

# Radiološka dijagnostika u trudnoći

---

**Bajan, Josipa**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:176:279028>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-05**



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija  
SVEUČILIŠTE U SPLITU

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University Department for Health Studies, University of Split](#)



zir.nsk.hr



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

**Josipa Brković**

**RADIOLOŠKA DIJAGNOSTIKA U TRUDNOĆI**

**Use of diagnostic radiology techniques in pregnant patients**

**Završni rad**

Mentor :1

**Doc.dr.sc. Krešimir Dolić**

Split, 2015.

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod.....   | 5  |
| 2. Cilj rada.....  | 6  |
| 3. Učinci ionizirajućeg zračenja na fetus.....                   | 7  |
| 3.1. Stohastički učinci (bez praga).....                         | 7  |
| 3.1.1. Genetske promjene uzrokovane stohastičkim učincima.....   | 7  |
| 3.2. Nestohastički učinci (sa pragom).....                       | 9  |
| 3.2.1. Razaranje stanica uzrokovano nestohastičkim učincima..... | 9  |
| 3.3. Učinci ozračenja embrija.....                               | 10 |
| 3.3.1. Ozračenje ploda u maternici.....                          | 10 |
| 4. Modeli za procjenu nasljednih učinaka zračenja.....           | 12 |
| 4.1. Metoda doze udvostručenja.....                              | 12 |
| 4.2. Izravna metoda.....   | 12 |
| 5. Dijagnostička radiologija u trudnoći.....                     | 12 |
| 5.1. Prije izlaganja ionizirajućem zračenju.....                 | 12 |
| 5.2. Tijekom izlaganja ionizirajućem zračenju.....               | 13 |
| 5.3. Nakon izlaganja ionizirajućem zračenju.....                 | 13 |
| 6. Radijacijska doza na fetus.....                               | 14 |
| 6.1. Doza pozadinskog zračenja na fetus.....                     | 16 |
| 7. Dijagnostičke radiološke pretrage u trudnoći.....             | 17 |
| 7.1. Ultrazvuk.....  | 17 |
| 7.2. Magnetska rezonancija (MRI) .....                           | 19 |
| 7.3. Kompjutorizirana tomografija (CT).....                      | 21 |
| 7.3.1. Spiralni CT.....  | 24 |
| 7.3.2. LOW-DOSE CT za detekciju bubrežnih kamenaca.....          | 25 |
| 7.4. Fluoroskopija.....  | 28 |

|   |    |
|---|----|
| 8. Kontrastna sredstva u trudnoći.....                                | 28 |
| 8.1. IV jodno kontrastno sredstvo u trudnoći.....                     | 28 |
| 8.2. IV paramagnetsko kontrastno sredstvo Gadolinij .....             | 29 |
| 8.3. IV kontrastno sredstvo tijekom laktacije.....                    | 29 |
| 8.4. Alergija na kontrast.....  | 29 |
| 9. Pisani pristanak.....  | 30 |
| 10. Fetalna dozimetrija.....  | 30 |
| 11. Patološka stanja u trudnoći.....                                  | 31 |
| 11.1. Plućna embolija.....  | 31 |
| 11.2. Akutna upala slijepog crijeva.....                              | 32 |
| 11.3. Urolitijaza.....  | 33 |
| 11.4. Trauma.....   | 34 |
| 11.4.1. Procjena stanja fetusa kod traume majke.....                  | 35 |
| 12. Nuklearna medicina u trudnoći.....                                | 35 |
| 12.1. Prije aplikacije radiofarmaka.....                              | 35 |
| 12.2. Tijekom pretrage.....   | 37 |
| 12.3. Nakon dijagnostičkog ili terapijskog pregleda.....              | 37 |
| 13. Radioterapija u trudnoći.....                                     | 38 |
| 13.1. Prije terapije.....   | 38 |
| 13.2. Tijekom terapije.....   | 38 |
| 13.3. Nakon terapije.....   | 38 |
| 14. Smjernice za obavljanje RTG pregleda u trudnoći.....              | 39 |
| 15. Stomatološke pretrage u trudnoći.....                             | 40 |
| 16. Najčešća pitanja trudnica prilikom RTG pretraga.....              | 40 |
| 17. Savjetovanje pacijentica o postupcima procjene doze i rizika..... | 45 |
| 17.1. Pacijentice koje zatrudne nakon pregleda.....                   | 46 |
| 17.2. Pacijentice ozračene u razdoblju < 2 tjedna nakon začeća.....   | 46 |

|  |    |
|--|----|
| 17.3. Pacijentice ozračene u razdoblju 2. – 15. tjedna nakon začeća..... | 46 |
| 17.3.1. Radiološki pregledi trbuha/zdjelice.....                         | 47 |
| 17.3.2. Pacijentice ozračene u razdoblju trudnoće > od 15 tjedana.....   | 48 |
| 18. Zaključak.....   | 49 |
| 19. Sažetak.....   | 50 |
| 20. Summary.....   | 51 |
| 21. Literatura.....  | 52 |
| 22. Životopis.....   | 54 |

## 1. Uvod

Radiologija, kao grana medicine koja omogućava prikaz unutrašnjosti ljudskog tijela korištenjem X-zraka, predstavlja neizostavnu kariku u lancu učinkovite zdravstvene zaštite i liječenja žena u trudnoći.

Razvoj dijagnostičkih slikovnih pretraga (ultrazvuk, kompjutorizirana tomografija (CT) magnetna rezonancija (MRI), pozitronska emisijska tomografija (PET/CT) izrazito je unaprijedio dijagnostiku, što je uvelike pridonijelo uspješnijoj terapiji i značajno boljoj prognozi kod niza bolesti i patoloških stanja pacijentica u trudnoći. Svaki od ovih dijagnostičkih modaliteta ima svoje mjesto u algoritmu slikovnih metoda, i to pri postavljanju dijagnoze, lokalizaciji, karakterizaciji te procjeni proširenosti ("staging") patološkog procesa. Dijagnostičke slikovne metode također su od izuzetne važnosti pri praćenju i procjeni učinaka terapije tijekom i nakon liječenja.

Nedavna istraživanja su pokazala da je svjesnost zdravstvenih profesionalaca o zaštiti i rizicima radioloških pretraga u trudnoći zabrinjavajuće mala. Stoga nije iznenađujuća činjenica da su prisutne velike dileme o opravdanosti radiološkog snimanja tijekom trudnoće. Postavlja se pitanje koja je najpoželjnija radiološka dijagnostička pretraga za kliničke probleme trudnica koja predstavlja najmanji rizik za fetus. Racionalan odabir radiološke pretrage koja je najmanje štetna za fetus temelji se na poznavanju učinaka ionizacijskog zračenja na fetus u različitim gestacijskim razdobljima te doza koje on prima iz različitih dijagnostičkih postupaka.

Također, osim ionizirajućeg zračenja kao nepoželjnog aspekta treba navesti i kontrastna sredstva, neophodna u brojnim pretragama, kao potencijalno opasna i štetna za fetus.

## 2. Cilj rada

Cilj ovog rada je prikazati raspon i modalitete dijagnostičkih radioloških pretraga koje se obavljaju u trudnoći. Opisala sam njihove najvažnije značajke, potencijalno štetne učinke na fetus te etičku opravdanost svakog postupka. Također, navedene su procijenjene doze zračenja tijekom svake pretrage i najčešća patološka stanja u trudnoći. Trudnice predstavljaju posebno ugroženu skupinu pacijenata te sam stoga spomenula njihova najčešća pitanja, odnosno njihove dvojbe, prilikom obavljanja radioloških pretraga. Nadalje, osim trudnica obradila sam i trudne zaposlenice na radiološkom odjelu te uvjete njihovog rada nakon saznanja da su trudne.

Pri izlaganju fetusa ionizirajućem zračenju najbitnija je doza koju on prima, odnosno srednja količina energije koju apsorbira jedinica njegove mase, stoga sam u radu koristila jedinice *apsorbirane doze*- Gy ili mGy („grej“-prema fizičaru Louisu Haroldu Grayu).

Uz sve navedeno, svrha mog rada je bila prikazati važnost timskog rada liječnika radiologa i radiološkog tehnologa pri snimanju pacijentica u trudnoći te jezgrovito prikazati pretrage koje im u tome uvelike pomažu. Također, s obzirom da ionizirajuće zračenje izaziva strah u općoj populaciji te često dovodi do nepotrebnih pobačaja ovim radom želim pokazati kako je svaki prekid trudnoće ispod fetalne doze od 100 mGy\* medicinski, ali i etički neopravdan.

### 3. Učinci ionizirajućeg zračenja na fetus

Učinci radijacijskog zračenja su predmet brojnih istraživanja te se kategoriziraju na stohastičke i nestohastičke.

#### 3.1. STOHAŠTIČKI UČINCI (učinci bez praga)

Rezultat su staničnog oštećenja na DNA razini te uzrokuju rak ili ostale zametne stanične mutacije. Navedeni učinci nemaju granicu praga i mogu se dogoditi pri bilo kojoj ekspozicijskoj dozi. Štetnost radijacijsko-uzrokovanih stohastičkih učinaka ovisi o radijacijskoj dozi.

U prošlosti, doza zračenja koja uzrokuje stohastičke efekte iznosila je 50 mGy. Smatralo se da ova granica predstavlja sigurnost i da sve vrijednosti iznad predstavljaju rizik u trudnoći. Naime, prema ranijim istraživanjima relativan rizik od nastanka raka u dječjoj dobi pri ekspoziciji iznad 50 mGy iznosio je 2; odnosno, smatralo se da postoji mogućnost povećanja oboljenja djece od 1:1000 do 2:1000. Međutim, sa daljnim istraživanjima ova vrijednost se odbacila jer nema dokazanih radijacijskih učinaka pri navedenoj dozi zračenja.

##### 3.1.1. Genetske promjene uzrokovane stohastičkim učincima

Neke zračenjem izazvane mutacije DNK u matičnim stanicama neće ih onesposobiti za razmnožavanje iako su stanice promijenjene. Ako je modificirana stanica somatska, ona može postati začetnikom dugog i složenog procesa koji će uroditi ozbiljnim somatskim učincima kao što je rak (tumor, lat. *cancer*). Ako je, pak, oštećena stanica reproduktivna, mutacija se može očitovati kao nasljedni učinak zračenja kod potomstva izložene osobe. Ti učinci, i somatski i nasljedni, koji potječu od mutiranih stanica, nazivaju se stohastičkim učincima jer se ne zna hoće li se i kada kod nekog pojedinca pokazati, bez obzira na to što su mu stanice bile oštećene.

Najvažniji stohastički učinak ozračenja jest izazivanje malignih oboljenja - **karcinogeneza**. Pretpostavlja se da je to višeslojan proces i obično se dijeli, iako neprecizno, u tri faze: iniciranje raka, promocija i maligna progresija. Vjeruje se da zračenje pridonosi iniciranju, ali ne i napredovanju i razvoju raka. Budući da je za male doze vjerojatnost izazivanja mutacija razmjerna dozi, i vjerojatnost karcinogeneze trebala bi biti razmjerna dozi.

Stohastički učinci su gotovo nemjerljivi jer ne postoji granična doza. Porastom doze raste i vjerojatnost fatalnog učinka koji se može, ali ne mora dogoditi. Kod stohastičkih učinaka problem je nepredvidljivost i nemjerljivost. Radiosenzitivnost označuje vjerojatnost da će stanica, tkivo ili organ pretrpjeti oštećenje u odnosu na jediničnu dozu.



Radiosenzitivnost su davno prepoznali *Bergonie i Tribondeau\**, nakon čega se počelo sustavno voditi briga o izlaganju rendgenskom zračenju. Tkiva visoke radiosenzitivnosti su koštana srž, slezena, timus, limfni čvorovi, gonade i očne leće. Srednje osjetljivi su koža i mezodermalni organi poput jetre, srca ili pluća. Najmanju radiosenzitivnost imaju živčani sustav, slijede kosti i mišići. Iako su slabo osjetljivi na rendgensko zračenje, mozak i kost mogu pretrpjeti značajna oštećenja kod većih doza, a reparacija je mnogo manje učinkovita u odnosu na ostala tkiva.

2008. godine Američko Udruženje Radiologa (ACR) donijelo je praktični vodič za snimanje trudnica i uvelo je približnu vrijednost za fetalni rizik u različitom razdoblju trudnoće i pri različitim ekspozicijskim dozama ( Tablica 1) .

**TABLICA 1.**

Potencijalni radijacijski učinci na fetus ovisno o gestacijskom razdoblju i radijacijskoj dozi

| <b>Gestacijska dob<br/>( tjedni)</b> | <b>&lt; 50 mGy</b> | <b>50 – 100 mGy</b>              | <b>&gt;100 mGy</b>                       |
|--------------------------------------|--------------------|----------------------------------|--|
| <b>0-2</b>                           | Nema učinka        | Nema učinka                      | Nema učinka                              |
| <b>3-4</b>                           | Nema učinka        | Vjerojatno nema učinka           | Mogući spontani abortus                  |
| <b>5-10</b>                          | Nema učinka        | Nije sigurno hoće li biti učinka | Moguće malformacije                      |
| <b>11-17</b>                         | Nema učinka        | Nije sigurno hoće li biti učinka | Niži IQ/ mentalna zaostalost             |
| <b>18-27</b>                         | Nema učinka        | Nema učinka                      | IQ deficit nije detektiran pri dg dozama |
| <b>&gt;27</b>                        | Nema učinka        | Nema učinka                      | Ne primjenjuje se u dg medicini          |

Navedene vrijednosti u tablici temelje se na mjerenjima iz životinjskih studija, epidemiološkim ispitivanjima preživjelih od atomske bombe u Japanu te studijima provedenim na grupi ljudi izloženoj zračenju u medicinske svrhe (primjerice, radijacijska terapija radi raka maternice,..). Iz priložene se tablice može zaključiti da teoretski rizik nije prisutan ispod doze manje od 100 mGy.

Izvor tablice:

1. American College of Radiology. ACR practice guideline for imaging pregnant or potentially pregnant adolescents and women with ionizing radiation. Reston, Va: American College of Radiology, 2008.

*Bergonie i Tribondeau*\* poznati su po svom zakonu- zakonu radiosenzitivnosti koji kaže da što se stanice brže dijele, veća je njihova osjetljivost na zračenje.

### **3.2. NESTOHASTIČKI UČINCI (učinci sa pragom, deterministički)**

To su učinci uzrokovani izlaganjem visokoj ekspozicijskoj dozi. Navedeni učinci su predvidljivi i uključuju višestanično oštećenje, koje može dovesti i do loma kromosoma. Učinci sa jasno definiranim pragom prate linearno prodiranje, odnosno povećanje ekspozicijske doze prati povećanje rizika. Ranija istraživanja su izmjerila vrijednost praga doze i ona je iznosila 150 mGy. Pri ovoj dozi, preporuča se da se trudnoća procjenjuje za intervenciju, kao što je primjerice obavljanje poroda.

Teoretski, rizik graničnog praga doze uključuje manje od 3% šanse za razvitak raka, 6% šanse za mentalnu retardaciju, gubitak IQ od 30 pri dozi od 100 mGy, te 15% šanse od nastanka mikrocefalijske. Međutim, rizik ovisi o vremenu ekspozicije; u ranom razdoblju trudnoće može doći do spontanog pobačaja, dok je mozak jako osjetljiv i izrazito ovisi o vremenu u kojem je izložen zračenju. Iako teoretski postoji rizik pri bilo kojoj izloženosti radijacijskom zračenju, prosječno je fetus izložen dozi mnogo manjoj od 50 mGy tijekom jedne dijagnostičke pretrage. Učinci ionizirajućeg zračenja mogu biti proporcionalni dozi i na taj način predvidljivi. To su već spomenuti deterministički učinci na kojima se temelji suvremena dozimetrija, a uključuju graničnu, zakonski dozvoljenu dozu izloženosti pacijenata i profesionalnog osoblja.

