

Diagnostika in terapija z viri ionizirajočega sevanja in nosečnost

Ivana Žagar

Sodobno medicino si težko predstavljamo brez moderne diagnostične in intervencijske radiologije, nuklearnomedicinske diagnostike, radioterapije in zdravljenja z radionuklidi ali radiofarmaki. Ionizirajoče sevanje, ki ga najpogosteje uporabljamo v medicini, so X-žarki, žarki gama in delci beta.

Biološki učinki sevanja so posledica absorpcije ionizirajočega sevanja v tkivih in poškodbe biološko pomembnih molekul – pride lahko do sprememb funkcij celice, do smrti manjšega števila celic (ki jih organizem lahko nadomesti brez vpliva na delovanje tkiv) ali do smrti večjega deleža celic (in s tem do sprememb funkcije tkiv ali organov).

Pogostnost in intenziteta bioloških učinkov sevanja (sevalnih poškodb) sta odvisni od vrste sevanja in skupne energije sevanja, ki so jo absorbirala občutljiva tkiva. V tkivih absorbirano količino energije sevanja – absorbirano dozo – izražamo v greyih (Gy). Pri evaluaciji bioloških učinkov sevanja je treba ob absorbirani dozi upoštevati tudi značilnosti in biološko škodljivost posamezne vrste sevanja (ekvivalentna doza) ter občutljivost različnih tkiv za sevanje (efektivna ekvivalentna doza); obe dozi izražamo v sievertih (Sv).

Glede na verjetnost nastanka lahko biološke učinke sevanja razdelimo na: 1) deterministične (nenaključne, nestohastične) in 2) stohastične (naključne).

Deterministični učinki (poškodbe) so posledica smrti večjega deleža celic, ki jih organizem ne more nadomestiti. Pojavijo se šele pri visokih odmerkih sevanja, pri vseh obsevanih, pri katerih absorbirana doza presega določeno mejno dozo (praviloma > 1–2 Gy). Nad pragom resnost poškodb narašča z višino prejete doze.

Stohastični učinki sevanja se pojavijo po naključju pri zelo majhnem številu obsevanih oseb zato, ker lahko doze v razponu od naravnega sevanja (1 mGy letno) do praga pričakovanih sprememb (1 Gy) povzročijo okvaro dednega materiala v celicah – mutacijo celic, ki so obdržale sposobnost, da se delijo. Prag doze, pri kateri lahko pride do mutacij, ne obstaja. Verjetnost, da bo prišlo do naključnih poškodb, narašča z dozo, ki jo je oseba prejela, resnost okvar pa ni odvisna od prejete doze. Pri stohastičnih učinkih lahko celični mehanizmi odpravijo nekatere mutacije in zmanjšajo verjetnost, da se bodo učinki izrazili. Mutacije somatskih celic lahko sprožijo maligno transformacijo celic in nastanek malignega kлона ter klinično manifestnega raka. Za stohastične učinke je značilna tudi latentna doba – to je čas, ki poteče med obsevanjem in pojavom bolezni – dolga nekaj let (za

levkemijo) do nekaj desetletij (za karcinom črevesja ali jeter).

Modeli, ki jih statistična epidemiologija uporablja za natančnejše ocenjevanje tveganja, upoštevajo tudi naravno pojavnost raka v populaciji. UNSCEAR in druge mednarodne inštitucije so ocenile, da je v celotni populaciji z normalno starostno distribucijo verjetnost pojava s sevanjem sprožene fatalne maligne bolezni 5 %/1 Sv (efektivne doze letno (kar pomeni, da bi v primeru, da je 100.000 oseb izpostavljenih letni dozi 1 mSv, med njimi za fatalnim rakom zbolelo 5 ljudi)). Verjetnost s sevanjem sproženih razvojnih poškodb pa je 1 %/1 Sv (za primerjavo: pri vseh novorojenčkih je pogostnost prirojenih poškodb, vidnih pri rojstvu, 6 %).

Verjetnost stohastičnih učinkov je odvisna tudi od trajanja obsevanja in od starosti ob obsevanju – tveganje pojava fatalnega raka pri osehah, ki so bile ob obsevanju starejše od 60 let, je 5- do 10-krat manjše kot v splošni populaciji (zaradi omejene pričakovane življenjske dobe sta klinično manifestna bolezen in možnost prenašanja genetske škode na potomstvo manj verjetni). Najobčutljivejši pa so otroci (za otroke do 10. leta je verjetnost s sevanjem sprožene maligne bolezni 2- do 3-krat večja kot v splošni populaciji in je 10–15 %/Sv).

Vsako leto pride v stik z ionizirajočim sevanjem na tisoče nosečnic – izpostavljene so lahko sevanju iz življenjskega ali delovnega okolja ali zaradi diagnostike ali terapije z viri ionizirajočega sevanja.

