

SPECIFIČNI INCIDENTI U NUKLEARNO-MEDICINSKOJ DIJAGNOSTICI

SPECIFIC INCIDENTS IN NUCLEAR MEDICINE DIAGNOSTICS

Vojislav ANTIĆ, Univerzitetski klinički centar Srbije,
<https://orcid.org/0009-0009-3191-3130>, antic.vojislav@gmail.com i
Sami ISSA, Univerzitetski klinički centar Srbije,
sami.issa.bg@gmail.com

KRATAK SADRŽAJ

Incident predstavlja bilo koji nepredviđeni događaj/nesrećni slučaj, svaka okolnost koja može da dovede do situacije koja ima potencijal da rezultira incidentom, ili stvori preduslove za incident, kao i svaka neautorizovana aktivnost, zlonamerna ili ne, čije konsekvence, odnosno potencijalne konsekvence, nisu zanemarljive. Polazeći od ovako široko postavljene definicije, incidentne situacije u nuklearno-medicinskoj dijagnostici, van standardnog okvira bezbednosti i zdravlja na radu u kliničko-bolničkim uslovima, možemo svrstati u četiri oblasti: radijaciona sigurnost, promet/radijaciona bezbednost, mehaničke nezgode i one koje su posledica pacijentovog zdravstvenog stanja. S obzirom na različite domene i relevantne percepcije, cilj rada je da incidentne situacije na jednom mestu koncizno sublimiše.

Ključne reči: Sublimacija incidenata, nuklearno-medicinska dijagnostika, radijaciona sigurnost i bezbednost, mehaničke nezgode, pacijent.

ABSTRACT

An incident is any unforeseen event/accident, any circumstance that can lead to a situation that has the potential to result in an incident, or create preconditions for an incident, as well as any unauthorized activity, malicious or not, whose consequences, or potential consequences, are not negligible. Starting from such a broad definition, outside the standard framework of occupational safety and health in hospital conditions, incident situations in nuclear medicine diagnostics can be classified into four areas: radiation safety, traffic/radiation security, mechanical accidents and those resulting from the patient's health condition. Considering the different domains and relevant perceptions, the aim of the work is to concisely sublimate them all in one place.

Key words: Sublimation of incidents, nuclear medicine diagnostic, radiation safety and security, mechanical accidents, patient.

1. RADIJACIONA SIGURNOST

Za razliku od radiološke dijagnostike, gde je izlaganje jonizujućem zračenju isključivo u fazi akvizicije podataka, pri nuklearno-medicinskoj dijagnostici (1) postoji i tokom: inicijalne pripreme radiofarmaceutika, prometa radiofarmaceutika, kliničke pripreme i administracije radiofarmaceutika, pripreme odnosno pozicioniranja pacijenta pre snimanja, interakcije sa pacijentom nakon završenog pregleda, kao i pri upravljanju radioaktivnim otpadom.

Primenjuju se otvoreni izvori radioaktivnog zračenja, koji se najčešće intravenozno unose u organizam pacijenata, pa se, pored spoljašnje iradijacije (isključivo prisutne kod radiološke dijagnostike), izloženi radnici tokom rada često i kontaminiraju spolja a ponekad dolazi i do unutrašnje kontaminacije (2).

U širokoj lepezi incidenata iz kategorije radijacione sigurnosti, što ima za posledicu neopravdano ozračivanje/kontaminaciju, a pod pretpostavkom da su radni prostor i oprema inicijalno dobro konfigurisani, kao ključne uzroke izdvajamo (3,4): nekorišćenje ili neadekvatna upotreba ličnih i kolektivnih zaštitnih sredstava – distanca i zaštita kao kvadratne zavisnosti gotovo uvek pobeđuju vreme gde imamo linearnu zavisnost izlaganja (5)),

greške u vođenju dokumentacije (4) i propuste pri interakciji i u kontroli kretanja pacijenata nakon administracije radiofarmaceutika. Treba obratiti pažnju na mogućnost "skrivenih" kontaminacija (mobilni telefon, tastatura, konzumacija hrane i pića u kontrolisanoj zoni), grešaka kao posledice neurednosti radnog prostora, kao i na nemarnost pri upravljanju radioaktivnim otpadom. Od tehničkih razloga (6) izdvajaju se kvarovi i/ili nesprovedena kalibracija nuklearno-medicinske instrumentacije, neispravnost tehničkog potrošnog materijala, kao i objekta gde se obavlja nuklearno-medicinska delatnost (strukturna zaštita, ventilacioni sistem, kanalizacioni sistem - odleživači i dr.).

