kézirat beérkezett: 2017.05.16.

Közlésre elfogadva: 2017.07.10.

Introduction of new radiation protection regulation at the Semmelweis University and developments requested for introduction of new regulation.

Abstract. On the 1st of January 2016, the 487/2015. (XII. 30.) Govt. Decree came into force, which had submitted authority control of the protection against ionizing radiation under the Hungarian Atomic Energy Authority. The changes of the regulation affected on the 34 divisions of the Semmelweis University and also on the applied eye dose limits. The tasks of the Radiation Protection Service of the Semmelweis University are the professional support and oversight the radiation protection of the concerned divisions and implementation these changes of the regulations into the practice. By the necessity of the changes of the regulation the University has used a large amount of investment on the development of radiation protection service and on the quality control and expansion of radiation services.

The paper introduces all the developments and their practical implementations at the divisions of the University related to the changes of the regulations.

The measurement for the licensing procedures required a monitoring system were conducted with new methods, by the development of the OSJER laboratory. The TLD system allows the employees of the hospital to optimize medical techniques from the point of view of radiation protection. The radiation protection technical background allows safe introduction of new medical procedures like the method of radioembolisation with ⁹⁰Y, which is under authorization process and other combination of isotope therapy and translation research.

Keywords: 487/2015. (XII. 30.) Govt. Decree, Semmelweis University, radiation protection service

A Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásával kapcsolatos beruházásról, valamint az ezzel kapcsolatos egyes törvények módosításáról szóló 2015. évi VII. törvény módosította előbb az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvényt, majd az egészségügyről szóló 1997. évi CLIV. törvényt. A változtatásoknak köszönhetően 2016. január 1.-től az ionizáló sugárzás elleni védelem (csaknem teljes egészében) átkerült az atomenergia-felügyeleti szerv hatáskörébe. Így az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet értelmében az OAH ellenőrzése alá került a hatósági ellenőrzési jogkör.

A szabályozás változása a Semmelweis Egyetem 34 önálló részlegét és az alkalmazott dóziskorlátokat is érintette. Az Egyetem Sugárvédelmi Szolgálatának feladata az érintett részlegek szakmai támogatása, sugárvédelmi felügyelete és a szabályozás módosításának átültetése a gyakorlatba. A jogszabályok módosítása során szükségessé vált nagy összegű beruházásokat az Egyetemen a sugárvédelmi szolgálat fejlesztésére, a sugárvédelmi szolgáltatás kibővítésére és a sugárvédelem minőségirányítási rendszerének kialakítására használta fel. Az alábbi cikkben bemutatásra kerül az Egyetem részlegeit érintő, a megváltozott szabályozással kapcsolatos valamennyi fejlesztés és azok gyakorlati megvalósítása.

Az engedélyezési eljárásokban megkövetelt monitoring rendszerhez szükséges méréseket új módszerek kidolgozásával, az OSJER sugárvédelmi laboratórium fejlesztésével valósítjuk meg.

Az újonnan bevezetett TLD rendszer segít az egyetemi dolgozóknak az orvosi technikák sugárvédelmi optimalizálásában.

Továbbá a sugárvédelmi technikai háttér lehetőséget nyújt új orvosi eljárások biztonságos bevezetéséhez is, úgymint az engedélyezési eljárás alatt álló ^{90}Y izotóppal végzett radioembolizációs eljárás vagy a kombinált izotópos terápiák bevezetése, vagy a transzlációs kutatások fejlesztéséhez.

Kulcsszavak: 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet, Semmelweis Egyetem, sugárvédelmi szolgálat

BEVEZETÉS

A Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásával kapcsolatos beruházásról, valamint az ezzel kapcsolatos egyes törvények módosításáról szóló 2015. évi VII. törvény módosította előbb az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvényt, majd az egészségügyről szóló 1997. évi CLIV. törvényt. A változtatásoknak köszönhetően 2016. január 1.-től az ionizáló sugárzás elleni védelem (csaknem teljes egészében) átkerült az atomenergia-felügyeleti szerv hatáskörébe. Így az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet értelmében az OAH ellenőrzése alá került a hatósági ellenőrzési jogkör.