#### **3.2.1. Razaranje stanica: deterministički učinak**

Različita radijacijska oštećenja u stanici, među kojima su i neke nepopravljive mutacije DNK, mogu uzrokovati smrt stanice ili je onesposobiti za razmnožavanje. Smrt stanice može nastupiti kao posljedica nepopravljivih oštećenja većih razmjera (nekroza) ili kao programirano samouništenje stanice (apoptoza). I male doze zračenja ubijaju neki broj stanica, no to ne utječe na zdravlje zahvaljujući izuzetno velikom broju stanica i procesima njihova nadomještanja. Tek velike doze mogu izazvati masovno razaranje stanica u nekom tkivu ili organu, što može biti pogubno za to tkivo, pa i za cijeli organizam ako se radi o vitalno važnom tkivu ili organu. Iako se ubijanje pojedinih stanica događa nasumično, učinci na zdravlje pri masovnom razaranju stanica velikim dozama zračenja nazivaju se determinističkim jer će posve sigurno nastupiti iznad nekog praga doze. No, pri malim se

dozama deterministički učinci ne opažaju. Iznimno, pri ozračenju embrija u maternici, razaranje nekoliko ključnih stanica u vrijeme razvoja organa može izazvati teške kliničke posljedice kod novorođenčeta. Zato se učinci ozračenja embrija promatraju kao izdvojena kategorija.

### **3.3. UČINCI OZRAČENJA EMBRIJA**

Ozračenje gonada bilo kojeg od roditelja prije začeća ne uzrokuje povećanje učestalosti raka ili različitih malformacija kod djece. Razvoj ploda se odvija u tri faze:

#### **1. Preimplantacijska faza**

Predstavlja period od trenutka začeća do implantacije. Ako je plod izložen zračenju u ovoj fazi može doći do njegove smrti, dok je vjerojatnost da dođe do drugih štetnih učinaka veoma mala.

#### **2. Faza organogeneze**

Navedena faza traje od 3. do približno 8. tjedna nakon začeća. U ovoj fazi izlaganje zračenju može dovesti do malformacija, osobito organa koji se razvijaju u periodu izloženosti zračenju, a ozbiljnost učinka je proporcionalna dozi koju fetus prima.

#### **3. Faza razvoja fetusa**

Ona traje od 9. tjedna začeća do rođenja (razvoj CNS - a traje od 8. do 25. tjedna). Izloženost zračenju u ovoj fazi (naročito u periodu od 8. do 15. tjedna) može dovesti do mentalne retardacije čija je ozbiljnost proporcionalna primljenoj dozi.

U 2. i 3. fazi može doći do indukcije stohastičkih učinaka (koji se manifestira u periodu od 1. do 19. godine života djeteta) i hereditarnih učinaka. Deterministički učinci (malformacije, smanjen kvocijent inteligencije i mentalna retardacija) nastaju samo za fetalne doze veće od 100 mGy. To je doza koje se ne dostiže u većini dijagnostičkih postupaka u radiologiji i nuklearnoj medicini.

Npr. fetalna doza od 100 mGy ne bi se dostigla ni sa 3 pretrage CT-a zdjelice, niti s 20 konvencionalnih snimaka abdomena ili zdjelice.

### **3.3.1. Ozračenje ploda u maternici**

Ozračenje ploda u maternici može uzrokovati tjelesne malformacije, deformacije, mentalnu zaostalost, pojavu raka i smrt djeteta. Sve te posljedice, osim raka, mogu nastupiti i kao deterministički učinci zračenja, poglavito u ranom razdoblju formiranja organa embrija.

Učinci na razvoj mozga otkriveni su proučavanjem slučajeva mentalne zaostalosti djece koja su bila ozračena prije rođenja u Hirošimi i Nagasakiju. Dobiveni podatci upućuju na zaključak da ozračenje trudnica, između 8. i 15. tjedna, uzrokuje pad u distribuciji kvocijenta inteligencije kod djece. Za male doze takav mogući učinak ozračenja embrija nije se mogao otkriti. Epidemiološka istraživanja karcinogeneze, izazvane ozračenjem u maternici, dala su proturječne rezultate, od relativno visokog rizika do statistički beznačajnih ili nikakvih posljedica. Iako takvi nalazi ne mogu poslužiti za procjenu rizika, nema bioloških razloga za pretpostavku da samo ljudski embrij ne bi bio podložan radijacijskoj karcinogenezi.

Među mogućim učincima ozračenja embrija u maternici značajan je rizik od povećanja mentalne zaostalosti kod novorođenčadi. Procjenjuje se da u prosjeku doza od 1 000 mGy izaziva pad kvocijenta inteligencije za 30 ako je do ozračenja došlo između 8. i 15. tjedna trudnoće, što može rezultirati pomakom od prosječnih sposobnosti u ozbiljnu mentalnu zaostalost. No već nekoliko stotina mGy može izazvati regresiju od nižeg kvocijenta inteligencije, koji je još u granicama normalnosti, u punu mentalnu zaostalost.

### **Teratogeni učinci**

Biološki učinci ionizirajućeg zračenja su rezultat fizičkih i kemijskih procesa koji vode ili do smrti stanice (rezultirajući morfološkim učincima), ili do promjene nuklearne DNA, koja rezultira tumorskom ili genetičkom mutacijom. Učinci ionizacije na fetus ovise o gestacijskom razdoblju i radijacijskoj dozi.

### **Karcinogeni učinci**

Postoji značajna povezanost između ozračenja fetusa u maternici i povećanog rizika od oboljenja od raka u dječjoj dobi. Najveća kontrolna grupna studija pokazala je da povećanje ekspozicije od 1 Gy donosi povećanje rizika od raka za 6%. Navedena studija provedena je među preživjelima nakon eksplozije atomske bombe u Japanu.

Nadalje, dok je najveća kontrolna skupina ispitanika pokazala povećani rizik od raka u dječjoj dobi, druga po veličini studija je pokazala da je leukemija učestalija u odnosu na solidne tumore. Epidemiološki podaci potvrđuju rizik od pojave raka uzrokovanog zračenjem u trudnoći.

Učinci izlaganja ionizirajućem zračenju mogu biti tjelesni (somatski) i manifestirati se tijekom života izložene osobe, najčešće kao maligna bolest. Genetski učinci su vidljivi na potomstvu ozračene osobe i mogu se sagledati tek nakon više generacija.

## **4. Modeli za procjenu nasljednih učinaka**

Zbog nedostatka izravnih epidemioloških podataka, učestalost zračenjem izazvanih nasljednih učinaka kod ljudi procjenjuje se pomoću dviju neizravnih metoda koje koriste podatke iz pokusa na životinjama.

### **4.1. Metoda doze udvostručenja (ili relativne mutacije)**

Procjenjuje povećanje učestalosti nasljednog oboljenja uzrokovano zračenjem polazeći od normalne učestalosti istog oboljenja. Doza udvostručenja je ona doza od koje se očekuje da izazove još toliko mutacija koliko bi ih se spontano dogodilo u promatranoj generaciji.

### **4.2. Izravna metoda (ili metoda apsolutne mutacije)**

Procjenjuje očekivano povećanje učestalosti nasljednog oboljenja polazeći od broja mutacija odgovarajućih gena koje bi neka doza mogla izazvati. Procjene rizika obično ne obuhvaćaju složene nasljedne poremećaje uzrokovane mnogim čimbenicima, jer se moguća uloga ozračenja teško procjenjuje, a pretpostavlja se da je neznatna.

## 5. DIJAGNOSTIČKA RADIOLOGIJA

Opravdanost svakog dijagnostičkog postupka je prva preporuka Međunarodne komisije za radiološku zaštitu (ICRP) te se odnosi kako na trudnice, tako i na ostale pacijente. Sve pretrage moraju biti medicinski opravdane, tako da je rizik od izlaganja ploda ionizirajućem zračenju manji od štete načinjene neobavljanjem radiološke pretrage. Doze u radiološkoj dijagnostici teoretski ne mogu uzrokovati fetalnu smrt, malformacije ili mentalnu retardaciju. Ako je fetus u izravnom snopu ionizirajućeg zračenja, pretraga se često može i treba optimizirati tako da se doza smanji.

### 5.1. Prije izlaganja ionizirajućem zračenju

Prije izlaganja ionizirajućem zračenju potrebno je utvrditi je li pacijentica trudna ili za to postoji mogućnost, je li potencijalni plod u izravnom snopu ionizirajućeg zračenja i radi li se o visokodoznom postupku. Ukoliko je pacijentica trudna ili postoji mogućnost trudnoće, nadležni liječnik je dužan informirati pacijenticu o samoj pretrazi i eventualnom riziku kako bi mogla odlučiti hoće li prihvatiti pretragu, a da je pritom svjesna njenog rizika. Način informiranja pacijentice ovisi o stupnju rizika, i to:

– Ako plod nije u izravnom snopu (polju) ionizirajućeg zračenja, tj. ako se radi o pretragama veoma niskog rizika, kao što je snimanje pluća, ekstremiteta, lubanje i dr., dovoljno je obavijestiti pacijenticu da je rizik ekstremno nizak.

– Ako je plod u izravnom snopu ionizirajućeg zračenja, ali se radi o niskodoznoj pretrazi (nativna snimka abdomena ili sl.), gdje bi doza na plod mogla biti oko 1 mGy, onda je potrebno dati detaljnije objašnjenje rizika, a procjena doze na fetus nije potrebna.

– Ako je plod u izravnom snopu ionizirajućeg zračenja, a radi se o visokodoznom postupku (fluoroskopija ili CT), treba razmotriti neki drugi način dobivanja zadovoljavajuće dijagnostičke informacije bez uporabe ionizirajućeg zračenja. Ako nema alternativne pretrage, tada se uzima u obzir gestacijska dob, preračunava se doza na fetus (što radi specijalist medicinske fizike), preispituje indikacija i procjenjuje šteta od eventualnog odgađanja postupka. Nakon informiranja i razumijevanja rizika pacijentica daje svoj pristanak na radiološku pretragu.

Ako bi odgađanje radiološke dijagnostičke pretrage moglo ugroziti život trudnice, onda se pretraga treba provesti bez informiranog pristanka, imajući u vidu da je spašavanje života majke (a najvjerojatnije i djeteta) važnije od izbjegavanja eventualnih štetnih učinaka koji se kasnije mogu pojaviti kod djeteta. Za one pretrage kod kojih fetus nije u polju (izravnom snopu) ionizirajućeg zračenja procjena opravdanosti je slična kao i kod drugih pacijenata, jedino treba više pažnje posvetiti optimizaciji pretrage. Ukoliko se takva pretraga obavi ne znajući za trudnoću, ne postoji razlog da se procjenjuje doza niti se vrši procjena mogućnosti prekida trudnoće.

## **5.2. Tijekom pretrage (izlaganja zračenju)**

Medicinski indicirane pretrage u područjima koja su udaljena od fetusa mogu se sigurno obaviti uz upotrebu odgovarajućih mjera zaštite. Modifikacija pretrage obično nije potrebna. U slučaju pretrage kod koje fetus mora biti u izravnom snopu, a koja se ne može odgoditi, treba nastojati smanjiti apsorbiranu dozu za fetus bez gubljenja informacija značajnih za pravilnu dijagnozu (ALARA načelo - „As Low As Reasonably Achievable“ odnosno smanjenje doze zračenja koliko je to moguće).

Svi tehnički podatci moraju biti pažljivo zabilježeni kako bi se procijenila apsorbirana doza za fetus. Kod radiografskog snimanja najčešći način modificiranja pretraga je reduciranje snopa ionizirajućeg zračenja na područje od interesa primjenom kolimacije i/ili zaštitnih sredstava, te smanjenjem broja snimaka. Prilikom CT pretrage zdjelice uterus je u polju ionizirajućeg zračenja. Srednja apsorbirana doza fetusa iznosi oko 25 mGy, a maksimalna oko 79 mGy. CT skeneri omogućavaju precizno limitiranje područja koje se nalazi u polju ionizirajućeg zračenja na područje od interesa. Doza na fetus kod prosvjetljavanja (fluoroskopije) kada je fetus u izravnom snopu može iznositi i 24 mGy po pretrazi. Ova doza se može smanjiti skraćivanjem vremena izloženosti zračenju i kolimacijom snopa na područje od interesa. Također, bitno je spomenuti i sve rašireniju upotrebu tzv. LOW- DOSE protokola gdje su doze znatno manje i iznose između 10 i 11 mGy, a dijagnostička značajnost ostaje gotovo jednaka onoj postignutoj upotrebom standardnog CT-a. Prilikom svake pretrage nastoji se zaštititi onaj dio koji nije u području primarnog interesa, a to se postiže prekrivanjem pacijentice olovnom pregačom.

## **5.3. Nakon izlaganja ionizirajućem zračenju**

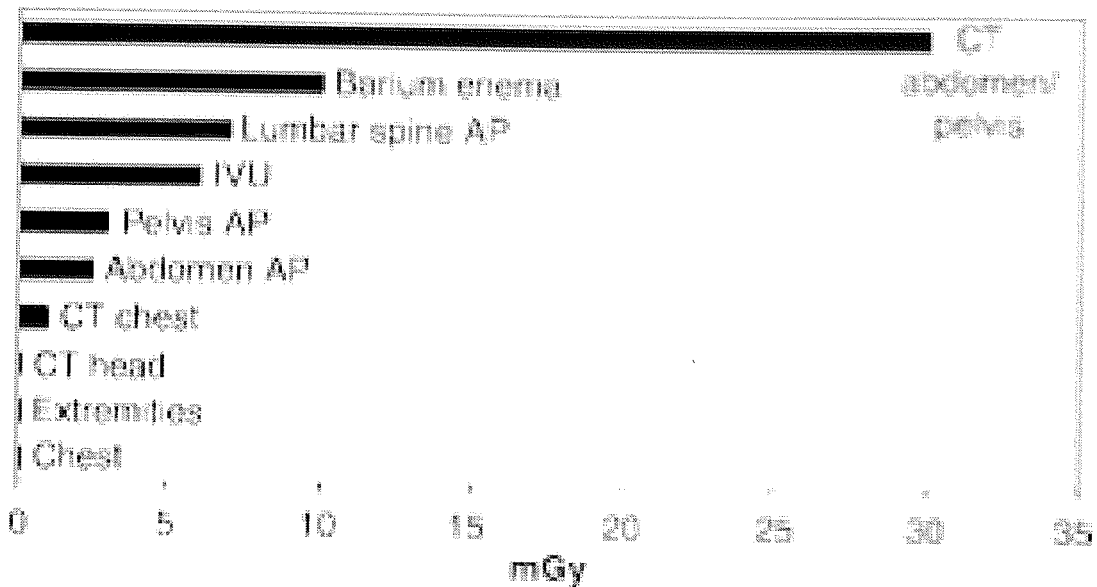
Kod radioloških dijagnostičkih pretraga naknadna procjena apsorbirane doze na fetus obično nije potrebna osim ako je fetus u izravnom snopu. Specijalist medicinske fizike će obaviti procjenu doze na fetus ako se očekuje da ona prelazi 10 mGy.