Nezadostna obveščенost o resničnem tveganju pri izpostavljanju virom ionizirajočega sevanja zaradi diagnostike vzbuja strah pred sevanjem. Še najbolj zaskrbljene so ženske, ki se v času medicinsko indicirane radiološke ali nuklearnomedicinske preiskave niso zavedale, da so noseče. Pogosto so prepričane, da bo zaradi preiskave, ki so jo imele v zgodnji nosečnosti, otrok rojen s hudimi prirojenimi poškodbami ali pa bo zagotovo zbolel za rakom. Pri nekaterih ta strah povzroči tudi z medicinskega stališča neupravičeno prekinitev nosečnosti.

Razvoj zarodka lahko razdelimo v tri faze: 1) predimplantacijsko: do 9. dneva gestacije, 2) fazo organogeneze: od 10. dneva do 8. tedna gestacije in 3) fetalno: od 9. tedna gestacije do poroda, ki zajema tudi obdobje oblikovanja osrednjega živčnega sistema od 8. do 25. gestacijskega tedna.

Deterministični učinki sevanja na embrio ali fetus obsegajo: spontani splav, trajno zavrtlo rast, razvojne poškodbe (na

primer mikrocefalijo), mentalno zaostalost, med *stohastične* učinke pa spada povečano tveganje za pojav raka v otroštvu.

Najverjetnejša pričakovana deterministična posledica obsevanja zarodka v predimplantacijski fazi oziroma v prvih 14 dneh nosečnosti, ko je število celic še majhno, je *smrt zarodka*. Ker so v zgodnji fazi nosečnosti razvojne poškodbe zelo redke, se večinoma upošteva kot obdobje razmeroma majhnega tveganja.

Med 2. in 6. tednom znotrajmaterničnega življenja, v fazi organogeneze, je največje *tveganje razvojnih poškodb*. *Mejna doza na embrio* za ta deterministični učinek sevanja, pridobljena na podlagi izkušenj pri osebah, ki so preživele jedrske eksplozije, je *približno 100 mSv*. Kot je razvidno iz

Tabela 1. Absorbirana fetalna doza sevanja (v mGy) pri nekaterih pogostejših nuklearnomedicinskih preiskavah, v različnih fazah nosečnosti.

| Radiofarmak | Preiskava | Obdobje nosečnosti | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | Začetek 1. trimesečja | Konec 1. trimesečja | Konec 2. trimesečja | Konec 3. trimesečja |
| 99mTc-pertehnetat | scintigram ščitnice | - | 4,40 | - | 3,70 |
| 99mTc-pirofosfat | ventrikulografija | 4,20 | 4,62 | 2,52 | 2,03 |
| 99mTc-MDP | scintigram skeleta | 4,58 | 4,05 | 2,03 | 1,80 |
| 99mTc-MAA | perfuzijska scintigrafija pljuč | 0,62 | 0,88 | 1,10 | 0,88 |
| 99mTc-eritrociti <i>in vitro</i> | odkrivanje hemangiomov | 6,32 | 4,37 | 3,16 | 2,60 |
| 99mTc-MAG3 | sekvenčna scintigrafija ledvic | 13,50 | 10,50 | 4,13 | 3,90 |
| 99mTc-DTPA | sekvenčna scintigrafija ledvic | 9,00 | 6,53 | 3,08 | 3,53 |
| 99mTc-DMS | statična scintigrafija ledvic | 1,12 | 1,03 | 0,88 | 0,75 |
| 99mTc-koloid | scintigrafija jeter in vranice | 1,44 | 1,13 | 1,26 | 1,26 |
| 131-I-Na jodid | odkrivanje zasevkov | 2,88 | 2,72 | 9,20 | 10,80 |
| 123-I-Na jodid | diferenciranega raka ščitnice | 0,60 | 0,42 | 2,38 | 2,17 |
| 131-I-IBG | scintigrafija tumorjev nevroektoderma | 2,20 | 1,08 | 0,76 | 0,70 |
| 123-I-mIBG | scintigrafija tumorjev nevroektoderma | 6,30 | 4,20 | 2,38 | 2,17 |
| 111-In-pentetreotid | scintigrafija s somatostatinskimi analogi | 18,86 | 13,80 | 8,05 | 7,13 |
| 67-Ga-citrat | scintigrafija telesa | 17,67 | 38,00 | 34,20 | 24,70 |
| 18F-FDG | pozitronska emisijska tomografija | 9,99 | 6,29 | 3,48 | 3,00 |

tabele 1 in tabele 2, se ta mejna raven fetalne absorbirane doze pri konvencionalnih radioloških in najpogostejših nuklearnomedicinskih preiskavah le izjemno redko doseže, presežena pa je lahko s fluoroskopsko vodenimi posegi v

trebuhu in medenici, z radioterapijo ter terapijo z radionuklidi in radiofarmaki (1–5).