A Semmelweis Egyetem (továbbiakban SE) 34 önálló részleggel rendelkezik és valamennyit mint kötelezettségvállalót érint a szabályozás változása. A Semmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálatának feladata az érintett részlegek szakmai támogatása, sugárvédelmi felügyelete és a szabályozás módosításának átültetése a gyakorlatba. Fontos, hogy az új rendszerek kialakítása teljes mértékben illeszkedjen az oktatás és gyógyítás már meglévő rendszereibe, amely az orvosi egyetem elsődleges feladatait képezi. Szem előtt tartva a biztonságos munkavégzésre vonatkozó követelményeket, a sugárvédelmi rendszerek és szabályozás kialakításánál arra törekedtünk, hogy a hatósági és a felhasználói igények összhangba kerüljenek és a tevékenységek sugárvédelmi szabályozása ne jelentsen jelentős többletterhet az alkalmazók számára.

A SEMMELWEIS EGYETEM

A Semmelweis Egyetem 2017-ben hozzávetőlegesen 183 (SZMSZ 2017 organogram) önálló szervezeti egységgel rendelkezett, ebből 42 klinikát és 80 kutatóhelyet üzemeltetett. Ezen a területen kb. 7500 egyetemi munkavállaló és 1500 fő elsősorban MTA kutató dolgozik. Az ionizáló sugárzást alkalmazó engedélyes intézetek száma 32-35, ahol jelenleg 512 hatósági doziméterrel rendelkező személy dolgozik és további 1000 fő végez munkát az adott területen.

Az alkalmazási terület nagyon vegyes a képalkotástól a terápiáig, röntgen munkahelyek és kutató laboratóriumok mind megtalálhatóak az egyetemen. Az engedélyeseink közül 11 nyitott izotópokkal dolgozik. Évente kb. 135 000 fekvőbeteg és 2 000 000 járóbeteg ellátása történik az betegellátó részlegekben.

A Semmelweis Egyetem az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos tevékenységének és feladatainak összehangolására Sugárvédelmi Szolgálatot hozott létre és biztosítja a működéséhez szükséges személyi és tárgyi feltételeket.

A Sugárvédelmi Szolgálat operatív vezetését a rektor 2015 februárjában az MSSZ-módosítást követően átruházta az Orvosszakmai Igazgatóságra. További MSSZ-módosítást követően a sugárvédelmi szolgálat operatív vezetését a Klinikai Központ vette át. A

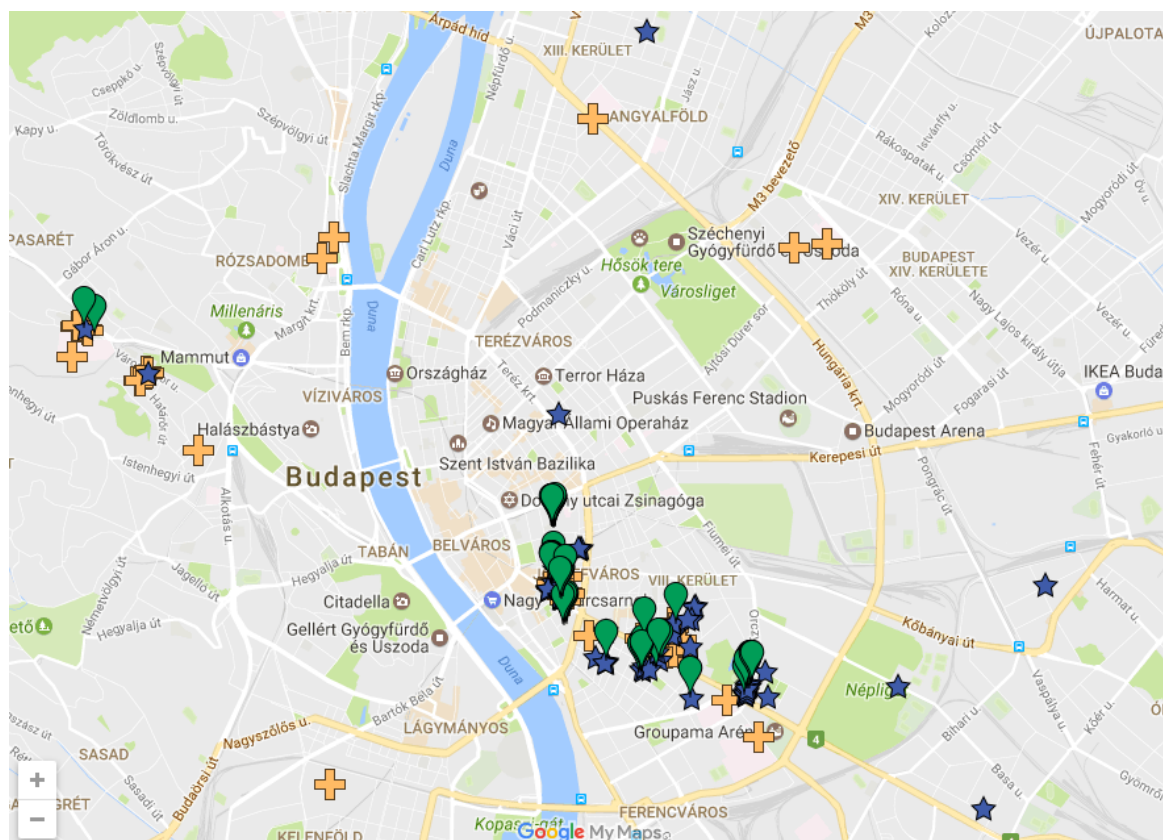
munkáltatói jogokat a sugárvédelmi szolgálatvezető felett a Klinikai Központ elnöke gyakorolja.