## **6. RADIJACIJSKA DOZA NA FETUS**

Približna fetalna radijacijska doza fetusa tijekom većine radioloških pretraga koje koriste ionizirajuće zračenje je manja od 0,05 Gy.

Učinci radijacijskog zračenja na fetus ovise o gestacijskom razdoblju i radijacijskoj dozi te su sumirani u tablici 2.

**TABLICA 2.** Usporedba izračunate fetalne doze iz različitih radiografskih tehnika te CT-a. Primitvena fetalna doza iz pretrage koja uključuje CT glave, ekstremitete (bez kukova i zdjelice), te prsa je manja od 0,1 mGy.



IZVORI TABLICE:

1. Osei EK, Faulkner K. Fetal doses from radiological examinations. Br J Radiol 1999;72:773–780.
2. Wagner LK, Lester RG, Saldana LR. Exposure of the pregnant patient to diagnostic radiations: a guide to medical management. 2nd ed. Madison, Wis: Medical Physics, 1997.



| <b>Konvencionalne Pretrage</b> | <b>Srednja (mGy)</b> | <b>Maksimalna (mGy)</b> |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Trbuh</b>                   | 1.4                  | 4.2                     |
| <b>Prsa</b>                    | < 0.01               | <0.01                   |
| <b>IV urogram</b>              | 1.7                  | 10                      |
| <b>Lumbalna kralježnica</b>    | 1.7                  | 10                      |
| <b>Zdjelica</b>                | 1.1                  | 4                       |
| <b>Lubanja</b>                 | <0.01                | <0.01                   |
| <b>Torakalna kralježnica</b>   | <0.01                | <0.01                   |
| <b>Fluoroskopske Pretrage</b>  |                      |                         |
| <b>Barij (obrok)</b>           | 1.1                  | 5.8                     |
| <b>Barij (klistir)</b>         | 6.8                  | 24                      |
| <b>CT-pretrage</b>             |                      |                         |
| <b>Abdomen</b>                 | 8                    | 49                      |
| <b>Prsa</b>                    | 0.06                 | 0.96                    |
| <b>Glava</b>                   | <0.005               | <0.005                  |
| <b>Lumbalna kralježnica</b>    | 2.4                  | 8.6                     |
| <b>Zdjelica</b>                | 25                   | 79                      |

**TABLICA 3.** Procijenjena fetalna izloženost u nekim RTG postupcima sažeta je u tablici broj 3.

Izvor tablice: Sharp, Shrimpton, and Bury, 1998.

Obična radiološka pretraga u pravilu izlaže fetus vrlo maloj količini zračenja. Obično tijekom trudnoće, maternica je sigurna za izvođenje pretraga koje ne obuhvaćaju zdjelicu.

S izuzetkom barijeve klizme ili malih serija klistira, većina fluoroskopskih pregleda ima za posljedicu izlaganje fetusa mGy. Fetalna izloženost zračenju primjenom CT-a varira ovisno o broju i razmaku između pojedinih dijelova slike.

Iako CT zdjelice može dovesti do značajne fetalne izloženosti, ona se može smanjiti (uključujući izloženost fetalnih gonada) koristeći LOW-EXPOSURE (niska ekspozicija) tehniku.

## 6.1. Doza pozadinskog zračenja na fetus

Doza prirodnog pozadinskog zračenja fetusa u trudnoći iznosi otprilike 1 mGy. Na Međunarodnom Kongresu Radijacijske Zaštite i Mjerenja 1977. godine donesena je bitna tvrdnja, Izvješće 54, koja glasi: „ **Rizik (abnormalnosti) je zanemariv pri dozi od 0.05 Gy ili manje u usporedbi sa drugim rizicima u trudnoći, i rizik od malformacija je značajno povećan iznad kontrolnog nivoa samo pri dozama većim od 0.15 Gy. Dakle, izlaganje fetusa zračenju pri radiološkim pretragama rijetko može biti uzrok okončavanja trudnoće.**

Ostali rizici u trudnoći navedeni u posljednoj tvrdnji odnose se na uobičajene, normalne opasnosti tijekom trudnoće kao što su: rizik od spontanih prirođenih mana (3%), rizik od spontanog pobačaja (15%), rizik od preuranjenog poroda i posljedično, poremećaja u rastu (4%) te rizik od mentalne retardacije (1%).

## 7. DIJAGNOSTIČKE PRETRAGE U TRUDNOĆI

### 7.1. ULTRAZVUK (UZV, ultrasonografija, ehosonografija)

Ultrazvuk je metoda oslikavanja unutarnjih organa koja se temelji na principu refleksije zvučnih valova. To je mehanička vibracija vrlo visoke frekvencije, koja prelazi prag čujnosti ljudskog uha, a iznosi više od 20 000 titraja u sekundi (iznad 20 kHz). U medicinskoj dijagnostici koristi se ultrazvuk frekvencije između 2-12 MHz.



Slika 1. UZV pregled

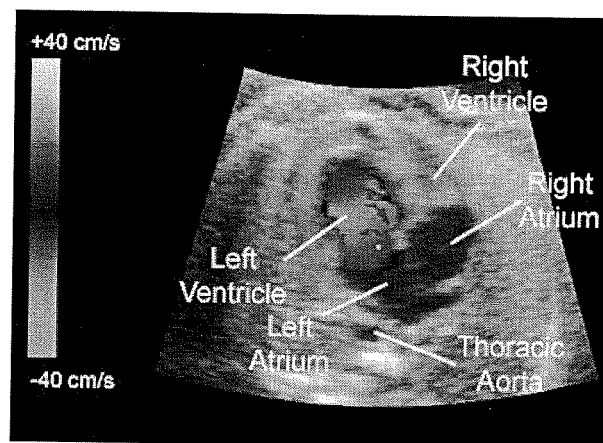
Izvor slike : <http://www.newkidscenter.com/Ultrasound-in-Pregnancy.html>

Kvaliteta UZV uređaja i dijagnostičke mogućnosti bitno su poboljšani, naročito u posljednjih desetak godina. Sukladno tome, mijenjali su se i kriteriji o broju i načinu UZV pregleda koje treba učiniti kao neizostavni i obvezni dio medicinskog nadzora tijekom trudnoće. Današnje generacije UZV uređaja tehnički objedinjuju nekoliko načina pregleda.

Pregledi u trudnoći mogu se obavljati kroz rodnicu tzv. transvaginalnom sondom i "preko trbuha" transabdominalnom sondom. Obje tehnike pružaju osnovnu mogućnost crno-bijelog prikaza "uživo". Bolji uređaji pružaju i mogućnost primjene tehnike obojenog doplera (ultrazvuka "u boji"), kojim se prvenstveno pregledavaju krvne žile i protok krvi. Najnovija generacija uređaja predstavlja trodimenzionalni ultrazvuk, koji još nije sastavni dio standardne UZV opreme.

Razvoj ultrazvučne tehnologije, posebice uređaja visoke rezolucije («real-time high resolution scanners») i power-dopplera, omogućio je revolucionaran napredak ultrazvučne dijagnostike, koja danas ima vrlo značajnu ulogu u dijagnostici gotovo svih organa i organskih sustava. Uz to, obojeni dopler, kao dio ultrazvučne pretrage, može dati nezamjenjive informacije o protoku kroz krvne žile majke ili fetusa. Naime, riječ je o podacima o hemodinamici (načinu strujanja krvi kroz pojedine organe), koje nijedna druga imaging metoda ne može dovoljno precizno odrediti.

Ultrazvukom i obojenim doplerom mogu se vrlo precizno dijagnosticirati i različite anomalije u razvoju, kao i znakovi tzv. patološke trudnoće, dakle trudnoće čiji je ishod upitan zbog različitih oboljenja majke, posteljice ili fetusa i koje trebaju biti pod specijalnim nadzorom.



**Slika 2.** Upotreba color Dopplera za prikaz protoka krvi u ventrikle fetusa.

Izvor slike: <http://www.fetal.com/FetalEcho/05%20Color.html>

Ultrazvuk, međutim, nije do kraja bezopasan, jer njegova mehanička energija zbog fenomena zagrijavanja može i naškoditi fetusu, posebno kod primjene obojenog i pulsog doplera, pa na preglede ne treba ići prečesto, nego razumnim pristupom odlučiti koliko često i na koju vrstu ultrazvučne pretrage svaka pacijentica treba ići.

Pod kontrolom ultrazvuka mogu se izvesti i različiti invazivni dijagnostički i terapijski zahvati kod žena ili fetusa, kao što su punkcija i sklerozacija cista jajnika, amniocenteza (uzimanje uzorka plodne vode) i slično.

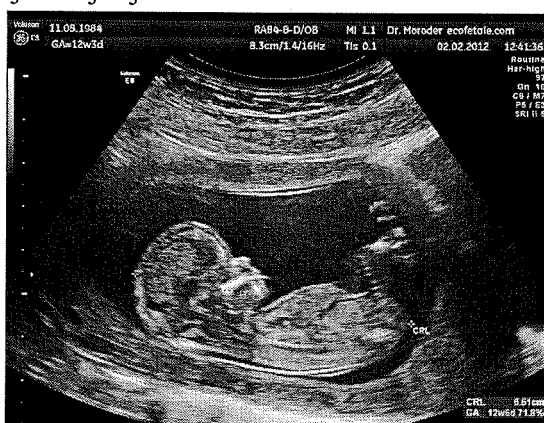
S obzirom na svoje karakteristike, u prvom redu neinvazivnost, dostupnost te jednostavnost pretrage, ultrazvuk je prva slikovna dijagnostička metoda pri sumnji na patološki proces niza organa ili organskih sustava.

**Ultrazvuk treba uvijek biti primarna dijagnostička metoda za osobe u trudnoći,** dok se ostale pretrage rade samo onda ako UZV rezultati nisu prihvatljivi za dijagnozu.

Premda je kod nas ultrazvuk primarna tehnika kojim se oslikavaju unutarnji organi žena, te glavna metoda pregleda i probira pacijentica i patoloških trudnoća, u slučaju nejasnoća ili potrebe za boljim prikazom pojedinih struktura pacijentica se upućuje u radiološku ordinaciju na pregled magnetskom rezonancijom ili kompjutoriziranom tomografijom.

Mana navedenih metoda ocrta se kroz skupu i teže dostupnu aparaturu te je potrebno određeno znanje za njeno rukovanje. Prednost im je to što, uz ginekološke strukture, mogu jako dobro prikazati i okolne strukture za koje je ultrazvuk znatno manje pouzdan. Uz to, magnetska rezonancija može dati preciznije informacije o histološkoj (tkivnoj) strukturi neke tvorbe, pa se zato smatra izvanrednom metodom u stupnjevanju tumora u zdjelici. Ako postoji sumnja da se tumor proširio i na područje abdomena, odnosno da postoje metastaze u vidu tumorskih priraslica na crijevima ili slično, uz abdominalni ultrazvuk kompjutorizirana tomografija će svakako biti metoda izbora.

Navedene metode posebno su precizne kad se primjenjuju uz uporabu kontrastnog sredstva, pomoću kojeg se mogu detektirati i vrlo sitni tumori, promjera čak nekoliko milimetara, gdje je ultrazvuk često nedovoljno osjetljiv.



**Slika 3.** UZV prikaz fetusa u maternici u 12. tjednu trudnoće. B- mode (2D prikaz).

Izvor slike: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound>

## 7.2. MAGNETSKA REZONANCIJA (MRI)

MRI se koristi za procjenu obstetričkih i fetalnih bolesti više od 20 godina. Nema poznatog štetnog učinka na fetus prema procjeni dosadašnjih mnogobrojnih kliničkih i laboratorijskih

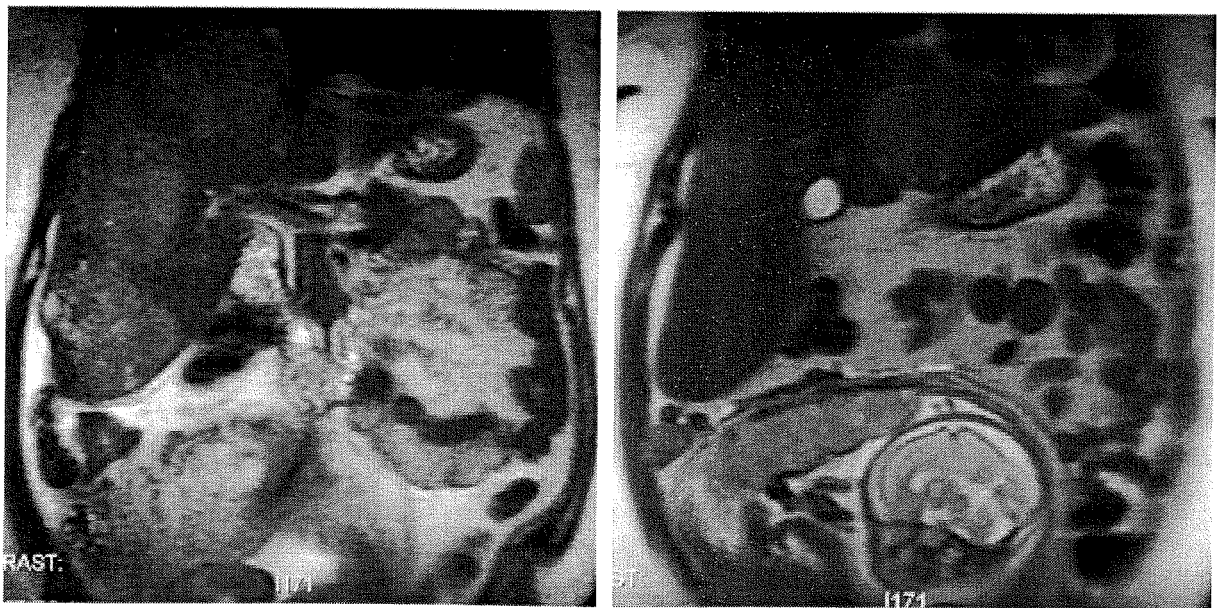
istraživanja. Međutim, zabrinutost zbog potencijalno opasnih posljedica na fetus ipak je prisutna. Primarni potencijalni nepoželjni učinak MR-a je zagrijavanje tkiva uslijed RF-pulseva te učinak akustične buke na fetus. Neka istraživanja su pokazala da je rizik od buke zanemariv jer se buka atenuira u amniotičku tekućinu te do fetusa dopire manje od 30 dB što je zanemarivo. Prema uputi Američkog Društva Radiologa iz 2007. godine MRI snimanje smije se obavljati samo po procjeni liječnika specijaliste.

Prednosti magnetske rezonancije su: odsutnost ionizirajućeg zračenja, mogućnost snimanja u više ravnina te odličan kontrast mekih tkiva.