Med 8. in 15. tednom gestacije je osrednje živčevje še posebno občutljivo za sevanje. Preiskave so pri otrocih, ki so bili v Hirošimi in Nagasakiju med 8. in 15. gestacijskim tednom izpostavljeni sevanju, pokazale znižanje IQ, sorazmerno višini absorbirane doze, in sicer do 30 točk IQ/1 Sv. Ko absorbirana doza sevanja presega 1 Gy, je velika verjetnost mentalne zaostalosti otroka in mikrocefalije. Na podlagi dokaj skromnih podatkov se kaže, da se pri fetalni absorbirani dozi, ki ne presega 100 mGy, med 16. in 25. tednom ne pričakujejo klinično zaznavne spremembe IQ (te naj bi bile manj kot 3 točke), po 26. tednu pa jih ob navedeni dozi sploh ne pričakujemo.

Tveganje poškodb organov (organskih malformacij) zaradi diagnostike in terapije z viri ionizirajočega sevanja je manjše v drugem, najmanjše pa v tretjem trimesečju nosečnosti (1–5, 6).

Verjetnost sevalnih učinkov zaradi obsevanja v maternici je prikazana v tabeli 3.

Temeljni varnostni standardi, navodila EU in zakonodaja iz varstva pred ionizirajočimi sevanji v zdravstvu so k optimizaciji varstva pred sevanjem v medicini prispevali z uvedbo tako imenovanih mejnih doz oziroma "referenčnih ravni". Te so na podlagi raziskav izpostavljenosti pri različnih radioloških preiskavah postavili tako, da se, če so prejete doze sevanja pod mejno vrednostjo, na široko izognemo determinističnim učinkom sevanja, tveganje za stohastične učinke pa zmanjšamo na razumno raven. Temeljni varnostni standardi postavljajo referenčno raven za nerojenega otroka profesionalno izpostavljenih oseb enako nizko, kot je to za profesionalno neizpostavljene prebivalce, in sicer 1 mSv/leto. To je tudi sprejeto kot razumna podlaga za omejitev medicinske izpostavljenosti ionizirajočem sevanju med nosečnostjo (3, 4, 5, 7, 11).

Kako naj ravnamo v vsakdanji praksi?

Diagnostiko z viri ionizirajočega sevanja izvajamo po pravilih za uporabo virov ionizirajočih sevanj v medicini.

Zdravnik, ki predpiše, da je potreben diagnostični ali terapijski postopek z ionizirajočimi sevanji, mora za vsakega bolnika oceniti medicinsko upravičenost uporabe ionizirajočih sevanj in obseg

njegove uporabe – pri tem mora upoštevati vrsto, obliko in težo bolezni, starost in spol bolnika, stopnjo ogroženosti življenja in zdravja bolnika ter pričakovano korist zanj, tudi glede na možne škodljive posledice tega postopka.

Tabela 2. Absorbirana fetalna doza sevanja (v mGy) pri nekaterih radioloških preiskavah.

| Postopek | Doza (mGy) | Pripomba |
|---|------------|---|
| Nativni posnetek trebuha | 2,40 | |
| CT trebuha (s kontrastom) | 20 | Ko je fetus v vidnem polju. Fetalna doza upada s poznejšo gestacijsko dobo. |
| CT trebuha (brez kontrasta) | 10 | Ko je fetus v vidnem polju. Fetalna doza upada s poznejšo gestacijsko dobo. |
| Katetrizacija srca (s fluoroskopijo medenice) | 13 | Upoštevajoč 60-min. fluoro – čas (50 % v desni sprednji poševni (RAO), 25 % v anteroposteriorni (AP), 25 % v levi sprednji poševni (LAO) projekciji) – obseg je lahko 4–31 in je zelo odvisen od operaterjeve spretnosti. |
| Katetrizacija srca | 1 | Upoštevajoč 60-min. fluoro – čas (brez fluoroskopije medenice) (50 % RAO, 25 % AP, 25 % LAO) |
| Rtg cervikalne hrbtenice | < 0,01 | Z zaščito gonad |
| Rtg prsnega koša | < 0,01 | Z zaščito gonad |
| CT prsnega koša | < 0,1 | Z zaščito gonad |
| Rtg, dentalni | < 0,01 | Z zaščito gonad |
| CT glave | < 0,1 | Z zaščito gonad |
| Rtg. kolka | 1,3 | |
| Intravenski pielogram (IVP) | 7,3 | |
| Rtg lumbalne hrbtenice | 3,4 | |
| CT medenice | 20 | Ko je fetus v vidnem polju. Fetalna doza (s kontrastom In brez njega) upada s poznejšo gestacijsko dobo. |
| CT medenice (brez kontrasta) | 10 | Ko je fetus v vidnem polju. Fetalna doza upada s poznejšo gestacijsko dobo. |
| Rtg medenice | 1,7 | |
| Rtg reber | < 0,01 | Z zaščito gonad |
| Rtg torakalne hrbtenice | < 0,01 | Z zaščito gonad |
| Diurezni cistouretrogram | 46 | Upoštevajoč 5-min. fluoroskopijo in 22 ciljanih posnetkov trebuha /medenice. Doza je lahko zelo odvisna od operaterjeve spretnosti. |

Tabela 3. Verjetnost sevalnih učinkov zaradi obsevanja in utero.