U cilju prevencije incidenata iz ovog domena, pored internog nadzora i kontrole, zakonska regulativa (7) predviđa da radni prostor mora biti podvrgnut šestomesečnom ambijentalnom monitoringu od strane ovlašćenog dozimetrijskog servisa a svi izloženi radnici, u skladu sa kategorizacijom radnih mesta, obučeni odnosno osposobljeni za rad sa otvorenim izvorima jonizujućih zračenja i za relevantnu primenu mera zaštite.



SLIKA 1 - a) Radiohemijska laminarna komora, standardna nuklearna medicina, UKCS
- b) Automatski separator-injektor za pozitronske emitere (PET), UKCS
Oba sistema u značajnoj meri, uz ostale mere zaštite, smanjuju izlaganje izloženih radnika.

2. PROMET/RADIJACIONA BEZBEDNOST

Nuklearna medicina (1) se zasniva na aplikaciji radiofarmaka, a oni se često eksterno dostavljaju nuklearno-medicinskom centru. Relevantni incidenti se vezani ili za kašnjenje dostave ili za oštećenje dostavnog kontejnera. U prvom slučaju, posledica je da stigne nedovoljno radiofarmaka, pa ili se određen procenat pacijenata mora otkazati, ili da se, u pokušaju da se uradi snimanje većeg broja pacijenata nego što je moguće, pacijentima administriira nedovoljno radiofarmaka, što rezultira da nuklearno-medicinska slika ima artefakte - a imperativ je ispravna dijagnostika! Kod oštećenja kontejnera, pored kontaminacije, sadržaj se više ne smatra sterilnim, pa ne treba da se primenjuje (radiofarmaci su lekovi).

Radijaciona bezbednost, odnosno bezbednost radioaktivnog materijala, odnosno objekata u kojima su ti materijali smešteni, jeste skup mera za sprečavanje neovlašćenog pristupa, oštećenja, gubitka, krađe i neovlašćenog prometa radioaktivnog materijala. Krovnim dokumentom (9) Međunarodne agencije za atomsku energiju, koji se još nije u potpunosti infiltrirao u zakonsku regulativu RS (7,8,10) je predviđeno da se za potrebe dobijanja rešenja za obavljanje radijacione delatnosti svakog nuklearno-medicinskog centra, bez obzira na njegovu veličinu i kompleks rada, mora uraditi relevantan Plan bezbednosti, koji zatim mora da prođe reviziju Sektora za vanredne situacije MUP-a. Suštinski, najveći rizik (11) iz ovog domena predstavljaju Tc-99m/Mo-99 generator i radioaktivni fantomi (standardizovano sa Co-57, Ge-68, Cs-137 radionuklidima) koji služe za kalibraciju dijagnostičke opreme i nuklearno-medicinske instrumentacije. U današnje vreme pogotovo se ne smeju odbaciti terorističke pretnje. Treba imati u vidu da se nuklearno-medicinski centri najčešće nalaze u sklopu većih kliničkih centara, gde može biti porodilište i druga osetljiva populacija. Potencijalni napadač ne bi mogao da ostvari značajniju finansijsku dobit spram riziku akcije, ali činjenica da bi pacijenti morali biti otkazani dok se novi kalibracioni izvori ne nabave, kao i da bi u sredstvima javnog informisanja bile obavljene informacije o krađi/gubitku izvora, svakako predstavlja ozbiljnu incidentnu situaciju.

Treba imati u vidu da, u regularnim uslovima, treba razmotriti prirodnu radioaktivnost detektora pri dekomisiji (12), a kako se ne bi radioaktivnost iznad propisanih granica otpustila u životnu sredinu.



SLIKA 2

- a) Kontejner za pozitronske radiofarmake, UKCS, sa "luer lock" sistemom zatvaranja, koji je u poslednjih 10-tak godina postao standard
- b) Olovna kasa gde se čuvaju radioaktivni fantomi, UKCS - kasa se nalazi u posebnom prostoru, uz primenu definisanih mera sa aspekta radijacione bezbednosti

3. MEHANIČKE NEZGODE

Van situacija iz domena biološke bezbednosti (13,14), kod povreda kao posledice uboda na iglu ili posekotine na oštar predmet, moguća je, pored spoljašnje, i unutrašnja kontaminacija, koja nosi dodatne zdravstvene rizike. U cilju prevencije, koriste se specifični špricevi i sredstva koja olakšavaju manipulaciju, odnosno automatska administracija radiofarmaceutika, gde god je to moguće (ALARA (15)).