Rizici kod snimanja MR-a kod trudnica istražuju se kompjuterskom simulacijom te životinjskim modelima. Iako za sada nema dokazanih studija, snimanje trudnica sa MR-om jačine 1.5 T predstavlja neznatan rizik za fetus i prihvatljiv je u odnosu na potencijalan benefit od postavljene dijagnoze. Sigurnost fetusa u poljima veće jačine još nije dovoljno dokazana. Rizik za fetus od zagrijavanja tkiva uslijed magnetskog polja je posebno izražen u prvom tromjesečju. 1991. godine donesena je odluka od strane Udruženja Za Sigurnost Pretraga Magnetskom Rezonancijom koja glasi „Magnetska rezonancija smije se koristiti kod trudnica samo ukoliko su druge neionizirajuće pretrage nedostatne, ili ako bi za postavljanje dijagnoze bila neophodna pretraga koja uključuje ionizirajuće zračenje.“

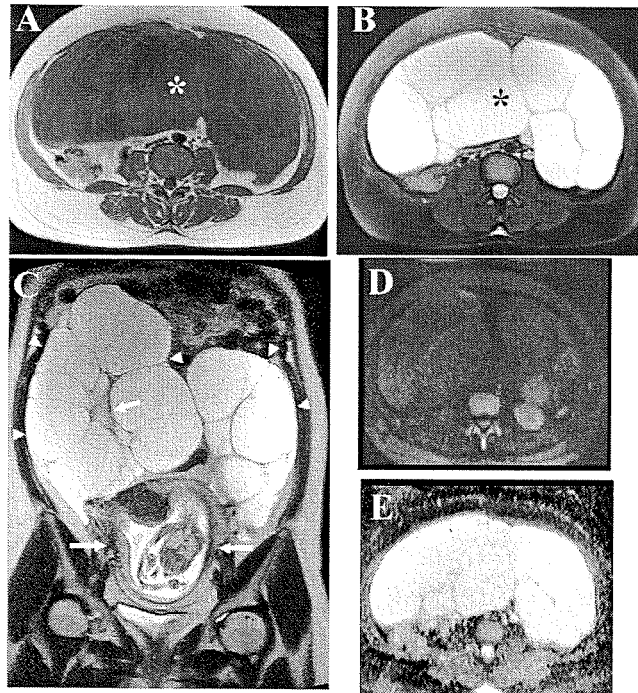
Trudne pacijentice trebaju biti upoznate sa činjenicom da, prema dosadašnjim istraživanjima, nema dokazanog štetnog učinka na fetus pri kliničkoj upotrebi magnetske rezonancije.

Bitno je spomenuti da je upotreba MR kod trudnih pacijentica omogućena razvojem brzih spin-echo sekvenci.



**Slika 4.** Koronalna T2 prosvijetljena (T2W) MRI slika prikazuje veliku infiltrirajuću masu u jetri. Pacijentica je u drugom tromjesečju trudnoće. Perkutana biopsija je pokazala da se radi o hepatocelularnom karcinomu.

Izvor slike: Imaging the Pregnant Patient for Nonobstetric Conditions: Algorithms and Radiation Dose Considerations<sup>1</sup>



**Slika 5.** (A) Aksijalna T1 prosvijetljena slika ( T1WI ) , (B) Aksijalna T2 prosvijetljena ( T2WI ) velika cistična masa koja se prikazuje kao homogeno nizak signal na T1WI i kao visoki signal na T2WI. (C) Koronalna T2 prosvijetljena slika ( T2WI ) velika cistična masa se bolje ocrta. (D) DWI-diffusion weighted imaging (tehnika poništavanja signala iz tkiva ) cista je prikazana kao homogeni intermedijarni signal, dok na (D) ADC - Apparent Diffusion Coefficient mapi ima visoki signal.

Izvor slike: [http://imagejournals.org/bilateral-thecalutein-cysts-in-one-pregnant-woman-at-mri-mimicking-the-cystadenoma-of-ovary.php?image\\_id=21](http://imagejournals.org/bilateral-thecalutein-cysts-in-one-pregnant-woman-at-mri-mimicking-the-cystadenoma-of-ovary.php?image_id=21)

### 7.3. CT (kompjutorizirana tomografija)

Procijenjena radijacijska doza kod CT pretraga je niska kad je fetus izvan polja snimanja. Dakle, CT pretraga glave, vratne kralježnice ili ekstremiteta (isključujući zdjelicu i kukove), može se sigurno izvesti tijekom bilo kojeg tromjesečja trudnoće. CT pretraga prsnog koša također se smatra nisko-doznom pretragom u kojoj je fetus isključen iz primarnog snopa RTG zraka.

U okviru CT pregleda, fetalna doza ovisi o više čimbenika: broju slojeva, debljini slojeva, spiralnoj rotaciji cijevi,..

*Hurwitz i suradnici* nedavno su proveli mjerenja radijacijske doze na fetus tijekom ranog razdoblja trudnoće u pretragama na 16-slojnom višedetektorskom CT-uređaju. Indikacije za navedene pretrage su bile sumnja na bubrežne kamence, upala crvuljka i plućna embolija. Istraživanjima je potvrđeno da su izmjerene radijacijske doze preniske da bi uzrokovale fetalne neurološke deficite. Također, zaključeno je da CT pretraga za dokazivanje upale crvuljka može udvostručiti rizik za oboljenje od raka u dječjoj dobi. Iako je navedeni rizik u biti teoretski, on potvrđuje potrebu za obveznim smanjenjem radijacijske doze kod izvođenja abdominalnih i zdjeličnih CT pretraga, što se postiže smanjenjem vrijednosti mAs (miliamper-sekundi), modulacijom Z-aksijalne ravnine te povećanjem PITCH-a (udaljenost koju stol prijeđe u jednoj rotaciji od 360° / ukupna kolimirana širina RTG snopa). Ultrazvuk i magnetska rezonanca trebaju biti alternativne pretrage u trudnoći kad god je to moguće.

Postoje situacije u kojima je rizik ozračenja fetusa mnogo manji od rizika izbjegavanja životno važne pretrage za majku. Primjerice, za procjenu stanja trudne pacijentice sa unutrašnjim abdominalnim krvarenjem CT predstavlja najpouzdaniji i najlakši način. Za održavanje visokog standarda sigurnosti, osobito kod trudnih pacijentica, Američko Udruženje Radiologa uvelo je 2008.godine obveznu primjenu principa ALARA .

| Type of CT Examination                | CT Protocol |                        |             | Imaging Parameters              |       |
|---------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|---------------------------------|-------|
|                                       | Dose (mGy)  | Section Thickness (mm) | Noise Index | Tube Current-Time Product (mAs) | Pitch |
| CT of the chest                       | 0.02        | 2.5                    | 30          | 80                              | 1.375 |
| CT pulmonary angiography              | 0.02        | 1.25                   | 30          | 88                              | 0.984 |
| CT of the abdomen                     | 1.3         | 2.5                    | 36          | 110                             | 1.375 |
| CT of the kidney, ureter, and bladder | 11          | 2.5                    | 36          | 110                             | 1.375 |
| CT of the pelvis                      | 13          | 2.5                    | 36          | 130                             | 1.375 |
| CT of the abdomen and pelvis          | 13          | 2.5                    | 36          | 130                             | 1.375 |
| CT angiography                        | 13          | 2.5                    | 30          | 130                             | 1.375 |

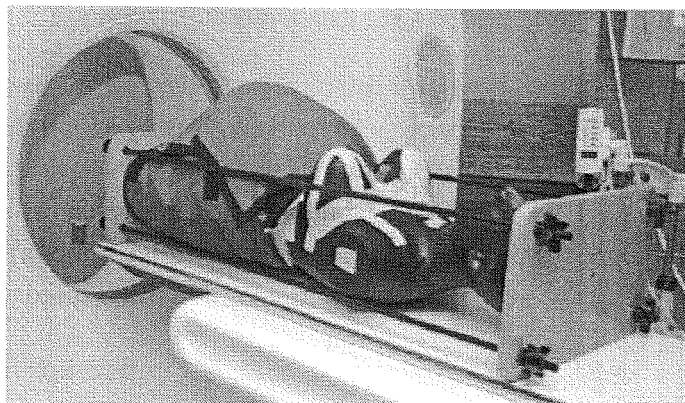
Note.—Average fetal dose was estimated by using the ImpactScan CT patient dosimetry calculator, version 1.0 (<http://www.impactscan.org>).

**TABLICA 4.** Prosječna vrijednost radijacijske doze fetusa nakon 1 akvizicije različitih CT pretraga kod trudnica. Dajući nisku radijacijsku dozu, strah od ozračenja fetusa ne smije odgađati pretrage koje mogu pomoći u dijagnozi inherentnog majčinskog patološkog stanja.

Izvor tablice:

1. Wagner LK, Lester RG, Saldana LR. Exposure of the pregnant patient to diagnostic radiations: a guide to medical management. 2nd ed. Madison, Wis: Medical Physics, 1997.

**Dr. David A. Leswick i njegovi suradnici** su proveli istraživanje o smanjenju fetalne doze pri CT plućnoj angiografiji. Naime, dokazali su da su pri smanjenju fetalne doze značajnije korekcije tehničkih parametara snimanja od vanjskih zaštitnih sredstava kao što su olovna ili bizmut - antimon pregača kojom se prekriva pacijentica. Tehnički parametri se prvenstveno odnose na smanjenje napona te duljine skeniranja. Bitno je naglasiti da fetalna doza raste sa gestacijskom dobi fetusa jer on s vremenom raste te ovisi o njegovom položaju u maternici.



**Slika 6.** Na slici je prikazan fantom u obliku trudnice napravljen posebno za spomenuto istraživanje. Prekriven je bizmut – antimon pregačom.

Izvor slike: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21555348>

Rezultati (tablica) pokazuju da postavljanje olovnog štita na fantom smanjuje fetalnu dozu za 30%. Smanjenje napona sa 120 kV na 100 Kv može smanjiti dozu za čak 45 %, bez ikakve razlike u kvaliteti slike. Skraćenje duljine jednog skena od 5 cm smanjuje fetalnu dozu za otprilike 50%.

**Average Third-Trimester Fetal Dose at 120 kVp with z-Axis to Posterior CPAs and 100 kVp to the Diaphragm**

| Scan type            | Shield                              | Dose (mGy)* | Dose Reduction vs 120 kVp to CPAs (%)† | Dose Reduction vs 100 kVp to Diaphragm (%)‡ |
|----------------------|-------------------------------------|-------------|--|---|
| 120 kVp to CPAs      | None                                | 0.82 ± 0.10 | ...                                    | ...   |
| 120 kVp to CPAs      | 5-mm Lead                           | 0.22 ± 0.04 | 73                                     | ...   |
| 120 kVp to CPAs      | 90% Attenuation<br>bismuth-antimony | 0.31 ± 0.03 | 62                                     | ...   |
| 120 kVp to CPAs      | 95% Attenuation<br>bismuth-antimony | 0.23 ± 0.03 | 72                                     | ...   |
| 100 kVp to Diaphragm | None                                | 0.17 ± 0.02 | 79                                     | ...   |
| 100 kVp to Diaphragm | 5-mm Lead                           | 0.08 ± 0.02 | 90                                     | 53  |
| 100 kVp to Diaphragm | 90% Attenuation<br>bismuth-antimony | 0.08 ± 0.01 | 90                                     | 53  |
| 100 kVp to Diaphragm | 95% Attenuation<br>bismuth-antimony | 0.08 ± 0.01 | 89                                     | 45  |

Note --- Sample size of four scans for each technique. Percentage of dose reduction from unshielded 120 kVp to CPAs and unshielded 100 kVp to the diaphragm is shown.

\* Data are mean values ± standard deviation.

† All dose reductions are significant (P < .01).



Izvor tablice: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21555348>

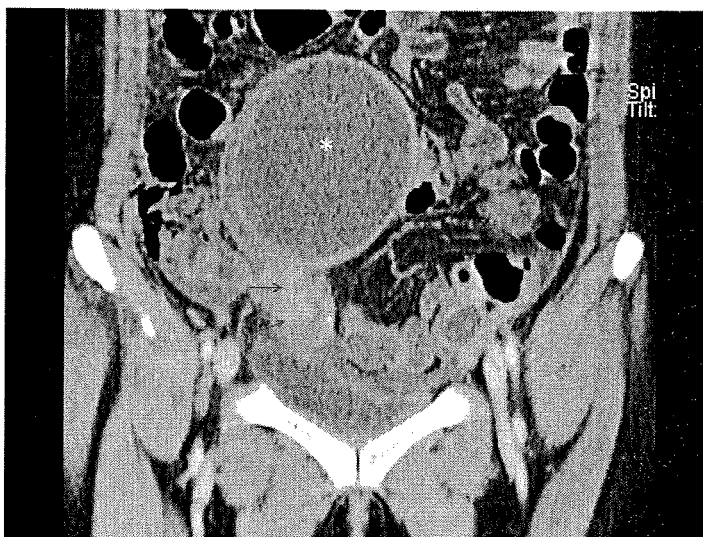
### 7.3.1. Spiralni CT

Omogućava kontinuirano skeniranje pacijenta pomicanjem stola (na kojem pacijent leži) kroz skener, pružajući izuzetno brzo i kvalitetno dobivanje vrhunske slike. Na izloženost zračenju utječu debljina presjeka, broj dobivenih slojeva, i "PITCH". Doza koju pacijent prima proporcionalna je 1 PITCH-u. Tipičnom upotrebom PITCH-a od 1 ili više, izlaganje fetusa zračenju iz spiralnog CT-a se može usporediti s konvencionalnim CT-om.

U odnosu na klasični CT, snimanje traje neusporedivo kraće te donosi mnogo kvalitetniju sliku organa pacijenata. Bitan je pri liječenju cističnih promjena, nerijetkih pojava kod trudnica, jer pokazuje njihov vrlo karakterističan način bojanja kontrastom. Naime, uporabom klasičnog CT-a ili ultrazvuka gotovo je nemoguće razlučiti je li riječ o „običnoj“ cisti ili cisti s elementima tumora, a spiralni CT vrlo lako i precizno prikazuje dolazi li do bojanja kontrastom ili ne, što je ključna osobina tumora.

**Slika 7.** Koronalni kontrastni CT sken pokazuje veliku cističnu masu (žuta zvjezdica), abnormalno smještenu blizu središnje linije tijela, i uvećanu i slabo definiranu masivnu strukturu koja predstavlja torziju jajovoda i izvrnuti pedikl (crvena strelica).

Izvor slike: RADIOLOGY, UCR: Unidad Central de Radiodiagnóstico, HOSPITAL INFANTA SOFÍA - Madrid/ES



### 7.3.2. Uporaba LOW-DOSE CT-a za detekciju kamenaca

Primjena niskodoznog (low-dose) CT-a za otkrivanje kamenaca je sve učestalija u općoj populaciji. Nedavna istraživanja pokazuju fetalnu dozu zračenja u rasponu od 4-7,2 mGy i 8,5-11,7 mGy tijekom 1. i 3. mjeseca trudnoće, odnosno standardna slika koja prikazuje bubrežne kamence koristi relativno nisku struju cijevi (160 mA, 140 KVP) i multidetektorski 16-slojni CT skener.

