

KAJ JE POVZROČILA JEDRSKA NESREČA V ČERNOBILU

Nikola Bešić

Onkološki inštitut Ljubljana

Jedrska elektrarna Černobil leži v Ukrajini in je blizu tromeje z Belorusijo in Rusijo. Do eksplozije enega od jedrskih reaktorjev elektrarne v Černobilu je prišlo 26. aprila leta 1986. V naslednjih desetih dneh se je v atmosfero sprostil več kot 10^{19} Bq različnih radioizotopov. Predvidevajo, da so se radioizotopi sproščali v ozračje občasno. Na obseg kontaminacije določenega področja so vplivali smer vetra in drugi meteorološki pogoji, med drugim, kje je deževalo iz oblakov, v katerih je bil radioaktivni material, od reliefa, na katerega so padle te padavine, in od načina odtekanja voda, v katerih je bil radioaktivni material. V prvih desetih dneh po eksploziji reaktorja so vetrovi večinoma pihali proti severu ali proti jugu. Radioaktivne padavine so padle na celo področje Belorusije (z izjemo okrožja Vitebsk), velik del Ukrajine, majhen del Rusije in na nekatere dele Skandinavije. V »koktejl« radioizotopov, ki se je sprostil ob jedrski nesreči v Černobilu, je ^{137}Cs najpomembnejši vir dolgotrajnega sevanja, saj ima razpolovni čas približno 30 let.

V Ukrajini, Belorusiji in Rusiji so mobilizirali približno 600.000 likvidatorjev, to je ljudi, ki so sodelovali pri čiščenju kontaminiranega področja s polmerom 30 km okoli reaktorja in prekritju reaktorja s sarkofagom. Med likvidatorji je bilo 120.000 Belorusov, od tega 5.500 žensk. Ker je primanjkovalo opreme za merjenje radioaktivnosti, ni znano, kakšno dozo obsevanja so prejeli posamezni likvidatorji. Po podatkih Beloruskega registra raka je incidenca raka večja pri likvidatorjih kot pri ostalih prebivalcih Belorusije. Incidenca je pogostejša pri raku debelega črevesa (9,4% proti 3,6%), ledvic (8% proti 6,5%), sečnega mehurja (6,5% proti 3,8%), ščitnice in raku pljuč. Tisti likvidatorji, ki živijo na področjih s sevanjem, večjim od 555 kBq/m^2 zaradi prisotnosti ^{137}Cs , imajo dvakrat večjo incidenco raka grla, sapnika, sapnic in pljuč, kot tisti, ki živijo v področjih, kjer je sevanja manj kot 185 kBq/m^2 .

S ^{137}Cs je najbolj onesnaženo področje Belorusije v okrožju Gomel, v katerem je živel približno 1,5 milijona prebivalcev. Iz dela tega okrožja so morali zaradi izredno velikega sevanja izseliti približno 135.000 prebivalcev. Pred jedrsko nesrečo je bila v okrožju Gomel smrtnost zaradi raka manjša kot v preostalih delih Belorusije. Po jedrski nesreči se je smrtnost zaradi raka v tem okrožju v petnajstih letih povečala kar za dvakrat. V letih 1990-2000 se je v okrožju Gomel povečala incidenca raka debelega črevesa, ščitnice in sečnega mehurja, medtem ko se incidenca raka pljuč ni zmanjšala tako kot v drugih delih

Belorusije. V okrožju Gomel sedaj bolnice zbolevajo zaradi raka dojke 15 let prej kot v okrožju Vitebsk. Zaradi zgodnjega raka dojke so še posebno ogrožene ženske, ki živijo na podeželju, saj so zaradi načina življenja izpostavljene dvakrat večjemu sevanju kot tiste ženske, ki živijo v urbanem okolju.