Az előírások betartása elsősorban a sugárzás alkalmazásáért felelős részlegek, az ún. engedélyesek feladata, beleértve az ellenőrzéseket, a védekezés és a képzés költségeinek fedezését, valamint a sugárveszélyes munkakörben dolgozók kedvezményeinek biztosítását.

A Szolgálat az ionizáló sugárzást a kutatásban és a gyógyításban felhasználó intézetek, klinikák, részlegek sugárvédelmi megbízottjaival tart kapcsolatot, összehangolja és segíti munkájukat.

A részlegek működése

Az egyetemi részlegek decentralizált irányítási rendszerben működnek, lokális irányítással. Az ionizáló sugárzást alkalmazó szervezetek az ipari alkalmazáson kívül gyakorlatilag lefedik az oktatásban és gyógyításban használt tevékenységeket. 2015-ben a kancellária rendszer bevezetésével és a sugárvédelmi területen 2016-ban módosult jogszabályok következtében változások történtek a centralizáltabb irányítás felé. A jogszabályok módosítását és az Egyetemen történt nagy összegű beruházásokat a sugárvédelmi szolgálatfejlesztésekre, a sugárvédelmi szolgáltatás kibővítésére és a sugárvédelmi minőségirányítási rendszer kialakítására használták fel.



1. ábra: Semmelweis Egyetem részlegei: betegellátó egységek, oktató, kutató részlegek és központi irányító egységek [Google Maps]

FEJLESZTÉSI SZEMPONTOK

A fejlesztések során elsősorban az alábbi szempontokat tartottuk szem előtt:

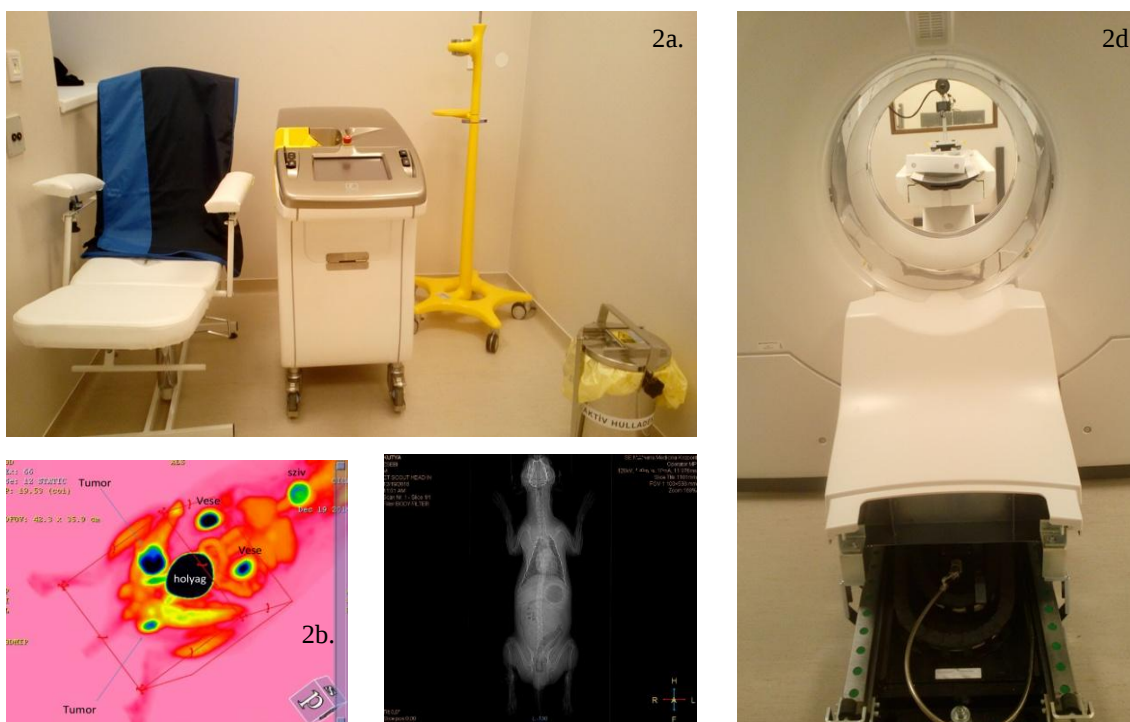
- egységesíteni a sugárvédelmi szabályozást az egyetem részlegei között;