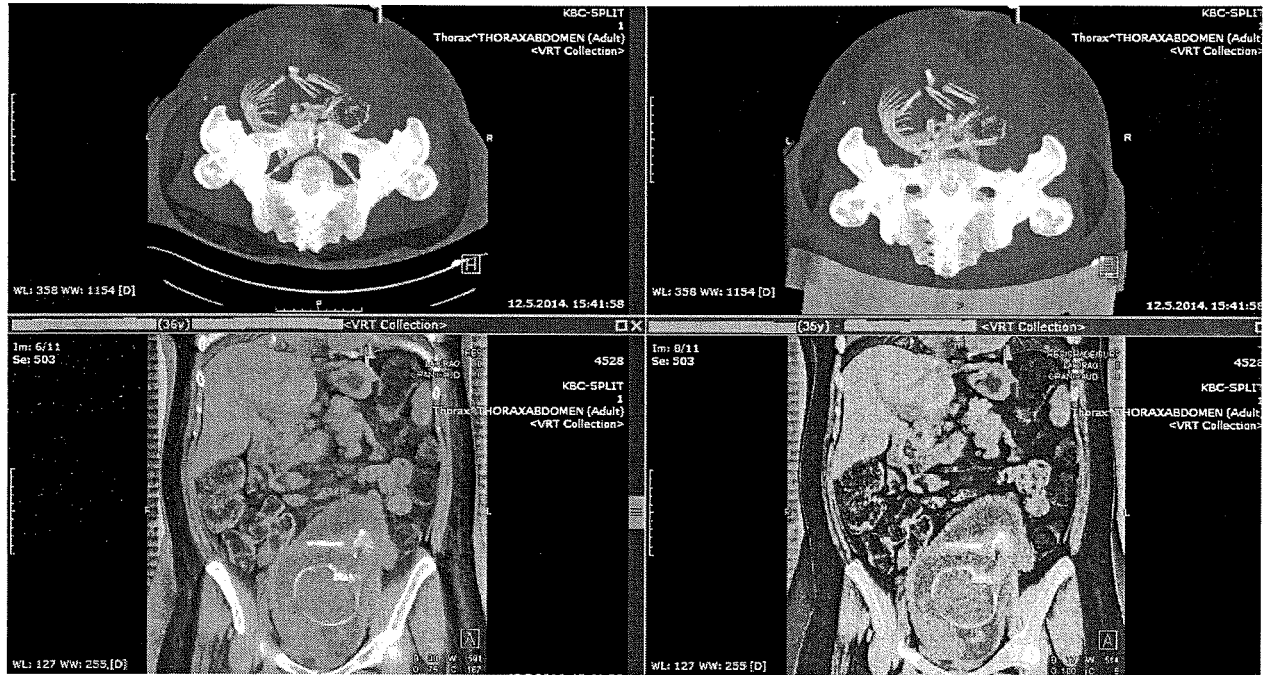
U današnje vrijeme sve je više u upotrebi niskodozni multidetektorski CT sa visokom točnošću (95% osjetljivost i 98% specifičnost) za otkrivanje kamenaca u općoj populaciji te je on smanjio korištenje CT-a starijih generacija za trbušnu i zdjeličnu patologiju.

CT fokusira kolimirani snop rendgenskih zraka na dio tijela koji je od dijagnostičkog interesa. Kada fetus nije u vidnom polju, fetalna doza zračenja je zanemariva. Fetalna doza za CT glave je 0 mGy, a za CT prsnog koša je 0,2 mGy ili manje, ovisno o tromjesečju trudnoće.

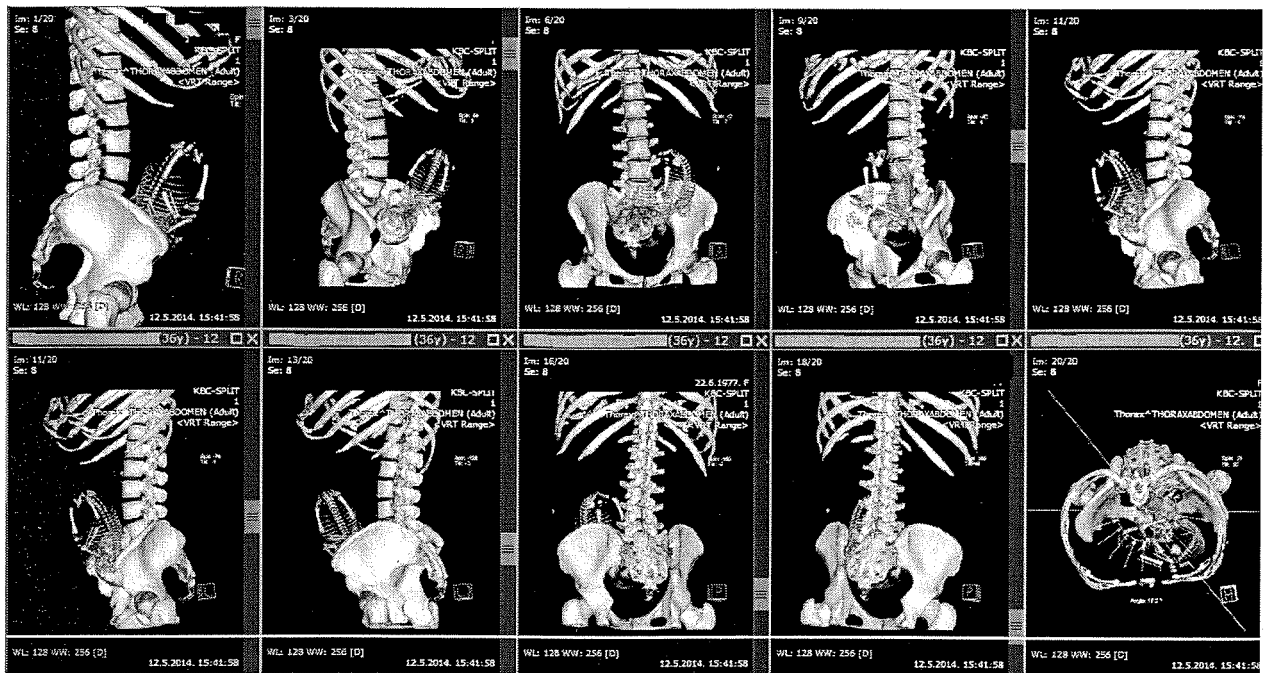
Zaštita maternice malo smanjuje dozu zračenja na fetus za CT, ali se često radi zbog osiguranja. Zabrinutost zbog štetnog djelovanja rendgenskih zraka CT-a na fetus smatra se opravdanom samo za one pretrage gdje je gravidna maternica u vidnom polju. Tipična fetalna doza zračenja za rutinske pretrage CT trbuha i zdjelice je 25 mGy. Moderni CT skeneri koji koriste automatsku kontrolu doze imaju fetalnu dozu koja iznosi oko 13 mGy. Niskodozni CT protokoli rezultiraju dozama reda veličine 10 do 11 mGy.

# KLINIČKI PRIMJER PRIMJENE LOW-DOSE MSCT-a

Slika 8.



Slika 9.



**Slike 8. i 9.** MSCT toraksa primjenom “low- dose“ protokola. Pacijentica je u 28. tjednu trudnoće, plućni parenhim je urednih denziteta, ne vidi se pleuralni izljev te nema krvarenja u medijastinumu (na što se u početku sumnjalo). Također, MSCT abdomena i zdjelice pokazuje da je jetra hipodenzna u smislu masne infiltracije, uterus je u 28. tjednu trudnoće, ne vidi se intra- ni ekstrapertonealnog krvarenja, a u prikazanom području ne vidi se slobodne tekućine. Koštani dio fetusa se izvrsno prikazuje VRT tehnikom (engl. *Volume Rendering Technique* – prikaz volumne površine objekta snimanja), prikazanoj na slici 9.

Izvor slike: KBC Split ( arhiva)

**TABLICA 5.:** Usporedba najznačajnijih karakteristika CT-a, MRI te UZV-a

|  | <b>CT</b>  | <b>MRI</b>  | <b>UZV</b>  |
|--|--|---|---|
| <b>Trošak</b>  | Skupa pretraga   | Najskuplja pretraga   | Najjeftinija pretraga   |
| <b>Vrijeme skeniranja</b>                                | 10-45 min  | Najduže traje   | Najkraće traje  |
| <b>Dostupnost</b>  | Većina velikih bolnica ga ima  | Zbog cijene ga imaju samo specijalizirane bolnice   | Široko dostupan   |
| <b>Ionizirajuće zračenje-mogućnost razvoja karcinoma</b> | Da   | Ne  | Ne  |
| <b>Kontrastna sredstva</b>                               | Nefrotoksična ks i česte reakcije na jodne pripravke                           | Uobičajeno kontrastno sredstvo Gadolinij za sada nema dokazanu štetnost   | Ne koriste se u pretrazi  |
| <b>Kontrast i detalji na slici</b>                       | Spiralni CT daje veoma detaljne slike- ali ne dobro kao MRI                    | MRI ima bolju detekciju i deskriptivnu moć od CT-a. Daje izuzetnu kontrastnost slike koja može otkriti brojne razlike u tkivima različite histologije | Detalji nisu prednost UZV pretrage ali razvoj 3D tehnike polako sustiže druge tehnike |
| <b>Kontraindikacije</b>                                  | <b><i>Trudnoća</i></b> – samo u slučajevima vitalnih indikacija za pacijenticu | Pacijenti koji imaju metalne implantate kao što su: pacemaker, klipse, aneurizmatске klipse, umjetni srčani zalisci, vaskularni stentovi              | Za sada nema dokazanih kontraindikacija   |

## **7.4. Fluoroskopija**

Trudne pacijentice mogu povremeno biti upućene na hitni prijem sa simptomima koji zahtijevaju fluoroskopski vođene postupke, kao što su primjerice periferni intravenski centralni kateter, vanjski kateter, nefrostomska cjevčica, i slično. Metoda donosi višestruku dozu zračenja te se stoga izbjegava u trudnoći.

## **8. Kontrastna sredstva u trudnoći**

Primjena kontrastnih sredstava kod trudnih pacijentica još je uvijek predmetom brojnih rasprava. Naime, do sada nisu provedena dobro kontrolirana ispitivanja kod primjene oralnog kontrastnog sredstva, intravenskog jodnog te intravenskog kontrasta gadolinija u trudnoći. Oralna kontrastna sredstva ne smatraju se štetnim za trudne pacijentice ako se daje intraluminalno. Štoviše, intraluminalni barij se može ponašati kao unutrašnji štit.

Intravenska jodna kontrastna sredstva u uobičajenim kliničkim pretragama dokazano prolaze kroz placentu i dopiru do fetusa te posljedično dolazi do rizika od oštećenja štitnjače fetusa zbog zadržavanja joda. Međutim, IN VIVO testovi u kojima se IV jodno kontrastno sredstvo primjenjuje kod životinja ne pokazuju nikakve mutagene ili teratogene učinke sa niskoosmolalnim kontrastnim medijem. Ipak, preporuča se provjera funkcije štitnjače par dana nakon rođenja bebe čija je majka primala kontrast tijekom trudnoće.

### **8.1. Upotreba intravenski apliciranog jodnog kontrastnog sredstva u trudnoći**

Fetus je direktno izložen jodnom kontrastnom sredstvu jer čestice kontrasta prolaze kroz placentu. Potencijalno može biti opasno oštećenje funkcije štitnjače koja je izložena slobodnom jodu. Međutim, vjerojatnije je da je štitnjača fetusa izložena slobodnom jodu prekratko vrijeme iako za navedenu činjenicu još nema dokazanih studija. Ako je majka primila bilo koje jodno kontrastno sredstvo, štitnjača njezine bebe treba biti pregledana u prvom tjednu života, što je već postalo standardnom rutinom u Sjedinjenim Američkim Državama za svu novorođenčad koja je prenatalno bila izložena jodnom kontrastnom sredstvu.

Radioaktivni jod lako prelazi placentu i može negativno utjecati na fetalnu štitnjaču, osobito ako se koristi nakon 10-12 tjedana trudnoće. Radioaktivni izotopi joda koji se koriste za liječenje hipertireoze kontraindicirani su tijekom trudnoće, a takvo liječenje treba odgoditi do

poslije poroda. Ako je dijagnostički pregled štitnjače bitan, <sup>123</sup>I ili Tehnecij Tc <sup>99m</sup> treba koristiti umjesto <sup>131</sup>I.

## **8.2. Upotreba IV paramagnetskog sredstva gadolinija kod MR pretrage u trudnoći**

Studije provedene na životinjama pokazale su potencijalne toksične učinke gadolinija na fetus. Poremećaj u rastu i razvoju i kongenitalne anomalije su promatrane u slučajevima primjene gadolinija na životinje kada je doza kontrasta bila 2 do 7 puta veća od one primjenjene kod ljudi. Gadopentat dimeglumin, poznatiji kao kontrastno sredstvo „Magnevist“ se koristi kod trudnih pacijentica, između ostalog i za kliničke svrhe. Prema dosadašnjim spoznajama, nema poznatog učinka Magnevista na ljudski fetus. Vrlo je bitna procjena omjera prednosti pretrage i potencijalnog rizika kojeg ona donosi. Rizik je naime, teoretski, \* ali i potencijalno stvarni jer je fetus izložen slobodnim gadolinijskim ionima.

\*Rizik od primanja gadolinija je taj da se njegovi kelati mogu akumulirati u amnionskoj tekućini i s vremenom disociirati, pritom otpuštajući toksični slobodni gadolinijski ion, nesigurnog kliničkog značenja.

## **8.3. Upotreba IV kontrastnog sredstva tijekom laktacije**

Razina jednog ili gadolinijskog kontrastnog sredstva u neonatalnoj cirkulaciji iz dojenja nakon što je dojilja primila neko od spomenutih kontrastnih sredstava je veoma niska. Rizik zbog navedene niske ekspozicije nije dovoljan da opravda prestanak dojenja slijedeća 24-48 sata. Zaključno, dojenje se može nastaviti uobičajeno nakon primjene intravenskog kontrasta kod pacijentice dojilje.

Ako je pacijentica u trudnoći primorana obaviti neku radiološku pretragu, prvi izbor treba biti ona pretraga koja nema ionizacijsko zračenje, dakle ultrazvuk ili magnetska rezonanca.

Zatim, ako spomenute dvije pretrage nisu dostatne za dijagnozu, treba se radijacijsku dozu smanjiti što je više moguće radi potencijalnog štetnog učinka na fetus.

## **8.4. Alergija na kontrast**

Trudnoća je relativna kontraindikacija za izvođenje CT-a, pogotovo u prvom tromjesečju kada zračenje može izazvati oštećenje ploda. Tada se pregled obavlja samo u slučaju vitalnih indikacija za trudnicu uz obvezno provođenje mjera zaštite, ukoliko je to moguće (primjerice, ako se radi CT mozga trudnici se obuče olovna pregača, čime se zaštiti plod). Alergija na

kontrast je također kontraindikacija, ali u slučaju potrebe može se uraditi postepena desenzibilizacija\* (premedikacija) određenim lijekovima. Alergije na nove generacije kontrasta su rijetke. Stanja smanjene bubrežne funkcije zahtijevaju dodatni oprez, pa se pacijentima kojima se daje intravenski kontrast uvijek traži nalaz uree i kreatinina.

\*Liječenje alergijskih bolesti davanjem rastućih doza alergena.

Jedan radiološki dijagnostički pregled obavljen u trudnoći ne predstavlja opasnost za fetus i razvoj ploda te nije indikacija za pobačaj zbog zanemarive doze zračenja. Međutim, kada pacijentica obavi nekoliko pretraga povezanih sa ionizirajućim zračenjem, treba procijeniti mogući rizik za plod. Nadalje, poželjno je konzultirati stručnjaka za dozimetriju kako bi se izračunala fetalna doza. Primjena radioaktivnih izotopa joda je kontraindicirana za terapijsku primjenu doze. Ostala radioopućna i paramagnetska kontrastna sredstva nisu proučena kod ljudi, ali životinjske studije pokazuju da navedena sredstva ne predstavljaju rizik za ljudski fetus. Iako tehnike oslikavanja koje koriste spomenuta sredstva mogu biti dijagnostički korisne, te tehnike treba koristiti tijekom trudnoće samo ako moguća korist opravdava mogući rizik za fetus.