V Sloveniji so po jedrski nesreči v Černobilu leta 1996 zaznali za približno 50% povišane vsebnosti ^{137}Cs in ^{90}Sr v mleku in mesu, ki pa so se že naslednje leto zmanjšale na vrednosti pred letom 1996. Leta 1987 je prst v Murški Soboti povprečno letno sevala $4,8 \text{ kBq/m}^2$, v Ljubljani $25,5 \text{ kBq/m}^2$ in v Kobaridu $32,2 \text{ kBq/m}^2$, leta 1997 pa v Murški Soboti $4,4 \text{ kBq/m}^2$, v Ljubljani $5,7 \text{ kBq/m}^2$ in v Kobaridu $6,5 \text{ kBq/m}^2$. Leta 1997 je bila v Sloveniji povprečna celoletna prejeta doza sevanja za odraslo osebo zaradi radionukleotidov v okolju samo 58 mikroSv. Toda tudi sedaj je v Sloveniji še vedno prisotno povečano gama žarčenje prsti zaradi radioaktivnih padavin po nesreči v Černobilu, ki dosega 15-20% naravnega ozadja.

Avstrijski viri navajajo, da je kar 2% ob jedrski nesreči v Černobilu sproščene ^{137}Cs padlo na teritorij Avstrije. Radioaktivne padavine v Avstriji so v glavnem padle na dve področji: severno območje je segalo od meje s Češko proti zahodu v predelu Alp in se nadaljevalo v Nemčijo na južno Bavarsko, medtem ko je južno segalo od zahodne Madžarske, čez avstrijsko Koroško proti severni Italiji. Glede na to, da je vreme bilo aprilsko, kar pomeni, da so vladale zelo spremenljive vremenske razmere v tistem obdobju, so regionalne spremembe glede kontaminacije zemlje s ^{137}Cs na področju Avstrije celo v razmerju 1:100. Na srečo je bilo najmanj radioaktivnih padavin v gosto naseljenih nižinskih predelih in poljedelskih območjih. Največ radioaktivnih padavin je padlo v gorskem svetu in na predelih, poraslih z gozdom, zato so lahko gobe, gozdni sadeži in divjačina, ter mleko nekaterih krav, ki se pasejo na visokogorskih planinah še vedno kontaminirani s ^{137}Cs . Tirologi iz Celovca pripisujejo porast incidence raka ščitnice in večji delež bolj agresivnih tumorjev sevanju zaradi radioaktivnih padavin po jedrski nesreči v Černobilu. Večina avtoritet na področju povezave med sevanjem in nastanom raka pa meni, da v zahodnoevropskih državah večino porasta incidence karcinoma ščitnice lahko pripišemo predvsem bolj razširjeni uporabi ultrazvoka in tankoigelne aspiracijske biopsije v diagnostiki bolezni ščitnice ter natančnejši histološki preiskavi z operacijo odstranjenih ščitnic. V prid temu govori večji delež manjših karcinomov, še posebno tistih, ki so manjši kot 1 cm.

Že več kot 50 let je znano, da je perkutano obsevanje vzrok za nastanek raka ščitnice. Ob poskusu z atomsko bombo leta 1954 na Marshallovih otokih je bilo sevanju izpostavljeno 245 ljudi. Skoraj 80% doze, ki so jo prejeli, je bilo na račun izotopov s kratkim razpolovnim časom, med katerimi so medicinsko še posebno pomembni izotopi joda (^{131}I , ^{132}I , ^{133}I), saj se aktivno kopičijo v ščitnici. Po 34 letih je imelo od teh 245 oseb kar 22% oseb gomolje v ščitnici in kar 7% raka ščitnice, kar je več kot v neobsevani populaciji iz istega območja, med katerimi je imelo gomolj v ščitnici le 1,5% populacije, raka ščitnice pa samo 0,5% populacije.