| Doza na zarodek (mGy) nad naravnim ozadjem | Verjetnost pojava organskih malformacij (%) | Verjetnost pojava raka do 19. leta starosti (%) |
|--|---|---|
| 0 | 3 | 0,03 |
| 1 | 3 | 0,03 |
| 5 | 3 | 0,03 |
| 10 | 3 | 0,04 |
| 50 | 3 | 0,06 |
| 100 | 3 | 0,09 |
| > 100 | večja | večja |

Zdravnik ustrezne specialnosti (radiolog, specialist nuklearne medicine ali radioterapevt) po oceni izbire sredstev in metod diagnostike ali terapije odobri diagnostični ali terapevtski postopek z ionizirajočimi sevanji le v primeru, ko diagnostične informacije ni mogoče pridobiti ali terapevtskih učinkov doseči drugače, manj tvegano. Pri tem določi pogoje, da se postopek opravi z

najmanjšim možnim obsevanjem bolnika, pri katerem se še dobijo kakovostni diagnostični podatki ali dosežejo učinki terapije. Dolžnost zdravnika ustrezne specialnosti je tudi, da odreče vsako neupravičeno obsevanje.

Z ozirom na tveganje za nerojenega otroka sta pri ženskah v rodnem obdobju nosečnost in čas od sredine menstrualnega cikla do naslednje menstruacije (potencialna možnost nosečnosti) relativni kontraindikaciji za preiskave z viri ionizirajočega sevanja (1–7). V Veliki Britaniji pristojni svet za varstvo pred sevanjem (NRPD) celo svetuje diagnostiko z višjimi odmerki ionizirajočega sevanja le v prvih 10 dneh menstrualnega cikla, ko je možnost zanositve najmanjša ("a ten days rule") (7).

Algoritem postopkov za načrtovanje diagnostike ali terapije z viri ionizirajočega sevanja pri ženskah v rodnem obdobju je prikazan na diagramu 1.

Pred načrtovanjem diagnostičnim ali terapevtskim posegom z ionizirajočim sevanjem je zato treba pri ženskah v rodnem obdobju (od pubertete do menopavze, tj. približno med 12. in 50. letom) ugotoviti (oz. izključiti) nosečnost. Na oddelkih, kjer izvajamo diagnostiko in terapijo z viri ionizirajočega sevanja, bolnice ustno in pisno (kot je prikazano na sliki 2), posvarimo in prosimo, da o nosečnosti ali sumu, da so noseče, pravočasno (tj. pred radiografskim posegom, radioterapijo ali pred aplikacijo

radioizotopa ali radiofarmaka) obvestijo pristojnega zdravnika ali drugo medicinsko osebje. Če pri bolnici zaradi nerednih menstruacij ali drugih razlogov obstaja negotovost o nosečnosti, je treba pred posegom z viri ionizirajočega sevanja opraviti tudi test nosečnosti.

Če je pri pacientki klinično indiciran diagnostičen ali terapevtski poseg z viri ionizirajočega sevanja in je neposredno pred njim že ugotovljena nosečnost ali obstaja sum nosečnosti:

- se diagnostičnemu posegu z ionizirajočim sevanjem, če je le mogoče, izognemo oziroma se odločimo za poseg, pri katerem nerojeni otrok ni izpostavljen ionizirajočem sevanju (npr. ultrazvok ali magnetna resonanca), ali je izpostavljen manjši dozi sevanja – pri tem moramo upoštevati možne pomanjkljivosti teh posegov;
- načrtovani poseg izvedemo šele po porodu – če je to s kliničnega stališča in po skrbni primerjavi tveganja za zdravje nosečnice in nerojenega otroka sprejemljivo.

Kadar iz medicinskih razlogov posega z ionizirajočim sevanjem med nosečnostjo ni mogoče preložiti ali

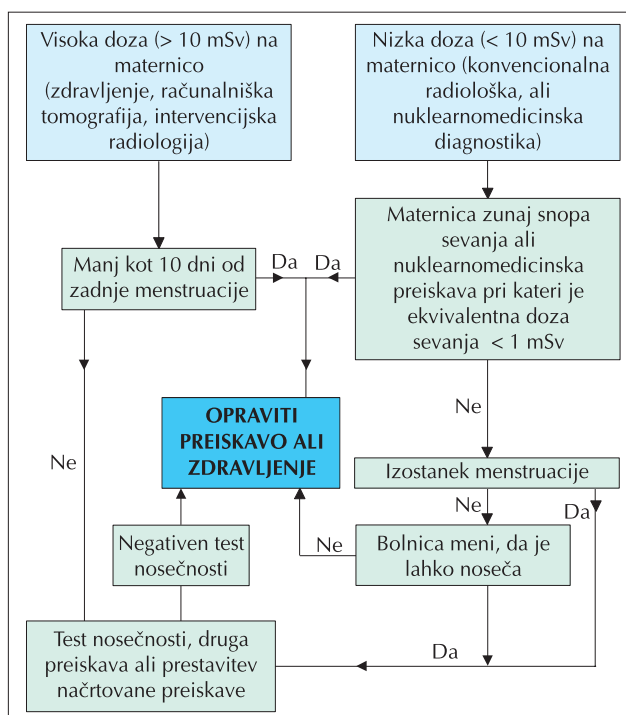


Diagram 1. Algoritem postopkov za načrtovanje diagnostike ali zdravljenja z viri ionizirajočega sevanja pri ženskah v rodni dobi.