- a részlegek új engedélyeztetési eljárásait és a követelményrendszert úgy átvezetni, hogy ne akadályozzák a betegellátást (ennek folyamányaként a közbeszerzési eljárásokban, pályázatokban való részvétel szükséges);
- egyes részlegeknél történő fejlesztési beruházásokat úgy kialakítani, hogy a többi (nem fejlesztet részleg) is integrálható legyen a fejlesztett rendszerbe (részlegek közötti kompatibilitás);
- centralizálni és fejleszteni a sugárvédelmi nyilvántartást és szakmai támogatást úgy, hogy minél több terhet vegyünk le a részlegekről, beleértve az anyagi kiadásokat is;
- Az új 487/2015. (XII. 30.) kormányrendelet szerinti engedélyek dokumentációját úgy kialakítani, hogy integrálódjon az egyetemen működő operatív szolgáltatások rendszerébe, úgymint: környezetvédelem, hulladékkezelés, betegbiztonság, kórházhigiéna és egészségügyi minőségbiztosítás területekkel.

2016 végére a fenti szempontokat figyelembe véve az egyetemen 8 részleg sugáregészségügyi engedélye lett megújítva.

NAGY ÖSSZEGŰ BERUHÁZÁSOK

A nagy összegű, 1,5 milliárdos PET-CT fejlesztésnél a sugárvédelmi rendszeren belül beszerzésre került egy TLD dozimetriai rendszer, amely nem csak a PET-CT munkavállalók számára elérhető, hanem az intervenciós radiológia, szív- és érsebészek számára is biztosít kéz- és végtag-dozimetriai ellenőrzést.



2. ábra: Baloldali felső kép. KARL 100 automata izotóp beadó rendszer, Baloldali alsó kép. Macska PET scan képe, Alsó középső. Macska PET-CT kép, Jobboldali. GE PET-CT gyűrű és vizsgáló asztal [saját forrás]



3. ábra: RadPro TLD rendszer kiolvasóval és kalibráló egység [saját forrás]

További sugárvédelmi szolgáltatás a „Szakértői szolgáltatások” nyújtása a részlegeknek, amelynek keretén belül a részlegeket nem terhelik a külső szakértői tiszteletdíj és tervezői költségek, továbbá dokumentációjuk kompatibilis az operatív egységek követelményeivel.

OSJER LABORATÓRIUM

Az OSJER laboratórium az Országos Sugárfigyelő, -jelző és Ellenőrző Rendszer keretein belül az Emberi Erőforrás Minisztériummal kötött szerződés alapján a Nukleáris Medicina Központ egyik telephelyén működik. Az OSJER laboratóriumot jelöltük ki egyetemi sugárvédelmi laboratóriumnak. A sugárvédelmi laboratórium kialakítása a 2016. évben kezdődött egy LSC (Folyadék szcintillációs spektrométer) berendezés beszerzésével, majd további fejlesztések történtek a PET-CT központ közbeszerzés keretein belül, ahol a TLD rendszert sikerült megvásárolni. A fejlesztések egy részét a már meglévő OSJER laboratóriummal és annak műszerállományával együtt sikerült összehangolni. A jelenlegi OSJER sugárvédelmi laboratórium felszereltsége alkalmas lett nem csak a vészhelyzeti szituációk és rutin ellenőrzések ellátására, hanem kiterjedt a belső sugárterhelési mérésekre (pajzsmirigy- és vizeletvizsgálatok) és radioaktív hulladék analitikai vizsgálatára is. A TLD rendszerrel az új szabályozásban előírt 20 mSv/év szemdózis-korlát betartását is ellenőrizni tudjuk.