Tudi ob jedrski nesreči v Černobilu so se v ozračje sprostile velike količine ^{131}I

in drugih izotopov joda. Na dozo radiojoda, ki jo je dobil posameznik, so vplivli trije faktorji: stopnja kontaminacije z ^{131}I , stopnja kopičenja ^{131}I v ščitnici in velikost ščitnice. Odziv zdravstvene službe ni bil ustrezen, saj ni bilo opozoril, da se ne sme uživati kontaminirane hrane, preparate stabilnega joda pa so začeli profilaktično deliti šele deset dni po nesreči. Doza, ki jo je akumulirala ščitnica, je bila večja pri otrocih, še posebno pri dojenčkih in tistih, ki so bili mlajših od petih let. Otroci, ki jih niso evakuirali iz kontaminiranih področij, so 85% doze, prejete na ščitnico, dobili z mlekom, le 15% prejete doze je šlo na račun izotopov s kratkim razpolovnim časom. Ocenjujejo, da je bila pri otrocih na kontaminiranem območju povprečna doza na ščitnico v Belorusiji 700 mSv, medtem ko je bila v Ukrajini in Rusiji med 100 in 200 mSv. V zahodni Evropi je bila zaradi černobilske nesreče povprečna doza pri otrocih do nekaj mSv, pri odraslih pa od 5 do 10-krat manjša kot pri otrocih. Za primerjavo, povprečno naravno sevanje v Franciji je 2,4 mSv na leto.

V kontaminiranih predelih Belorusije in Ukrajine je že prej kot v štirih letih po jedrski nesreči prišlo do naraščanja incidence raka ščitnice pri otrocih. Znano je, da po obsevanju v več kot 90% nastane papilarni karcinom ščitnice in da obsevanje ne vpliva na pogostost drugih vrst raka ščitnice. Do leta 2003 je bilo registriranih več kot 1.500 primerov raka ščitnice v populaciji dveh milijonov otrok, ki so bili ob nesreči mlajši kot 15 let. Zaradi raka ščitnice je do leta 2003 umrlo približno 20 otrok. V Belorusiji, ki je bila najbolj prizadeta, je bila incidenca v letih 1986 do 2000 13,5 na 100.000 otrok, pred nesrečo pa je bila incidenca manj kot 1 na 100.000 otrok. Za razliko od odraslih bolnikov z rakom ščitnice, kjer je delež žensk proti moškim pet proti ena, je delež bolnikov, mlajših od 15 let glede na spol približno ena proti ena. Rak, ki je nastal zaradi nesreče v Černobilu, je bolj agresiven pri mlajših otrocih (kar v 49% gre za tumorski stadij T4, 7% bolnikov ima oddaljene zasevke). Pri mlajših otrocih je latentna doba od izpostavljenosti sevanju do nastanka karcinoma krajša, ker so pri zelo majhnih otrocih ščitnične celice v procesu aktivne replikacije.

Ret-PTC proto-onkogen zajema 21 eksonov na kromosomu 10q11-2 in kodira membranski receptor za tirozin kinazo. Ob normalnih pogojih je receptor za tirozin kinazo aktiviran le ob prisotnosti liganda v receptorju. Mutiran gen pa za aktivacijo ne potrebuje liganda in tudi brez prisotnosti liganda aktivira tirozin kinazo, ki sproži vrsto mehanizmov, ki povzročijo genetsko nestabilnost in preprečijo apoptozo celice. Na pogostost prerazporeditve ret-PTC proto-onkogenega vpliva geografsko področje, iz katerega izvirajo bolniki, starost ob diagnozi in laboratorijske metode za detekcijo. Pri bolnikih, ki niso bili obsevani, je prerazporeditev ret-PTC proto-onkogenega prisotna n 2,5 do 35%. Pri karcinomi, nastalih zaradi nesreče v Černobilu, je prerazporeditev ret-PTC proto-onkogenega pogostejša in se pojavlja v 35-85%. Pri otrocih z rakom ščitnice iz Belorusije in Ukrajine je prišlo pogosteje do prerazporeditve ret-PTC₁ ali ret-PTC₃ proto-onkogenega. Mutacija ret-PTC₃ proto-onkogenega je povezana s prisotnostjo solidne rasti tumorja na histološkem materialu, bolj agresivnim kliničnim potekom bolezni in se je pojavljala pogostje prvih nekaj let po jedrski nesreči. Mutacija ret-PTC₁ proto-onkogenega je povezana z nas-