zamenjati z manj tveganim, je treba pred posegom oceniti (izračunati) absorbirano dozo sevanja, ki naj bi jo dobil nerojeni otrok. Nosečnica je upravičena do natančne, skrbne in jasne razlage o ocenjenem tveganju determinističnih in stohastičnih učinkov sevanja pri nerojenem otroku. Pri tem je treba upoštevati, ali gre za postopek z relativno visoko dozo sevanja (na primer, računalniška tomografija medenice) ali je fetus zajet v sevalnem območju. Medicinsko (klinično) upravičene postopke, pri katerih fetus ni neposredno izpostavljen sevanju (npr. radiografija prsnega koša ali okončin, ventilacijski/perfuzijski scintigram pljuč) in pri katerih je absorbirana doza sevanja na zarodek približno 1 mGy (v tabelah 1 in 2 označeno zeleno), lahko varno naredimo v katerem koli obdobju nosečnosti, saj lahko tveganje napačne ali nenarejene diagnoze presega tveganje pri nerojenem otroku zaradi izpostavljenosti sevanju. Postopki, pri katerih je doza 10–100 mGy (na primer preiskave z daljšimi diaskopiranj, interventni posegi, pri katerih se

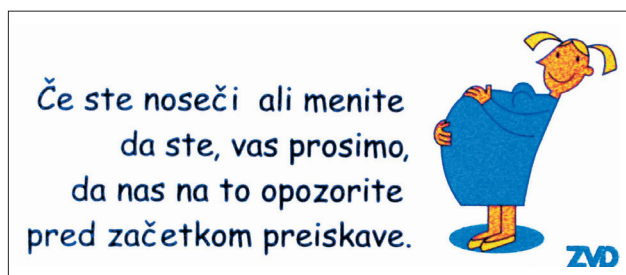
uporabljajo kontrastna sredstva, preiskave trebuha ali medenice z računalniško tomografijo, nekatere nuklearnomedicinske preiskave, v tabelah 1 in 2 označene rumeno in vijoličasto), pa zahtevajo podrobnejšo pojasnitev strokovnjakov, ki se ukvarjajo z medicinsko fiziko in dozimetrijo. Pri izračunu absorbirane fetalne doze se pri radioloških preiskavah upoštevajo naslednji parametri: število projekcij pri preiskavi, ali gre za radiografsko ali fluoroskopsko preiskavo, del telesa, ki je bil v sevalnem polju, površina sevalnega polja, kvaliteta sevalnega snopa, oddaljenost telesa od vira sevanja. Pri računalniški tomografiji se poleg anatomskega območja upošteva tudi prostornina tkiva, zajetega s preiskavo, število, razdalja in širina "rezov", telesna konstitucija bolnice in tehnične značilnosti uporabljene aparature. Zavedati se je treba tudi omejitev teh kompleksnih izračunov, posebno pri nuklearnomedicinskih preiskavah: slonijo na "fantomih", ki predstavljajo matematično simulacijo za *povprečne geometrične značilnosti* in pogoje pri ljudeh. Kaže tudi, da je pri teh izračunih možnost napake nekoliko večja pri oceni absorbirane doze sevanja v drobnih organih in vzorcih tkiva. Zato jih je treba sprejeti le kot *orientacijsko oceno*.

V izjemno redkih primerih, ko je preiskava z ionizirajočim sevanjem nujna, noseča ženska pa življenjsko ogrožena, nezavestna ali brez možnosti soodločanja o preiskavi, ni mogoče slediti vsem navedenim priporočilom. Retroaktivna ocena tveganja za nerojenega otroka je tudi v teh primerih, na podlagi natančnih zapisov o vseh parametrih opravljenega diagnostičnega ali terapevtskega postopka, obvezna – kajti predstavlja podlago za odločitve o nadaljevanju ali prekinitvi nosečnosti.

Ko v nekaterih primerih ultrazvok ali MR diagnostično ne zadostujeta, nujnih konvencionalnih radioloških preiskav pa ni mogoče odlagati do poroda oziroma na čas po njem, je treba protokole snemanja prilagoditi tako, da je doza sevanja, ki jo med preiskavo dobi nerojeni otrok, tako nizka, kot je to mogoče doseči ob zahtevani diagnostični vrednosti posnetkov – to je posebno pomembno pri CT-preiskavah. Doza se lahko zniža tako, da se posname manjše število slik, le v najnujnejših projekcijah, da se skrajša čas fluoroskopiranja in da se uporabijo primerni kolimatorji radiacijskega snopa in ščitniki (1–6, 7–10).