## **9. Pisani pristanak**

Poželjno je svaku trudnicu na početku obavijestiti o mogućim rizicima i benefitu svake pretrage koja joj predstoji, te zatim dobiti njen potpisani pristanak kojim potvrđuje da je upoznata sa navedenim činjenicama i da pristaje na izvođenje pretrage.

Rendgensko snimanje u trudnoći je dopušteno samo u vitalnim indikacijama, a odgovornost za takvu indikaciju preuzima liječnik koji vodi trudnicu te radiolog koji izvršava traženi pregled. Radiolog je dužan odbiti pretragu za koju procjeni da je neopravdana, a uključuje ionizirajuće zračenje ili pak zamijeniti traženu metodu s onom koja ne koristi ionizirajuće zračenje.

## **10. Fetalna dozimetrija**

U nekim institucijama medicinski fizičar je u većini slučajeva pozvan od strane radiologa kako bi procijenio eventualnu dozu zračenja za fetus. Ako je pacijentica podvrgnuta skeniranju glave ili je u prva dva tjedna trudnoće, takva procjena nije potrebna.

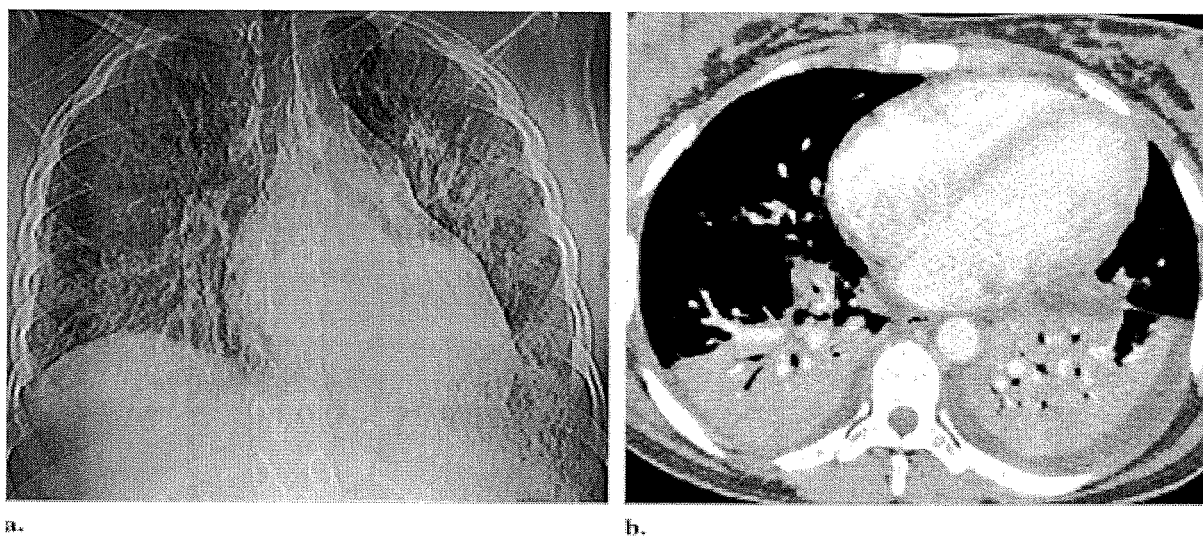
Fetus će biti izložen beznačajnom rasapu zračenja kada se pretraga izvodi u području glave; u prva 2 tjedna nakon začeća, postoji rizik sve-ili-ništa, odnosno doći će ili do spontanog pobačaja ili normalnog razvoja. U institucijama bez medicinskog fizičara, preporuča se korištenje termoluminiscentnog dozimetra (TLD) da bi se odredila doza na površini pacijenta. Procjenjuje se da fetalna doza iznosi oko jedne trećine od ulazne doze za prosječnog pacijenta. Ako je procijenjena doza 50 mGy ili više, prije daljnjih pretraga potreban je fizičar u timu za izračun doze fetusa.

## 11. PATOLOŠKA STANJA U TRUDNOĆI

### 11.1. Oslikavanje trudne pacijentice u plućnoj emboliji

Trudne pacijentice imaju 5x veći rizik od venske tromboembolije u odnosu na pacijentice koje nisu trudne. Razlog tome može biti usporen protok krvi u venama koji se javlja u trudnoći, te hiperkoagulacijsko stanje povezano sa trudnoćom. Plućna embolija donosi visoku smrtnost u trudnoći (15%), a terapija sa antikoagulacijskim sredstvima je također povezana sa smrću majke ili fetusa.

Trudnica sa dijagnosticiranom plućnom embolijom treba razmisliti o profilaktičkoj antikoagulacijskoj terapiji u budućim trudnoćama te treba izbjegavati oralna kontracepcijska sredstva. Dakle, vrlo je bitno potvrditi ili isključiti dijagnozu plućne embolije u trudnoći ako za nju postoji klinička sumnja. Nažalost, klinički simptomi su nespecifični, što je također slučaj i kod pacijentica koje nisu trudne. Također, vrijednost D-dimera ne može služiti za procjenu venske tromboembolije kao u ne-trudničkoj populaciji, jer je u trudnoći normalan fiziološki porast vrijednosti D dimera.



**Slika 10.** 25.- godišnja trudnica sa akutnom boli u prsima. Rtg snimka pluća (a) prikazuje patološke promjene u području lijeve baze sa kliničkom sumnjom na plućnu emboliju. Međutim, CT angiografija plućne arterije (b) nije pokazala postojanje plućne embolije.

IZVOR SLIKE:

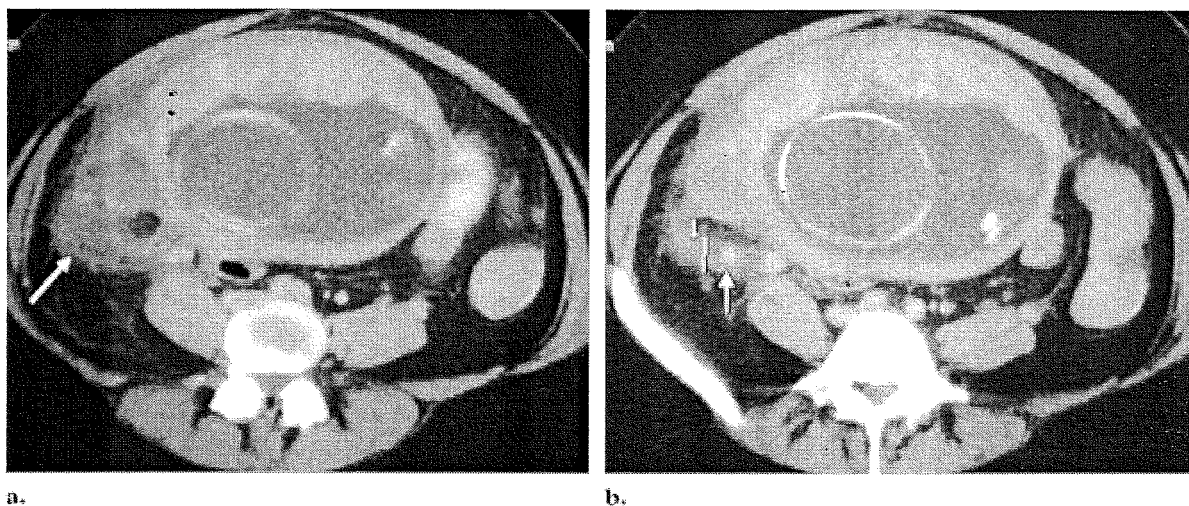
Scarsbrook AF, Evans AL, Owen AR, Gleeson FV. Diagnosis of suspected venous thromboembolic disease in pregnancy. Clin Radiol 2006;61: 1–12.



## 11.2. Akutna upala slijepog crijeva

Predstavlja najčešći uzrok hitne operacije tijekom trudnoće. Upala slijepog crijeva u trudnoći je povezana s prijevremenim porodom, fetalnim mortalitetom i morbiditetom i višom stopom perforacije (43% u odnosu na 4% -19% u općoj populaciji). Normalno, fiziološke i anatomske promjene u trudnoći smanjuju kliničke znakove koji ukazuju na dijagnozu slijepog crijeva (primjerice odsutnost boli u donjem desnom kvadrantu trbuha i prisutnost mučnina, povraćanje i leukocitoza u normalnoj trudnoći).

Kašnjenje u dijagnozi upale slijepog crijeva u nekih trudnica pridonosi većem riziku od perforacije. Kirurgija je tretman izbora, ali nije bez rizika. Postoje dokazi o prijevremenom porođaju, fetalnom gubitku, te smanjenoj porođajnoj težini, iako sa smanjenjem učestalosti tijekom godina.

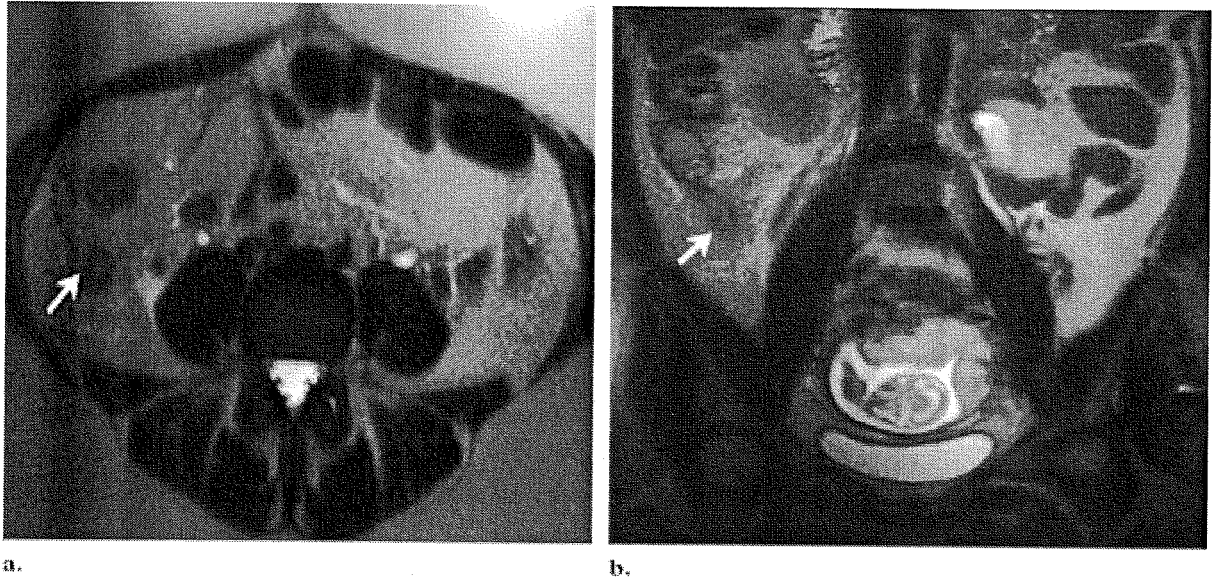


**Slika 11.** Akutna upala slijepog crijeva kod 21.-godišnje pacijentice u 23. tjednu trudnoće.

Aksijalni CT prikaz sa primjenom IV i oralnog kontrasta, (a) i (b) sa prikazom upalnih promjena u području apendiksa (a) i kalcifikatom unutar proširenog lumena istog (b), strjelica. Pacijentica je podvrgnuta kirurškoj operaciji.

IZVOR SLIKE:

Lazarus E, Mayo-Smith WW, Mainiero MB, Spencer PK. CT in the evaluation of nontraumatic abdominal pain in pregnant women. *Radiology* 2007;244:784–790.



**Slika 12.:** Akutna upala slijepog crijeva u trudnice koja trpi bol u desnom donjem kvadrantu trbuha. Aksijalni (a) i koronarni (b) presjek u T2WI sekvenci prikazuje proširen apendiks, sa zadebljalim rubovima te upalnim promjenama u okolnom masnom tkivu.

IZVOR SLIKE:

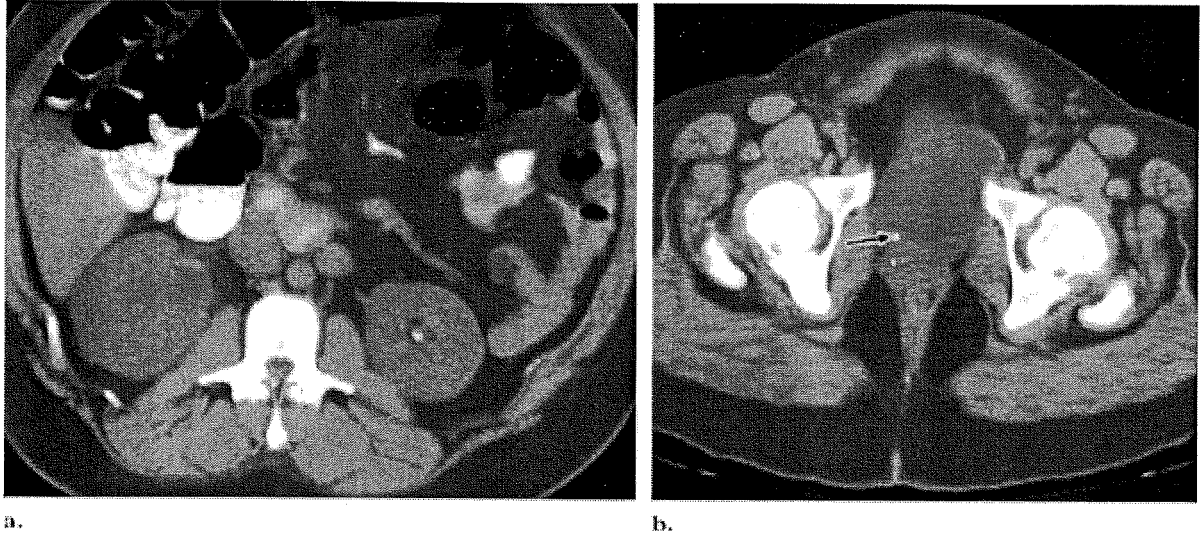
(Glenn Krinsky, MD, Valley Hospital, Ridgewood, NJ.)

### 11.3. Urolitijaza

Urolitijaza, odnosno pojava kamenaca u bilo kojem dijelu mokraćnog sustava, predstavlja najčešće patološko stanje i razlog hospitalizacije u trudnoći. U nizu trudnih pacijentica s bubrežnim kolikama, 28% bolesnica s boli u trbuhu je imalo neispravnu dijagnozu na temelju kliničke procjene, što ograničava mogućnosti kliničke dijagnoze. Ove dijagnoze uključuju upalu slijepog crijeva, divertikulitis i uništenje placente.

Normalne fiziološke promjene koje se javljaju tijekom trudnoće mogu oponašati patološka stanja, dodatno ograničavajući postavljanje točnih dijagnoza (npr. fiziološka dilatacija mokraćnog sustava u odnosu na pravu hidronefrozu).

Srećom, oko 70% -80% slučajeva pojave kamenaca u mokraćnom sustavu u trudnoći prođe spontano. Međutim, ako je postavljena pogrešna dijagnoza ili se provodi neodgovarajuća terapija, urolitijazu može zakomplicirati pijelonefritis i preuranjeni trudovi inducirani od strane bubrežnih kolika, sa ili bez koegzistirajućih infekcija.



**Slika 13.** Urolitijaza u pacijentice u trećem tromjesečju trudnoće. (a) Aksijalni CT prikaz abdomena, uz upotrebu peroralnog kontrastnog sredstva, prikazuje desno umjerenu hidronefroziju sa blagim peripelvičnim upalnim promjenama. (b) Aksijalni prikaz zdjelice prikazuje punktiformni konkrement u desnom ureterovezikalnom spoju. (strjelica)

Izvor slike:

Stothers L, Lee LM. Renal colic in pregnancy. *J Urol* 1992;148:1383–1387.