Az OSJER laboratórium fejlesztése

Az OSJER laboratórium fejlesztésével lehetővé váltak a belső sugárterhelési vizsgálatok és létrejött a hulladékok vizsgálatához szükséges analitikai háttér. Csak a 2016-os év folyamán 3 esetben, telephelyen belüli talált radioaktív hulladéknál segítettük a részlegeket, így nem kellett külső együttműködő laboratóriumot bevonni. A fejlesztések közé tartozik a radioaktív hulladékok analitikai vizsgálatának módszertani fejlesztése is. Elsősorban a nehezen meghatározható lágy béta sugárzókat (^3H , ^{14}C) tartalmazó fertőző laboratóriumi hulladékok (állati alom, szövet, feldolgozott szövetminták, széklet stb.) analitikáját fejlesztettük.



4. ábra. OSJER laboratórium [saját forrás]

MÓDSZEREK KUTATÁS-FEJLESZTÉSE, JÁRTASSÁGI VIZSGÁLAT

Az OSJER sugárvédelmi laboratórium kialakítása több szükséges fejlesztést igényelt. Az új engedélyeztetési rendszerben a felhasználóknak be kell vezetniük a baleseti szituációra és a belső terhelésekre vonatkozó monitoring rendszerüket és mérési módszereiket. Ez az egyetemen az „újrendszeres” engedélyesek közül 4 részleget érintett. A vizsgálati módszereket az egyetemen található eszközpark felszánálásával lehet csak megoldani, elsősorban az OSJER sugárvédelmi laboratórium bevonásával.

A leggyorsabb és legköltséghatékonyabb technika az LSC készülék.

Az LSC használatához szükséges minta-előkészítésre és mintavételre módszer kifejlesztésére volt szükség. A belső sugárterhelés vizsgálatoknál be kellett vezetni azokat a vizeletvizsgálatokat, melyek a korábbi és az új alkalmazásokban használ izotópok meghatározására alkalmasak.

A fejlesztési módszereknél az integrált vizsgálati eljárásokat alkalmaztuk, amelyek lényege, hogy már meglévő érvényes szabvány szerinti mintaelőkészítést vagy mintavételi eljárást alkalmazunk egy másik nem izotópos területről (pl. veszélyes hulladék) és azt a módszert módosítjuk a vizsgálandó radioizotóp kémiai/fizikai tulajdonságaitól függően.

Így dolgoztuk ki a [1,2,3] (Waterquality - Determination of carbon 14 activity) módszerek integrálásával azt az egyedi módszert, amely alkalmas az egyetemen kutatásból és betegellátásból származó ^{14}C tartalmú hulladék mintavételére, a minta előkészítésére és vizsgálatára. Hasonlóan jártunk el az állatkísérletekből származó hulladék alfasugárzó ^{223}Ra tartalma esetében is.

Az integrált vizsgálati módszerfejlesztést alkalmazzuk a talált radioaktív hulladékok vizsgálatánál, specifikálva a talált radioaktív izotópra. Törekszünk az egyszerű, és gyors, kisebb kémiai előkészítési eljárást igénylő technikák alkalmazására. A vizsgálati módszereink nagyobb (20-50%) mérési bizonytalansággal rendelkeznek, de alkalmazásuk az adott területen elfogadható, mivel célja a gyors és olcsó eredmény, amely alapján az adott szituációban a szolgálat dönteni tud a további teendőkről, adott esetben külső laboratórium bevonásáról. [4]

Belső sugárterhelés vizsgálatok közül egyedi módszert fejlesztettünk ki az alábbi vizsgálatokra: béta-sugárzók vizeletvizsgálata, elsősorban ^3H , ^{14}C , ^{32}P , ^{35}S , ^{177}Lu , ^{90}Y , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{125}I izotópokra. Ezeket a vizsgálatokat elsősorban baleseti vagy szennyeződés gyanú esetén alkalmazzuk. [5]