U cilju zaštite od jonizujućih zračenja, koristi se olovo kao materijal i mogu nastupiti ozbiljne povrede (16) pa i smrt pacijenta ili zaposlenog kao posledica pada predmeta (olovni kontejneri, cigle, zaštitnici) napravljenog od njega ili sklopa koji ga sadrži (olovni kolimator, delovi opreme nuklearno-medicinske instrumentacije).



SLIKA 3

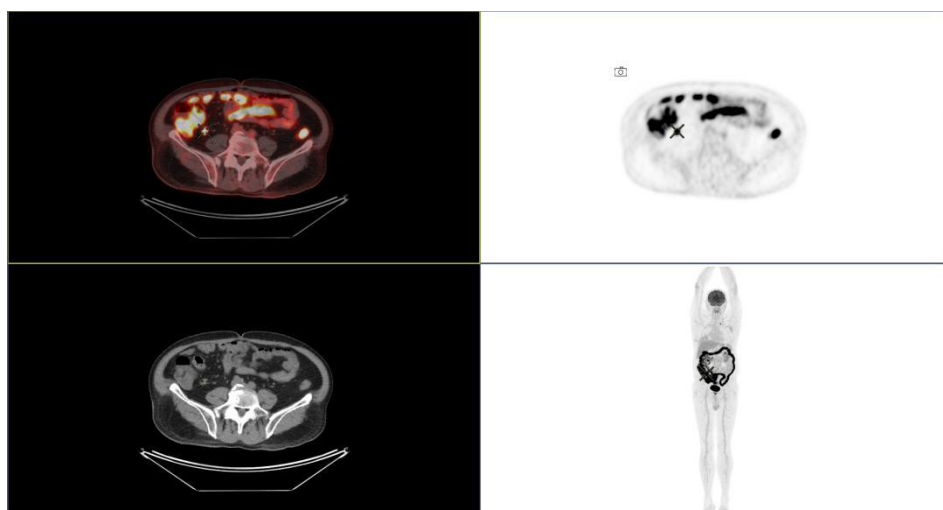
- a) Poseban slučaj mehaničke povrede, priklještenje sa detektorskim glavama gama kamera (uz odobrenje pacijenta i autora fotografije dr Kozarevića, UKCS), kao posledice tehničkog kvara
- b) autokonture, "odgovorne" da registruju i pošalju informaciju da se kretanje detektora zaustavi - ukoliko zakažu osoblje mora da bude pripravno da reaguje pritiskom panik tastera u komandnoj sobi

4. UTICAJ ZDRAVSTVENOG STANJA PACIJENTA (6)

Pojava ekstravazacije (17) - nenamerne aplikacije radiofarmaceutika u okolno tkivo umesto u krvni sud, je najčešće posledica loših ili tankih krvnih sudova pacijenta (stari ljudi, deca). Opasnija je kod aplikacije pozitronskih radiofarmaka zbog značajno većeg linearnog transfera energije (β^+ emiteri) i moguće nekroze okolnog tkiva, zbog čega se pre njihove aplikacije obavezno plasira braunila. Pri standardnoj nuklearnoj medicini nema rizika od nekroze, ali ova okolnost kvari sliku, zbog čega treba olovom prekriti ruku¹⁶.

Kod PET-a i primene FDG-a, mogu se javiti problemi kod pacijenata sa dijabetesom: smanjeno nakupljanje u ćelijama zbog hiperglikemije, veće nakupljanje u mišićima zbog insulinske terapije i povećano nakupljanje u crevima zbog primene lekova za šećernu bolest. Shodno tome, mora da se primeni odgovarajući sistem (18) obrade pacijenata pre snimanja.

Prilikom ispitivanja bolesti srca pod opterećenjem za procenu ishemije, za vreme, odnosno neposredno nakon testa opterećenja, neophodno je, zbog potencijalnog zakazivanja srca, da u neposrednoj blizini bude defibrilator i stručno osoblje za sprovođenje procesa povraćaja srčane funkcije. Scintigrafija pluća sa makroagregatima albumina (19), kod bolesnika sa teškim stepenom plućne hipertenzije i postojanja desno-levog šanta, nosi rizik prolazak tih čestica kroz šant u sistemsku cirkulaciju i mikroembolizacije sistemskih organa (najčešće bubrezi i mozak). Mišja monoklonska antitela u toku imunoscintigrafije mogu izazvati HAMA serumsku reakciju (19) - pregled se ne može ponoviti dok u krvi postoje antitela.