Pri nuklearnomedicinskih preiskavah je doza sevanja, ki jo dobi fetus, odvisna predvsem od: aplicirane aktivnosti, fizičnih in bioloških lastnosti radioizotopa ali radiofarmaka, njegovega prenosa skozi placento, njegove razporeditve v tkivih zarodka in gestacijskega obdobja. Čeprav nuklearnomedicinske preiskave večinoma potekajo z radionuklidi, ki imajo kratko razpolovno dobo (kot je npr. ^{99m}Tc), in je fetalna absorbirana doza sevanja nizka, je nuklearnomedicinska diagnostika med nosečnostjo upravičena le, če ni alternativnega, diagnostično enakovrednega, za nerojenega otroka manj tveganega postopka in če se je ni mogoče prestaviti na čas po porodu.

Radioaktivni jod ^{131}I se prenaša skozi posteljico, fetalna ščitnica pa ga aktivno kopiči že od 10. tedna gestacije – zaradi tveganja resnih okvar fetalne ščitnice in hipotiroidizma je kateri koli nuklearnomedicinski poseg z



Slika 2. Opozorilo pacientkam pred načrtovanim diagnostičnim ali terapevtskim posegom z ionizirajočim sevanjem.

131-I (ne glede na to, kako nizka je aplicirana aktivnost) po 10. tednu nosečnosti *kontraindiciran*.

Absorbirana doza je pri nuklearnomedicinskih preiskavah odvisna tudi od "zunanega" sevanja, kateremu je fetus izpostavljen zaradi kopičenja radiofarmaka v materinih organih in tkivih, ki so v njegovi neposredni bližini (npr. jetra zaradi kopičenja radiokoloidov, ledvici in sečni mehur zaradi izločanja radiofarmaka). Če je nuklearnomedicinska preiskava iz medicinskih razlogov nujna, k znižanju fetalne absorbirane doze sevanja prispevamo predvsem s primerno prilagojenim odmerkom radioaktivnosti, z izbiro primernega radionuklida ali radiofarmaka in tako, da s primerno hidracijo preiskovanke in spodbujanjem k pogostemu praznjenju mehurja pospešimo izločanje aktivnosti iz telesa.

Dosedanje izkušnje kažejo tudi, da se, če se nosečnost ugotovi (ali potrdi) šele do 12 ur po že narejeni preiskavi z 131-I, fetalna absorbirana doza sevanja na kritičen organ (ščitnico) lahko zniža tako, da se bodoči materi takoj per os da stabilni jod (v obliki 60–130 mg tablet kalijevega jodida).

V zvezi z nuklearnomedicinskimi posegi je treba poudariti še to, da ženska še nekaj časa po opravljeni preiskavi (ta je odvisen od fizikalnih značilnosti in biodistribucije uporabljenega radiofarmaka) ali radionuklidni terapiji predstavlja vir sevanja. V nekaterih primerih se zato za primeren čas po aplikaciji radiofarmaka nosečnost odsvetuje (1, 5).

Osnovni varnostni standardi postavljajo referenčno raven za nerojenega otroka profesionalno izpostavljenih oseb enako nizko, kot je to za profesionalno neizpostavljene prebivalce, in sicer 1 mSv/leto. To je tudi sprejeta kot razumna podlaga za omejitev medicinske izpostavljenosti ionizirajočem sevanju med nosečnostjo. Nuklearnomedicinske preiskave in terapija z radiofarmaki, pri katerih pričakovana ekvivalentna doza pri nerojenem otroku v implantacijski fazi lahko presega 1 mSv, so prikazane v tabeli 4 in v tabeli 5.

Tabela 4. Nekateri nuklearnomedicinske preiskave, po katerih zaradi pričakovane doze na zarodek v implantacijski fazi (> 1 mSv) za nekaj časa odsvetujemo nosečnost.

| Radiofarmak | Preiskava | Aplicirana aktivnost (MBq) | Odsvetuje se nosečnost (mesece) |
|---------------------------|--|----------------------------|---------------------------------|
| 59-Fe | presnova železa | 0,4 | 6 |
| 75-Se-selenonorholesterol | scintigrafija nadledvičnic | 8 | 12 |
| 131-I-mIBG | scintigrafija tumorjev neuroektoderma | 20 | 2 |
| 131-I | odkrivanje zasevkov diferenciranih karcinomov ščitnice | 111 | 4 |

Posebno pozornost si zasluži tudi profesionalna izpostavljenost virom ionizirajočega sevanja zdravstvenih delavcev med nosečnostjo. Pravilnik o varstvu pred sevanji predpisuje, da mora delodajalec nosečo žensko takoj, ko ga ta obvesti o nosečnosti, premestiti na delovno mesto, kjer se ne dela z viri sevanja. Zakon omogoča nosečnici, da na lastno željo (in odgovornost) še naprej dela z viri sevanja,