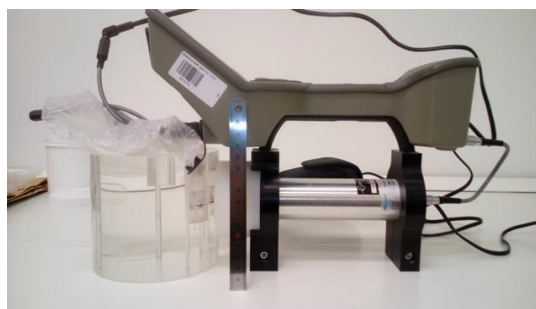
A vizsgálatok közül csak a jód-terápiás alkalmazásnál, a ^{131}I vizsgálatot végezzük a rutin monitoring rendszeren belül. A méréshez egy inkorporációs eseménynél használt mérési technikát alkalmazzuk. [6]

A rutin monitoring rendszerünket és a dózisszámításainkat az IDEA elvek szerint és a nemzetközi ajánlások alapján terveztük meg.

A pajzsmirigy-méréssel részt vettünk a CATHyMARA (Child and Adult Thyroid Monitoring After Reactor Accident) Thyroid Measurement inter-comparison nemzetközi összemérésben is, amelynek kiértékelése folyamatban van.



5. ábra: Az összemérésnél alkalmazott mérési geometria hagyományos pajzsmirigymérővel [saját forrás] Baloldali kép. az. alkalmazott mérési geometria saját kalibrációs nyak fantommal, jobboldali kép CATHyMARA összemérés nyakfantom



6. ábra: Az összemérésnél alkalmazott mérési geometria hordozható BNC (LaBr det.) spektrométerrel [saját forrás]

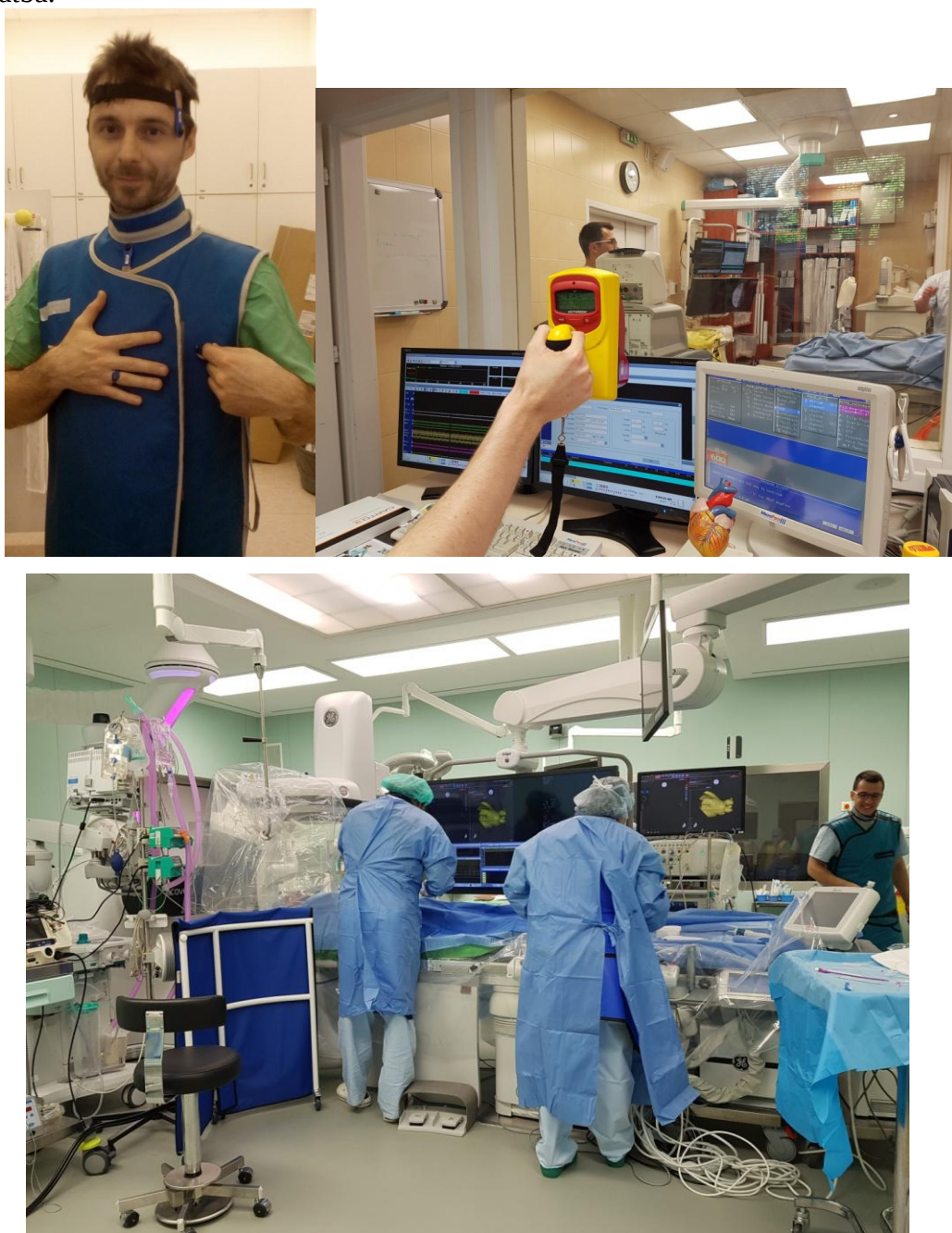
Azokra az izotópokra, amelyekre belső sugárterhelési vizsgálat nem lehetséges vagy megbízhatatlan eredményt adna, levegő mintavétellel próbálunk levegő aktivitáskonzentrációt mérni és ebből inhalációs dózist becsülni. Ezt a módszert a ^{223}Ra állatkísérletekbe való bevezetésnél alkalmaztuk [4].