## 11.4. Trauma

Trauma je vodeći ne-obstetrički uzrok smrti majki. Oko 6% -7% trudnica doživi nekakvu traumu, i to najčešće u sudaru motornim vozilom. Fiziološke promjene tijekom trudnoće mogu prekriti ozbiljnost ozljede. Fetalna smrt može nastupiti prilikom manjih i većih trauma. Istraživanja o stopi smrtnosti fetusa nakon tupih trauma pokazuju rezultat koji se kreće od 3,4% do 38%, sekundarni uzroci su oštećenja majčine posteljice, majčina smrt, ili udarci zadobiveni u prometnoj nesreći. Na taj način, nakon što trudna osoba doživi traumu, potrebno je hitno i brzo intervenirati. Zabrinutost oko doze zračenja za fetus ne treba odvratiti niti odgoditi radiološke pretrage.

Trudna pacijentica s tupim ozljedama trbušne šupljine te ona koja je u nesvjesnom stanju predstavljaju najveću dilemu za obavljanje radiološke pretrage. Međutim, svaku pretragu koja ne uključuje izravnu izloženost fetusa zračenju (npr CT glave ili prsiju) treba u hitnoći provesti jer primarno ne ugrožava fetus.

### **11.4.1 Procjena stanja fetusa kod traume majke**

Kad se majčino stanje stabilizira, trebao bi se brzo izvesti UZV pregled za procjenu otkucaja bebinog srca i posteljice (položaj i aberacija). Ako je fetus živ, treba osigurati kontinuirano elektroničko praćenje njegovih vitalnih funkcija.

U idealnom slučaju, majka i dijete trebali bi biti kontinuirano praćeni od strane odgovarajućeg medicinskog osoblja, kada se nalaze na odjelu radiologije. Pacijenticu koja se nalazi u trećem tromjesečju trebalo bi smjestiti u lijevi bočni položaj što je više moguće kako bi se izbjegla moguća opstrukcija vene cave.

## **12. Nuklearna medicina u trudnoći**

Nuklearna medicina koristi radiofarmake, tj. obilježene radioaktivne farmaceutske pripravke u dijagnostičke i terapijske svrhe. Za mnoge dijagnostičke pretrage koriste se radionuklidi kratkog vremena poluraspada (npr.  $^{99m}\text{Tc}$ ) koji ne uzrokuju veliku dozu na fetus. Za radionuklide koji ne prelaze placentu, doprinos fetalnoj dozi daje zaostala radioaktivnost u tijelu majke. Također, postoje radiofarmaci (npr. radionuklidi joda) koji prolaze kroz placentu, koncentriraju se u specifičnim organima ili tkivima i mogu izazvati znatan rizik za fetus.

### **12.1. Prije aplikacije radiofarmaceutika**

Kod žena u fertilnoj dobi nadležni liječnik treba pažljivo razmotriti mogućnost trudnoće i opravdanost pretrage. Prije početka svake nuklearnomedicinske dijagnostičke pretrage treba usmeno provjeriti je li pacijentica trudna ili ne. Ukoliko je pacijentica trudna ili postoji mogućnost trudnoće, nadležni liječnik je dužan procijeniti stanje i informirati pacijenticu o samoj proceduri i eventualnom riziku kako bi mogla odlučiti hoće li dati pisani pristanak za provedbu pretrage.

Kada je nuklearnomedicinska dijagnostička pretraga indicirana trudnici zbog njenog zdravstvenog stanja koje zahtijeva hitnu terapiju, onda je rizik od majčinog ne-obavljanja dane pretrage veći od radijacijskog rizika za fetus. Niti jedna dijagnostička pretraga u nuklearnoj medicini ne dovodi do doze na fetus od 100 mGy te prekid trudnoće nije indiciran.

| Radio-farmaceutik | Procedura                       | Aplicirani aktivitet (MBq) | Rana trudnoća (mGy) | Deveti mjesec (mGy) |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|
| <sup>99m</sup> Tc | Pregled kostiju (fosfat)        | 750                        | 4,6–4,7             | 1,8                 |
| <sup>99m</sup> Tc | Perfuzija pluća (MAA)           | 200                        | 0,4–0,6             | 0,8                 |
| <sup>99m</sup> Tc | Ventilacija pluća (aerosol)     | 40                         | 0,1–0,3             | 0,1                 |
| <sup>99m</sup> Tc | Pregled štitnjače (pertehnetat) | 400                        | 3,2–4,4             | 3,7                 |
| <sup>99m</sup> Tc | Crvena krvna zrnca              | 930                        | 3,6–6,0             | 2,5                 |
| <sup>99m</sup> Tc | Scintigrafija jetre             | 300                        | 0,5–0,6             | 1,1                 |
| <sup>99m</sup> Tc | Dinamička scintigrafija bubrega | 750                        | 5,9–9,0             | 3,5                 |
| <sup>67</sup> Ga  | Apsces/tumor <sup>1</sup>       | 190                        | 14–18               | 25                  |
| <sup>123</sup> I  | Uptake štitnjače <sup>1</sup>   | 30                         | 0,4–0,6             | 0,3                 |
| <sup>131</sup> I  | Uptake štitnjače <sup>1</sup>   | 0,55                       | 0,03–0,04           | 0,15                |
| <sup>131</sup> I  | Metastaze                       | 40                         | 2,0–2,9             | 11                  |

<sup>1</sup> Doza na štitnjaču fetusa je daleko veća od doze na fetus, npr. 5–15 mGy/MBq za <sup>123</sup>I i 0,5–1,1 mGy/MBq za <sup>131</sup>I

**TABLICA 6.** Doze za fetus kod uobičajenih pretraga u nuklearnoj medicini u ranoj trudnoći i u 9. mjesecu

Izvor slike: Vodič za zaštitu od zračenja kod medicinske ekspozicije trudnica i dojilja

Preporučene mjere opreza u svrhu preveniranja ili svođenja na najmanju moguću mjeru izlaganja fetusa zračenju su sljedeće:

- Svaka pacijentica se mora pitati je li trudna i postoji li sumnja na trudnoću.
- Posebnu pažnju treba posvetiti mogućnosti adolescentne trudnoće.
- Preporuča se u čekaonici i na recepciji na vidnom mjestu postaviti natpise na kojima će biti navedeno da pacijentice prijave nadležnom liječniku da su trudne ili misle da su trudne.

Mnoge pacijentice pogrešno pretpostavljaju da izlaganje zračenju u nuklearnoj medicini počinje u istom trenutku kada i snimanje gama kamerom. Vrlo često pacijentice ne spomenu mogućnost trudnoće do tog trenutka. Zato je prije svake aplikacije radiofarmaka, tj. trenutka kada radioaktivna tvar uđe u organizam, potrebno provjeriti mogućnost postojanja trudnoće kod žena u fertilnoj dobi.

Ako se radi o aplikaciji terapijskih ili ne-tehnezijskih radiofarmaka, može se zatražiti i test na trudnoću. Test na trudnoću je indiciran osobito prije skeniranja visokom dozom <sup>131</sup>I ili prije terapije radiofarmacima. Osim toga, jako je važno da pacijentice koje doje informiraju nadležnog liječnika o tome kako bi dobile točne upute je li i koliko dugo je potrebno prekinuti dojenje zbog potencijalnog izlaganja dojenčeta zračenju.

Prekid dojenja na nekoliko sati i izdavanje mlijeka se obično preporučuje kod aplikacije preparata tehnezijskih (4–12 sati nakon aplikacije). Prekid od najmanje 3 tjedna nakon aplikacije,

što obično podrazumijeva prekid dojenja, preporučuje se poslije aplikacije radiofarmaka obilježenih  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{67}\text{Ga}$  ili  $^{201}\text{Tl}$ . Potpuni prekid dojenja se preporučuje za sve pacijentice nakon aplikacije spojeva obilježenih  $^{131}\text{I}$  i  $^{125}\text{I}$ .

## 12.2. Tijekom pregleda

S obzirom da se radionuklidi u tijelu majke zadržavaju određeno vrijeme i doprinose fetalnoj dozi, doza na fetus se može smanjiti poticanjem hidracije i učestalim mokrenjem. Ozračivanje fetusa nastaje ili prodorom kroz placentu i širenjem radiofarmaka po fetusu ili vanjskim ozračivanjem preko organa iz majčinog tijela. Fizikalne, kemijske i biološke osobine radiofarmaka su ključne u prodoru radiofarmaka kroz placentu.

Neki od radiofarmaka lako prolaze kroz placentu, npr. spojevi joda, i zadržavaju se u tkivu štitnjače fetusa gdje mogu izazvati veće štete plodu. Osim toga, izlučuju se putem mlijeka, te je preporuka potpuni prestanak dojenja nakon aplikacije radioaktivnog izotopa joda. Ukoliko se trudnoća ne otkrije na vrijeme, a pacijentica ipak primi radioaktivni izotop joda, ukupna fetalna doza može se smanjiti bilo poticanjem hidracije i učestalim mokrenjem (smanjuje se vanjsko zračenje ploda iz mokraćnog mjehura), bilo primjenom kalij jodida (KI) u prvih 12 sati od primanja radiofarmaka (KI parcijalno blokira štitnjaču fetusa i tako smanjuje dozu).

Smanjenje doze je moguće smanjenjem aktivnosti radionuklida uz podešavanje drugih parametara snimanja kako bi se očuvala kvaliteta snimka.

Tipičan primjer je ventilacijsko-perfuzijski scintigram u cilju dijagnosticiranja plućne embolije kod trudnice. Uobičajeno se prvo pacijenticama izvodi ventilacijska studija, pa zatim perfuzijska studija. U slučaju trudnica prvo treba obaviti perfuzijski scintigram uz snižavanje aktivnosti radiofarmaceutika, i ako je scintigrafski nalaz negativan, nije ni potrebno raditi ventilacijski scintigram.

## 12.3. Nakon dijagnostičkog ili terapijskog postupka

Nakon dijagnostičkih pretraga koje uključuju aplikaciju  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , obično nije potrebno izvršiti procjenu doze na fetus. U slučaju da je apliciran radiojod ili galij, a nije se znalo da je pacijentica trudna, treba pažljivo izvršiti proračun doze na fetus i informirati pacijenticu o potencijalnom riziku.

Preporuka ICRP-a je da žena ne ostaje u drugom stanju nakon pretrage ili terapije sve dok potencijalna doza na fetus od zaostalih radiofarmaceutika ne padne ispod 1 mGy. Ova preporuka obično vrijedi nakon terapijskih doza  $^{131}\text{I}$  ili za radiofarmaceutike obilježene sa  $^{59}\text{Fe}$  ili  $^{75}\text{Se}$  zbog duljine vremena poluraspada i njihovog zadržavanja u tijelu pacijenata. Osim navedenog, pacijenticama koje su primile terapijske doze  $^{131}\text{I}$  se preporučuje da ne ostanu trudne najmanje 6 mjeseci nakon tretmana, da bi se osiguralo da je došlo do kontrole hipertireodizma ili raka, tj. da bi se osiguralo da neće biti potreban novi terapijski tretman radiojodom dok je pacijentica trudna.

Poslije pretrage ili terapije pacijent je izvor zračenja, pa se mora obratiti pažnja na moguću kontaminaciju ili izlaganje članova obitelji vanjskom zračenju.

Doze od vanjskog zračenja na 1 m od pacijenta iznose 0,05–0,1 mGy za dijagnostičke pretrage, a 1,3–6,8 mGy za terapijske procedure. Mjere predostrožnosti za trudnice u obitelji (držanje na što većoj udaljenosti od pacijenta i izbjegavanje kontaminacije) naročito su značajne ako su u pitanju terapijske procedure.

## **13. Radioterapija u trudnoći**

Kod trudnica tumor smješten izvan male zdjelice može se liječiti radioterapijom i takva terapija zahtijeva vrlo pažljivo planiranje (optimizacija – druga preporuka ICRP-a). No, tumori smješteni u maloj zdjelici ne mogu se tretirati visokodoznim zračenjem, a da ne uzrokuju velika, pa i smrtonosna oštećenja ploda. Činjenica je da je omjer korist/rizik znatno na strani majke, pa je u ovim slučajevima pobačaj često indiciran.

### **13.1. Prije terapije**

Potrebno je utvrditi je li pacijentica trudna ili ne. Ako je odgovor potvrđan, odluka da li provesti tretman mora biti donesena zajednički od strane pacijentice, supruga, radijacijskog onkologa, psihologa, kirurga, ginekologa, a moraju se uzeti u razmatranje i: stadij i agresivnost tumora, potencijalni hormonalni učinci trudnoće na tumor, alternativne terapije, njihova duljina trajanja, učinkovitost i komplikacije, mogućnost odgode terapije, stadij trudnoće, prijevremeni porod, monitoring, prekid trudnoće, te pravna i moralna načela.

### **13.2. Tijekom terapije**

Teleterapija na polje izvan zdjelice se može provesti, ali traži preciznu procjenu doze na fetus i eventualno dodatnu zaštitu. Ako je indicirana radioterapija, dozu na fetus mora procijeniti specijalist medicinske fizike prije početka tretmana. Najvažniji činitelj za procjenu doze na fetus je udaljenost fetusa od ruba radijacijskog polja (ne od centra).

### **13.3. Nakon terapije**

Mora se napraviti detaljno izvješće o primijenjenoj tehnici i dozi koju je primio plod. Takva izvješća bi se trebala čuvati do punoljetnosti djeteta. Preporuka radijacijskog onkologa da pacijentica koja je prošla radioterapijski tretman ne zatrudni 1–2 godine nije povezana sa štetnim učincima radioterapije, nego zbog praktične potrebe da se vidi (pozitivni) učinak terapije, te ukloni rizik od trudnoće ukoliko dođe do relapsa bolesti i potrebe za reoperacijom i dodatnom kemo i/ili radioterapijom.

## 14. Smjernice za obavljanje RTG pretraga tijekom trudnoće:

1. Svaka trudna žena prije pretrage treba biti obaviještena da obavljanje jednog dijagnostičkog RTG pregleda ne rezultira štetnim učinkom za fetus. Dakle, izloženost zračenju manjem od 5 mGy nije povezano s povećanjem fetalnih anomalija ili pobačaja.
2. Briga o mogućim štetnim učincima ionizirajućeg zračenja ne smije spriječiti medicinski opravdane dijagnostičke RTG postupke u trudnica. Tijekom trudnoće, druge slikovne pretrage koje nisu povezane sa ionizirajućim zračenjem (npr. ultrazvuk, MRI) treba uzeti u obzir, umjesto klasičnih radioloških pretraga, ukoliko su potrebne.
3. Ultrazvuk i MRI nisu povezani s poznatim štetnim učincima na fetus.
4. Savjetovanje sa stručnjakom za izračun fetalne dozimetrije je poželjno kada trudna pacijentica obavi više dijagnostičkih pretraga koje uključuju X-zračenje.
5. Uporaba radioaktivnih izotopa joda kontraindicirana je za terapijsku upotrebu za vrijeme trudnoće.
6. RTG paramagnetska kontrastna sredstva su korisna za dijagnozu, ali potencijalno mogu uzrokovati štetne učinke, stoga ta sredstva treba koristiti tijekom trudnoće samo ako moguća korist opravdava mogući rizik za fetus.