Tabela 5. Nekateri radiofarmaki, ki jih najpogosteje uporabljamo za zdravljenje (po njem nosečnost odsvetujemo, dokler se predvidena učinkovita absorbirana doza sevanja za nerojenega otroka ne zniža pod 1 mSv).

| Radiofarmak | Namen | Aplicirana aktivnost do (MBq) | Odsvetuje se nosečnost (mesece) |
|--------------|---|-------------------------------|---------------------------------|
| 131-I * | zdravljenje tirotoksikoz | 800 | 12 |
| 131-I * | zdravljenje zasevkov diferenciranih karcinomov ščitnice | 5500–7400 | 12 |
| 131-I-mIBG * | zdravljenje simpatohromafinih tumorjev | 5500–7400 | 12 |
| 32-P | zdravljenje policitemije | 200 | 4 |
| 89-Sr klorid | zdravljenje bolečin v kosteh zaradi zasevkov | 150 | 24 |
| 90-Y-koloid | zdravljenje tumorjev z 90-Y označenimi protitelesi | 4000 | 12 |
| 90-Y-koloid | zdravljenje artropatij sinoviorteza | 400 | 4 |

* čeprav je izračun izveden na podlagi ocene absorbirane doze zunanjega sevanja na maternico, je upoštevan tudi prehod 131-I skozi posteljico.

vendar ji mora delodajalec zagotoviti takšne razmere, da bo ekvivalentna doza za nerojenega otroka tako nizka, kot je to razumno mogoče doseči, in da ta doza v preostalem obdobju nosečnosti ne bo preseгла referenčne ravni za posameznika iz prebivalstva (1 mSv/leto) (11).

Radioterapija in terapija z radiofarmaki med nosečnostjo

Evropska komisija za varstvo pred sevanjem (ECRP) priporoča, da se pri bolnicah v rodnem obdobju radioterapija ali terapija z radionuklidi, če je to s kliničnega stališča mogoče in upravičeno, načrtuje v prvih 10 dneh po zadnji menstruaciji – s tem se lahko izognemo tveganju zaradi radioterapije ali terapije z radionuklidi pri bolnicah z neprepoznano nosečnostjo.

Pri odločitvi o morebitni radioterapiji ali radionuklidni terapiji pri nosečnici se mora vedno upoštevati vrsta, oblika in teža bolezni, stopnja ogroženosti življenja in zdravja bolnice in nerojenega otroka ter zanj pričakovana korist. Na primer: 1) pri noseči ženski z diferenciranim karcinomom ščitnice in oddaljenimi zasevki bi bila terapija z 131-I upravičena; 2) pri noseči ženski s ponavljajočo se hipertireozo bi se opredelili za terapijo s tireostatiki – pri tem bi izbrali zdravilo, ki se v najmanjši možni količini prenaša skozi placento – morebitno odločitev o zdravljenju z 131-I pa prestavimo na čas po porodu in končanem dojenju.

Če je radioterapija nujna zaradi zdravljenja maligne bolezni in s tem za reševanje življenja, je navadno ni mogoče prestaviti na čas po porodu – terapevtski učinek pa ima prednost pred tveganjem za nerojenega otroka zaradi izpostavljenosti sevanju. Če je tumor, ki naj bi ga zajemalo sevalno polje, oddaljen od maternice in zarodka, se lahko radioterapija izvede tako, da se z znižanjem absorbirane doze sevanja za nerojenega otroka ne zmanjša želeni učinek terapije za bodočo mater – pod pogojem, da je

trebuh nosečnice ustrezno zaščiten (na primer radioterapija možganskih tumorjev, pri kateri je predvidena fetalna absorbirana doza približno 30 mGy).

Če bi bil sevalni snop bližje zarodku, tega pa ne bi neposredno zajemal, mora pred načrtovano radioterapijo strokovnjak za medicinsko fiziko in dozimetrijo oceniti fetalno absorbirano dozo in možne posledice (ocenjujejo, da je ta lahko pri radioterapiji raka dojke od 30–200 mGy, pri obsevanju Hodgkinovega limfoma s "plaščnim poljem" pa do približno 400–500 mGy). Pri radioterapevtskih posegih v medenici je fetalna absorbirana doza od 3. do 8. gestacijskega tedna ne glede na zaščito takšna, da se lahko pričakuje zarodkova smrt ali resne prirojene poškodbe organov. Od 8. do 25. gestacijskega tedna pa so verjetne resne poškodbe možganov, ki povzročajo umsko zaostalost. Tudi ko bi bila radioterapija izvedena v tretjem trimesečju nosečnosti, bi absorbirana doza sevanja pri nerojenem otroku verjetno povzročila zaostanek znotrajmaternične rasti. Treba je še poudariti, da je zaradi izpostavljenosti fetusa (ne glede na obdobje nosečnosti) visokim odmerkom sevanja pri radioterapiji izrazito tveganje pojava maligne bolezni pri novorojenem otroku.

Mati mora biti popolnoma seznanjena z vsemi prednostmi in tveganji radioterapije in vključena v soodločanje o njej.