Slika 4. -

akumulacije radiofarmaka u crevima, kao rezultat primene lekova za šećernu bolest (prikaz i analizu izvršila doc dr Isidora Grozdić-Milojević, UKCS)

Prikaz

ZAKLJUČAK

Kao posledice složenosti procesa nuklearno-medicinske dijagnostike, može doći do velikog broja specifičnih incidenata, ali se oni mogu i moraju kontrolisati. Pored svih opisanih specifičnih situacija iz nuklearno-medicinske prakse, potrebna je pažljiva i redovna generalna evaluacija radnog okruženja (struja, ventilacija, klimatizacija, grejanje..), zaštite od požara i opštih segmenata bezbednosti i zdravlja na radu u kliničkom okruženju.

Pre početka kliničkog rada, neophodno je stoga inicijalno uspostaviti adekvatno radno okruženje za bezbedan i zdrav rad i potpuno definisan set lokalnih pravila i procedura. Odgovarajući menadžment sistema upravljanja kvalitetom, odobren od strane regulatornih i autorizovanih tela iz zemlje i inostranstva, treba da funkcioniše u svakodnevnom radu, i da se, praćenjem preporuka i nadograđivanjem iskustva, u slobodnoj diskusiji u okviru radne organizacije, dalje evaluira, u beskonačnoj petlji.

LITERATURA:

1. Šaranović D., Artiko V. i dr., 2020, "Nuklearna medicina", udžbenik, Medicinski fakultet Beograd.
2. Li X., 2025, National Monitoring and Analysis of Internal Exposure of Nuclear Medicine Workers in I-131 Treatment - China, 2021-2023, "China CDC Wkly". , 353-356
3. Antić V. et al., 2014, "Radiation exposure to nuclear medicine staff involved in PET/CT practice in Serbia, Radiation protection dosimetry 162 (4)", 577-585
4. IAEA Human Health Series No. 33, 2015, "Quality management audits in nuclear medicine practice", drugo izdanje, Međunarodna agencija za atomsku energiju
5. Antić V. et al., 2013, "Comparison of various methods for designing the shielding from ionizing radiation at PET—CT installations", Radiation protection dosimetry, Vol. 154, No. 2, pp. 245-249
6. Antić V., 2018, "Incidentne situacije u nuklearno-medicinskoj praksi", završni specijalistički rad, Medicinski fakultet Beograd.
7. Zakon o radijacionoj i nuklearnoj sigurnosti i bezbednosti, Sl. glasnik RS, br. 95/2018 i 10/2019.
8. Pravilnik o prijavljivanju namere i izdavanju odobrenja za obavljanje radijacione delatnosti, Sl. glasnik RS, br. 30/22, 81/23 i 16/24.
9. Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (Implementation of INFCIRC/225/Revision 5), 2018, Međunarodna agencija za atomsku energiju.
10. Uredba o utvrđivanju programa nuklearne sigurnosti i bezbednosti, Sl. glasnik RS br. 39/14.
11. Antić V. et al., 2023, "The First Nuclear Security Plan for Nuclear Medicine Departments in Serbia", International Conference on the Safety of Radioactive Waste Management, Decommissioning, Environmental Protection and Remediation, Beč, pp. 139-140
12. Antić V., 2025, Prirodna radioaktivnost lutecijuma u PET uređajima sa lutecijumskim scintilacionim detektorima: uticaj na dijagnostički rezultat, kalibraciju i životnu sredinu, VI HSE BZNR konferencija, pp 206-209
13. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju biološkim štetnostima, Sl. gl. RS, br. 96/2010 i 115/2020.
14. Uredba o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju oštarih predmeta koja su medicinska sredstva u zdravstvenoj delatnosti, Sl. gl. RS, br. 101/2016.
15. Fundamental Safety Principles, Safety Fundamentals No. SF-1, 2006, Međunarodna agencija za atomsku energiju.
16. Bolus N., 2008, "Review of Common Occupational Hazards and Safety Concerns for Nuclear Medicine Technologists", JNMT, 36(1) 11-17.
17. Osborne D., 2023, "Radiopharmaceutical extravasations: a twenty year mini review", Frontiers in Nuclear Medicine.
18. Evangelista L. et al., 2019, "Management of hyperglycemia in oncological patients scheduled for FDG-PET/CT examination", Clinical and Translational Imaging, 7:447-450
19. Nyakale N. et al., 2015, "Nuclear Medicine-Induced Allergic Reactions", Current Allergy & Clinical Immunology, Vol 28, No 1