SUGÁRVÉDELMI FELADATOK

Az OSJER sugárvédelmi laboratórium műszaki háttérével az egyetemi dolgozók számára a sugárvédelmi szolgálat az alábbi szolgáltatásokat tudja biztosítani: szakértői feladatok

ellátása, tervezés, monitoring rendszerek megtervezése és ehhez kapcsolódó mérések elvégzése, a keletkezett radioaktív hulladék analitikai vizsgálatainak elvégzése, környezeti ellenőrző mérések, mentesítési eljárások és ehhez kapcsolódó analitikai vizsgálatok elvégzése, résztest-dozimetriai ellenőrzések (kéz, szem), TLD dozimetriai mérések elvégzése egy-egy orvosi beavatkozás optimalizálásához (röntgen és nukleáris medicina területén).

Fontos, hogy a munkavállalók minél aktívabban be legyenek vonva a sugárvédelmi tevékenységbe, ezért helyszíni mérések során oktatással és játékos gyakorlatokkal próbáljuk bemutatni a sugárvédelmi mérések eredményeit és alkalmazását. A leghatékonyabb technikának a közös dózisteljesítmény/dózismérések bizonyultak. Az orvosok saját maguk térképezhetik fel a munkaterületük dózisviszonyait és tapasztalhatják meg a védőeszközök hatékonyságát. Ezenél a méréseknél próbáljuk a TLD ellenőrző rendszert is bevezetni a gyakorlatba.



7. ábra: Intervenciós beavatkozások (hybrid műtő) végzése és TLD kipróbálás közben. [saját forrás]

SUGÁRVÉDELMI SZAKÉRTŐI FELADATOK

A kormányrendelet-módosítás előtt a részlegek önállóan intézték a sugáregészségügyi engedélyüket. Ennek következtében azok a részlegek, amelyek nem akartak kooperálni az Egyetemi Sugárvédelmi Szolgálattal, külső szakértők szolgáltatását vették igényben. A sugárvédelmi szabályzatot a helyi megbízott vagy a külső szakértő írta, azonban sajnos többnyire nem voltak kompatibilisek az egyetemi operatív szolgáltatások szabályaival (pl. környezetvédelem és hulladékkezelés). A szabályzatok csak az engedélyhez szükséges minimumot tartalmazták. Ennek megfelelően rendszeresen kaptunk kérdéseket a munkavállalóktól a sugárvédelmi besorolásuk, illetve a doziméter viselésének szükségességét illetően, mert a dokumentumok többsége erre vonatkozóan nem tartalmazott információt.