tankom klasičnega papilarnega karcinoma ščitnice, za katerega je značilen manj agresiven potek bolezni. Ta mutacija je pogostejša pri bolnikih, ki so zboleli več kot pet let po jedrski nesreči. Otroci z rakom ščitnice, ki niso bili obsevani, imajo podobno pogosto mutirani ret-PTC proto-onkogen kot odrasli bolnici iz istega geografskega in etničnega področja. Dejstvo, da so prerazporeditev ret-PTC proto-onkogena našli pri papilarnem mikrokarcinomu ščitnice, govori v prid zgodnjega dogodka v karcinogenezi. Pri enem bolniku z multifokalnim karcinomom imamo lahko različne mutacije ret-PTC proto-onkogena, kar je lahko dokaz, da so nastanek teh tumorjev sprožili različni dogodki.

Zaključimo lahko, da je incidenca raka večja na območjih, ki so zelo kontaminirana z radioaktivnim materialom. Na našo srečo območje srednje Evrope po jedrski nesreči v Černobilu ni bilo zelo kontaminirano z radioaktivnim materialom. Zaradi prepoznih in neustreznih preventivnih ukrepov s preparati stabilnega joda je po černobilski nesreči v Ukrajini, Belorusiji in Rusiji veliko otrok dobilo raka ščitnice. Izpostavljenost radioaktivnemu jodu v otroštvu lahko sproži mutacijo ret-PTC proto-onkogena in povzroči papilarni karcinom ščitnice. Mutacija ret-PTC₃ proto-onkogena je povezana z bolj agresivnim kliničnim potekom bolezni.

Viri in literatura

1. Okeanov AE, Sosnovskaya EY, Priatkina OP 2004 A national cancer registry to assess trends after the Chernobyl accident. *Swiss Med Wkly* **134**:645-649.
2. Schlumberger M, Pacini F. Oncogenes and tumor suppressor genes. In Schlumberger M, Pacini F (eds) *Thyroid tumors*. Paris: Editions Nucleon; 2003; 63-84.
3. Schlumberger M, Pacini F. Consequences of the Chernobyl accident and atmospheric contamination by radioiodine. In Schlumberger M, Pacini F (eds) *Thyroid tumors*. Paris: Editions Nucleon; 2003; 273-292.
4. Gomez Segovia I, Gallowitsch HJ, Kresnik E, Kumnig G, Igerc I, Matschnig S, Stronegger WJ, Lind P 2004 Descriptive epidemiology of thyroid carcinoma in Carinthia, Austria: 1984-2001. Histopathologic features and tumor classification of 734 cases under elevated general iodination of table salt since 1990: population-based age-stratified analysis on thyroid carcinoma incidence. *Thyroid* **14**:277-286.
5. Bossew P, Ditto M, Falkner T, Eberhardt H, Kienzl K, Rappelsberger U 2000 Contamination of Austrian soil with caesium-137. *J Environmental Radioactivity* **55**:187-194.
6. Elisei R, Romei C, Vorontsova T, Cosci B, Veremeychik V, Kuchinskaya E, Basolo F, Demidchik EP, Miccoli P, Pinchera A, Pacini F 2001 RET/PTC rearrangements in thyroid nodules: Studies in irradiated and not irradiated, malignant and benign thyroid lesions in children and adults. *J Clin Endocrinol Metab* **86**:3211-3216.
7. <http://www.sigov.si/ursjv/porocila/ang/97/annual/HTNL/9.html> and radiological safety in Slovenia – Annual report 1997