Ko dozimetrijski izračuni pokažejo, da bi doza sevanja, ki bi jo dobil nerojeni otrok, povzročila resne deterministične in stohastične učinke, je treba pretehtati tudi odločitev o prekinitvi nosečnosti (1–5, 7).

Kako naj postopamo po preiskavi ali zdravljenju nosečnice z viri ionizirajočega sevanja?

Če je bil pri nosečnici zaradi nujnih medicinskih indikacij opravljen diagnostičen ali terapevtski poseg z ionizirajočim sevanjem ali če med preiskavo ali terapijo z viri ionizirajočega sevanja nosečnost ni bila ugotovljena/prepoznana, mora strokovnjak za medicinsko fiziko in dozimetrijo oceniti efektivno ekvivalentno dozo sevanja, ki jo je med preiskavo/terapijo prejel nerojeni otrok. Ta evaluacija ni nujna, če je bila maternica zunaj snopa sevanja X-žarkov oziroma če je pričakovana ocenjena doza sevanja za nerojenega otroka nižja kot 1 mSv. Pri pogovoru z bolnico o odločitvi glede nadaljevanja nosečnosti ali morebitne prekinitve je poleg izračunane doze sevanja treba upoštevati tudi gestacijsko obdobje, ko je bil nerojeni otrok izpostavljen sevanju. Tveganje determinističnih in stohastičnih učinkov sevanja za nerojenega otroka pa je ob tem treba primerjati s tveganjem med nosečnostjo, med katero bodoča mati ni bila izpostavljena ionizirajočem sevanju (pri tej je tveganje spontanega splava: > 15 %, incidenca genetskih nenormalnosti: 4–10 %, incidenca zaostanka znotrajmaternične rasti: 4 %, incidenca resnih malformacij: 2–4 %).

Pri odločanju o morebitni prekinitvi nosečnosti zaradi izpostavljenosti diagnostiki in terapiji z virom ionizirajočega sevanja je treba upoštevati:

- da je malo verjetno, da bi celo visoke ocenjene efektivne doze sevanja na fetus v pozni nosečnosti povzročale

malformacije ali okvare pri rojstvu, saj je v tem obdobju organogeneza že končana;

- da je tudi, ko je fetalna absorbirana doza sevanja 100 mGy, tveganje s sevanjem povzročene raka majhno. Verjetnost, da otrok ne bo zbolel za rakom ali levkemijo celo presega 99 %;
- podatke o tem, kako so potekale prejšnje nosečnosti (vključno z morebitnimi splavi ali prirojenimi poškodbami);
- morebitni vpliv drugih škodljivih dejavnikov med nosečnostjo;
- materina in očetova starost;
- materin odnos do potekajoče nosečnosti.

Zato je prekinitev nosečnosti le zaradi tveganja učinkov ionizirajočega sevanja, ko fetalna absorbirana doza ne presega 100 mGy, medicinsko neupravičena. Ko je ocenjena fetalna absorbirana doza 100–500 mGy, je treba pri odločitvi o splavu upoštevati individualne okoliščine.

Ko ocenjena fetalna absorbirana doza sevanja presega 500 mGy, je prekinitev nosečnosti medicinsko upravičena (1–5).

Viri:

1. ICRP Publication 1984: Pregnancy and Medical Radiation, Annals of the ICRP, 30/1, ICRP 2000: iii-viii, 1–43.
2. Radiation and your patient: A guide for medical Practitioners, v: ICRP Supporting Guidance, Annals of the ICRP Vol 31/4, ICRP 2002: 1–16.
3. ECRP: Publication 100: Guidance for protection of unborn children and infants irradiated due to parental medical exposures. 1998: 1–30.
4. International Commission on Radiological Protection: The System of Protection in Medical Exposure, in: Radiation protection Recommendations of the ICRP 1990 (Publication 60). Oxford: Pergamon Press, 1991: 42–43.
5. International Commission on Radiological Protection: Protection of the patient in nuclear medicine (Publication 52), Oxford: Pergamon Press 1987: 10–13.
6. Otake M, Schull WJ, Yoshimaru H: Brain damage among the prenatally exposed. J Radiat Res 1991; Suppl: 249–64.
7. Sharp C, Shrimpton JA, Bury RF: Diagnostic medical exposures, advice on exposure to ionising radiation during pregnancy. Joint guidance from National Radiation Protection Board, College of radiologists and Royal College of Radiologists. Chilton: NPRB, 1998.
8. Osei EK, Faulkner K: Fetal doses from radiological examinations. Br J Radiol, 1999; 72: 773–780.
9. Gorson RO, Lassen M, Rosenstein M: Patient Dosimetry in Diagnostic Radiology. V: Handbook of Medical Physics, Vol II, 467–526. Boca Raton CRC: Press, 1984.
10. Osei EK, Kotre CJ: Equivalent dose to the fetus from occupational exposure of pregnant staff in diagnostic radiology. Br J Radiol 2001; 74: 629–637.
11. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti, Uradni list Republike Slovenije 2003; 50: 5792.