Az egyetemi decentralizált rendszer nem adott lehetőséget a részlegek függelmi viszonyának kialakítására, mivel a belső szabályozás szerint csak adatszolgáltatási kötelezettséggel tartoztak a Sugárvédelmi Szolgálat és az egyetemi vezetés felé. A rendeletmódosítását követően az egyetemi részlegek sugárvédelmi szakértő bevonása nélkül nem tudják végigvezetni a hatósági engedélyüket. Az Egyetemi Sugárvédelmi Szolgálat biztosított nekik sugárvédelmi szakértői támogatást. A dokumentációkat egységesen próbáltuk kialakítani a fent felsorolt szempontrendszer alapján. A szolgálat készített egy sablon engedélyt, amelyben a részlegek az adataikat kitöltve megadják a tervezéshez szükséges paramétereket. A szolgálat elkészíti az engedélyhez szükséges dokumentációt és elvégzi a helyszíni méréseket. Majd elindítja az engedélyezési eljárást és koordinálja. Ezek a feladatok jelentősen leterhelték a szolgálatot, de az átvezetett részlegek azóta sokkal átláthatóbban és szabályozottabban működnek. Sikeres volt a sugárvédelmi minőségbiztosítási rendszer egységes formában történő bevezetése is, amelynek lényege az éves ellenőrző kérdéssor bevezetése. Ennek összeállításánál törekedtünk nem csak 487/2015. (XII. 30.) kormányrendeletnek való megfelelésre, hanem a páciens sugárvédelmére vonatkozó pontok bevezetésére is. A minőségirányítási szempontok bevezetése az éves általános minőségirányítási auditoknál pozitív elbírálást jelentett az részlegek számára. Előreláthatólag 2020 az részleg átvezetésének tervezett átadása, rendszerbe állítása. 8 részlegnél már jelenleg is működik, valamint további 2 részleg kialakítása van folyamatban. A szolgálat 2 esetben külső megrendelőnek is nyújtott sugárvédelmi szakértői szolgáltatást.

ÖSSZEGZÉS

A cikkben bemutatásra került az elmúlt évek hazai sugárvédelmi szabályozásának gyakorlati megvalósítása és tapasztalatai a Semmelweis Egyetemen. Az új sugárvédelmi szabályozás bevezetése sok változást és folyamatos fejlesztést követelt. Újdonság a sugárvédelmi minőségbiztosítási rendszer bevezetése és a dóziskorlát-módosítás.

Az új kormányrendeletben módosult résztest-dóziskorlát csökkentést TLD rendszer bevezetésével próbáljuk ellenőrizni. A TLD rendszer lehetőséget nyújt az egyetemi dolgozóknak az orvosi technikák sugárvédelmi optimalizálásához. Az engedélyezési eljárásokban megkövetelt monitoring rendszerhez szükséges méréseket az OSJER sugárvédelmi laboratórium fejlesztésével és új módszerek kidolgozásával oldjuk meg.

A sugárvédelmi technikai háttér lehetőséget nyújt új orvosi eljárások biztonságos bevezetéséhez is, mint az ^{90}Y izotóppal végzett radioembolizációs eljárás (folyamatban) vagy a kombinált izotópos terápiák bevezetése, továbbá a transzlációs kutatások fejlesztésére.

IRODALOM

- [1] IAEA TECDOC 1537,
- [2] MSZ 21978-1 (Veszélyes hulladékok vizsgálata),
- [3] ISO 13162:2011 (Waterquality - Determination of carbon 14 activity)
- [4] Taba Gabriella, Dr. Kári Béla, Dr. Garai Ildikó, Szűcs Éva, Árva Ferenc, Dr. Máthé Domokos: Alfaterápiás készítmények manipulálása és az in vivo műveletek tervezése sugárvédelmi szempontból, ÖRN 2015 előadás
- [5] Sugárvédelmi füzetek: Trícium belső sugárterhelés meghatározása vizelethől
- [6] Bodor Károly, Taba Gabriella, Remeli Anton, Földi Anikó, Kocsonya András, Beleznai Péter, Harangozó Imréné: ^{125}I inkorporációs esemény vizsgálata, Sugárvédelem, VII. évf. (2014) 1. szám. 1–9

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

OAH: – Országos Atomenergia Hivatal
OSJER: – Országos Sugárfigyelő, -jelző és Ellenőrző Rendszer
TLD: – Termolumineszcens Doziméter,
SE: – Semmelweis Egyetem
SZMSZ: – Szervezeti Munkahelyi Szabályzat
MTA: – Magyar Tudományos Akadémia
PET-CT: – Pozitron Emissziós Tomográf és a Computer Tomográf módszereinek egyesítése
LSC: – Folyadék szcintillációs spektrométer
IDEA: – Internal Dosimetry – Enhancements in Application
CATHyMARA: – Child and Adult Thyroid Monitoring After Reactor Accident, Thyroid Measurement inter-comparison

A pályamű a SOMOS Alapítvány támogatásával készült