Kritična doza zračenja za pobačaj: svjetska iskustva ukazuju na dozu od **50 mGy** kao dozu ozračenja fetusa kod koje se još ne savjetuje arteficialni pobačaj. Međutim, veći broj u svijetu relevantnih stručnjaka tu „graničnu“ dozu pomiče na **100 mGy**. Dužnost je radiologa i radiološkog tehnologa savjetovati trudnicu koja je izložena većim dozama zračenja koje bi mogle uzrokovati oštećenje ploda. Dijagnostičke pretrage trudnica koje mogu ozračiti fetus dozama koje su rizične za normalni razvoj fetusa su: **irigografija, IV urografija, pregled gastroduodenuma, CT male zdjelice i abdomena te angiografija**. Kad je ozračenje fetusa dozama ispod 50 mGy trudnica može biti posve mirna glede razvoja fetusa!

## 15. Stomatološke radiološke pretrage u trudnoći

U trudnoći je dozvoljeno popravljati zubi bez opasnosti za plod uslijed vibracija, anestezije i ostalih postupaka. Kao mjera opreza dobro je ne postavljati amalgamske ispune (plombe) zbog opasnosti od žive. Ta opasnost je minimalna, ali obzirom da se radi o plodu dobro je postaviti kompozitne (bije)le) ispune ili privremene ispune koje se zamijene amalgamom nakon poroda. Ono što nije dozvoljeno u trudnoći je primjena nekih lijekova za kontrolu boli (acetilsalicilata - aspirina) i nekih antibiotika.

Trudnoća ne predstavlja kontraindikaciju kako za popravak zuba tako i za vađenje zuba. Zapravo, u toku trudnoće, jedino se ne smiju snimati zubi (osim ako je stvarno neophodno, ali se i tada koriste mjere zaštite) dok se sve druge intervencije mogu vršiti bez problema (popravci, endodontsko liječenje, protetika, ortodoncija, čišćenje kamenca i sl.). U trudnoći



bi, baš naprotiv, trebalo i češće ići na kontrole kod zubara jer je poznato da su zubi u tom periodu "lošijeg" kvaliteta (razlog tome je što je za normalan bebin razvoj neophodan kalcij koji ona uzima iz majčinih zubi i kostiju).

## **16. Najčešća pitanja trudnica prilikom obavljanja RTG pretraga**

Među svim pacijentima prisutan je strah od ionizirajućih pretraga. Stoga ne čudi činjenica da su trudnice dodatno zabrinute. Svi zaposlenici na RTG odjelu pri susretu s njima susreću se s brojnim pitanjima te ću stoga navesti najčešća od njih i ujedno dati adekvatan odgovor na svako.

### **1. Postoji li "sigurna" razina zračenja za pacijenticu tijekom trudnoće?**

Postavljena granica sigurne doze zračenja ne vrijedi za pacijentovo izlaganje zračenju jer je odluka da trudna pacijentica obavi radiološku pretragu opravdana, ovisno o individualnoj situaciji pacijentice. Kad je odlučeno da je medicinski postupak opravdan, postupak bi trebao biti optimiziran što znači da je potrebna minimalna doza zračenja kako bi se pretraga opravdala u kliničke svrhe. Sigurne granice su određene samo za osoblje, a ne za pacijente.

### **2. Pravilo „10 dana“**

Pravilo „10 DANA“ je doneseno od strane ICRP-a za žene reproduktivne dobi.

Ono navodi da *"kad god je to moguće, treba ograničiti radiološko ispitivanje donjeg dijela trbuha i zdjelice do 10 dana nakon početka menstruacije."*

Izvorni prijedlog bio je 14 dana, ali taj je broj smanjen na 10 dana zbog promjenjivosti menstrualnog ciklusa kod žena. U posljednje vrijeme postoji sve više dokaza da strogo pridržavanje "desetodnevnog pravila" nije toliko potrebno. Naime, broj stanica u tom razdoblju je veoma mali i njihova priroda još nije specijalizirana, učinak oštećenja tih stanica bi najvjerojatnije rezultirao neuspjelom implantacijom, dok su malformacije vrlo rijetke. Organogeneza počinje 3-5 tjedana poslije začeća, što pokazuje da izlaganje zračenju u ranoj trudnoći ne može rezultirati malformacijama.

Glavni rizik je od pobačaja, ako izloženost zračenju rezultira smrću fetusa. To zahtijeva fetalnu dozu veću od 100 mGy. Na temelju toga, predloženo je da se odustane od 10 dana i zamijeni sa 28 dana menstruacijskog ciklusa. To znači da se radiološki pregled, ako je tako opravdano, može provesti tijekom ciklusa dok se razdoblje menstruacije propušta. U takvoj situaciji, bitan je algoritam pretraga odnosno, potrebno je obaviti ostale neinvazivne pretrage te ukoliko one nisu dijagnostički zadovoljavajuće, trudnica se podvrgava opravdanom radiološkom postupku.

### **3. Što ako je pacijentica podvrgnuta CT-u trbuha naknadno saznala da je trudna?**

Ponekad, pacijentica neće biti svjesna svoje trudnoće u vrijeme radiološke pretrage te će, naposljetku biti zabrinuta saznanjem da je ozračena dok je bila trudna. U takvim slučajevima, treba se procijeniti doza zračenja koju je primio fetus, što obavlja za to specijalizirani medicinski fizičar koji se bavi dozimetrijom. Poželjno je da se tada pacijentica bolje savjetuje i upozna sa potencijalnim rizicima za njen fetus. U mnogim slučajevima postoji mali rizik, ako je fetus ozračen u prva 3 tjedna nakon začeća. U nekim slučajevima fetus može biti stariji i primljena doza može biti znatna. Međutim, vrlo je rijetko da je doza dovoljno visoka da je trudnoj pacijentici upitan nastavak trudnoće.

Ako je potrebno izračunati dozu zračenja kako bi se savjetovala pacijentica, treba, ukoliko je to moguće, poznavati sve radiološke čimbenike koji su sudjelovali u pretrazi. Neke pretpostavke mogu biti napravljene pomoću dozimetrije, ali je najbolje koristiti stvarne podatke. Također, trebaju biti određeni datum začeća ili datum zadnje menstruacije.

### **4. Koliko su sigurni radiološki pregledi grudi i ekstremiteta u trudnoći?**

Medicinski opravdane dijagnostičke pretrage koje su udaljene od fetusa (primjerice RTG pretraga grudnog koša ili ekstremiteta) mogu se sigurno obaviti u bilo koje vrijeme tijekom trudnoće, uz obaveznu primjenu zaštitnih mjera kao što su olovne pregače i kolimacija RTG snopa. Uobičajeno, rizik od ne-postavljanja dijagnoze je veći od rizika zračenja.

Ako je pretraga uobičajeno na granici visoke doze zračenja i fetus je u ili blizu RTG snopa, potrebno je voditi računa o smanjenju doze zračenja na najmanju moguću mjeru istodobno uz mogućnost postavljanja dijagnoze.

### **5. Kakav je utjecaj zračenja na maternicu?**

Malo je vjerojatno da će zračenje iz dijagnostičkih radioloških pretraga rezultirati štetnim utjecajem na dijete, ali mogućnost štetnog učinka induciranog zračenjem ne može se u potpunosti isključiti. Učinci izloženosti zračenju na fetus ovise o vremenu izloženosti u odnosu na datum začeća i količini apsorbirane doze.

- Prenatalna doza od najčešćih dijagnostičkih postupaka predstavlja neznajno povećanje rizika od prenatalne smrti, malformacija ili smanjenja mentalnog razvoja u odnosu na učestalost pozadinskog zračenja kojem smo svi svakodnevno izloženi. Veće doze, poput onih koje su uključene u terapijskim postupcima, mogu, međutim, dovesti do značajne štete za fetus.
- Rizici od potencijalno štetnog učinka zračenja su najznačajniji tijekom organogeneze i ranog fetalnog razdoblja, nešto manje u drugom tromjesečju, a najmanje u trećem tromjesečju.
- U razdoblju od < 25 tjedana nakon začeća, središnji živčani sustav (SŽS) je posebno osjetljiv na zračenje. Primljena doza fetusa koja iznosi više od 100 mGy može rezultirati

smanjenjem IQ. U isto vrijeme, doza fetusa u rasponu od 1000 mGy (1 Gy) rezultira visokom vjerojatnošću teške mentalne retardacije. Osjetljivost je najveća u razdoblju 8-15 tjedna nakon začeća. CNS je manje osjetljiv na te učinke tijekom 16-25 tjedna gestacijske dobi i prilično je otporan nakon tog razdoblja.

• Istraživanja su pokazala da zračenje može uzrokovati leukemiju i mnoge vrste raka kod djece, ali i odraslih. Tijekom većeg dijela trudnoće, embrij / fetus ima otprilike isti rizik za potencijalne kancerogene učinke zračenja kao djeca.

### **Neke od glavnih metoda za minimiziranje doze na fetus uključuju:**

- Ograničavanje veličine rendgenske zrake da RTG snop bude što uži ali ujedno prihvatljiv za kliničke svrhe;
- Odabir smjera primarne zrake, tako da je što udaljenija od fetusa;
- Odabir odgovarajućih čimbenika ekspozicije;
- Što kraće vrijeme izlaganja zračenju.

Također, stavljanje olovne pregače na pacijenticu na područje koje nije od primarnog interesa ima mali učinak na smanjenje raspršenog zračenja na fetus, ali to može biti ohrabrujuće za pacijenta i osoblje, s tim da se osigura da upotreba pregače ne ugrožava uspješnost postupka.

### **6. Može li srčana kateterizacija biti izvedena na trudnoj pacijentici?**

Odgovor je da. Postoje mnoge situacije u kojima je korist provedbe postupka puno veća od malih mogućih šteta koje bi mogle nastati zračenjem. Međutim, kao i uvijek u bilo kojem izlaganju pacijenta ionizirajućem zračenju svaki provedeni postupak mora biti klinički opravdan, uključujući i kateterizaciju, uzimajući u obzir kada se postupak treba obaviti zbog očekivane doze zračenja koju će fetus primiti. Dakle, potrebno je svesti dozu na najmanju moguću mjeru uz istodobno dobivanje potrebnih informacija za kliničke svrhe. Izloženost fetusa zračenju uglavnom proizlazi iz raspršenog zračenja unutar pacijenta.

### **7. Zašto je došlo do odluke o prestanku trudnoće nakon izloženosti određenoj dozi zračenja?**

Prema ICRP 84\*, prekid trudnoće kod fetusa koji je primio dozu manju od 100 mGy nije opravdan na temelju opasnosti od zračenja. Međutim, kod fetalnih doza između 100 i 500 mGy, odluka bi se trebala temeljiti na individualnim okolnostima. Pitanje prestanka trudnoće nesumnjivo se rješava drugačije diljem svijeta. To je komplicirana dvojba pojedinih etičkih, moralnih i vjerskih uvjerenja, koja možda ne podliježe zakonima i drugim propisima na lokalnoj ili nacionalnoj razini. Dakle, navedeno pitanje uključuje mnogo više od razmatranja zaštite od zračenja i zahtijeva pružanje savjetovanja za pacijenticu i njezinog partnera.

\*ICRP izvješće 84. Bavi se problematikom utjecaja ionizirajućeg zračenja na trudne pacijentice te trudne zaposlenice koje rade sa ionizirajućim zračenjima.

## **8. Može li pacijent postati sterilan nakon što obavi neki dijagnostički radiološki pregled?**

Gonade su radiosenzitivni organi u ljudskom tijelu. Prag doze zračenja koji uzrokuje stalni sterilitet kod muškaraca je 3500 - 6000 mGy, a za žene on iznosi 2500 - 6000 mGy. Standardni dijagnostički radiološki pregledi uključuju male doze, što podrazumijeva nikakvu ili neznčajnu opasnost od neplodnosti.

## **9. Može li trudna zaposlenica nastaviti rad na bolničkom odjelu radiologije?**

Trudna radnica može nastaviti raditi na radiološkom odjelu sve dok god postoji sigurnost da je fetalna doza manja od 1 mGy tijekom trudnoće. Nadalje, važno je osigurati da trudnice nisu podvrgnute nepotrebnoj diskriminaciji. Postoje odgovornosti koje vrijede i za radnika i za poslodavca. Prvu odgovornost za zaštitu fetusa preuzima trudna zaposlenica koja treba obavijestiti svog poslodavca čim sazna da je trudna.

Ograničavanje doza za fetus ne znači da je nužno za trudnice da trebaju izbjegavati rad sa zračenjem ili radioaktivnim materijalom u potpunosti, ili da im moraju biti spriječeni ulazak ili rad u određenim područjima zračenja. To, međutim, znači da poslodavac treba pažljivo pregledati uvjete izloženosti trudnica. Konkretno, njihovi radni uvjeti trebaju biti takvi da je vjerojatnost slučajne izloženosti dozama i radionuklidima bezopasna.

Kada ženska osoba zaposlena na radiološkom odjelu sazna da je trudna, postoje tri opcije koje se mogu primijeniti:

- 1) Nema promjena već zaposlenica nastavlja svoj dotadašnji posao sasvim svjesna rizika
- 2) Promjena mjesta rada u područje koje je u manjoj zoni zračenja
- 3) Promjena posla u novi koji ,u biti, nema zračenja

Poželjno je da se razgovorom sa zaposlenicom postigne razuman dogovor.

Postoje mnoge situacije u kojima trudna zaposlenica želi i dalje raditi isti posao. Gledajući sa stajališta zaštite od zračenja, to je sasvim prihvatljivo jer se fetalna doza može točno procijeniti i zna se da je granica ozračenja fetusa 1 mGy te je fetus unutar zadane doze siguran. Ukoliko zaposlenica nastavlja raditi svoj posao ona mora biti obaviještena o mogućim rizicima, preporučenim granicama ozračenja te o politici reagiranja bolnice u

takvim situacijama.

Promjena u poziciju rada gdje je manja izloženost zračenju.

U dijagnostičkoj radiologiji, to može značiti prebačaj trudne zaposlenice sa CT-a na klasičnu radiologiju. Na odjelima nuklearne medicine, trudna zaposlenica može biti oslobođena od rada sa pripremom radiofarmaka te je bitno da nije u kontaktu sa pacijentima koji su primili navedeni radiofarmak. U radioterapiji sa zatvorenim izvorima, trudnice ne smiju sudjelovati u procesu ručne brahiterapije.

U spomenutoj alternativni uključeno je etičko razmatranje jer će drugi radnik biti izložen dodatnom zračenju, jer je njegova kolegica sa posla zatrudnjela.

Granica fetalne doze ne može se izravno računati mjerenjem doze na osobnom dozimetru. Naime, osobni dozimetar kojeg nose zaposlenici na radiološkom odjelu može precijeniti fetalnu dozu za oko faktor 10 ili više. Ako se dozimetar nosi preko olovne pregače (što je suprotno pravilima, ali se ipak zna dogoditi), izmjerena doza će vjerojatno biti oko 100 puta veća od fetalne doze. Radnici u nuklearnoj medicini i terapiji zračenjem obično ne nose zaštitne pregače i izloženi su fotonima viših energija. Unatoč tome, fetalna doza ne bi trebala premašiti 25% od mjerenja doze sa osobnog dozimetra.

## **9. Kolika je vjerojatnost da zaposlenica RTG odjela primi dozu veću od određene granice izlaganja zračenju?**

Doze zračenja profesionalno izloženih djelatnika koji rade s radiološkom opremom su uglavnom niske i malo je vjerojatno da će se granica primljene doze koju je proglasio ICRP (vidi tablicu II) prekoračiti. Međutim, za neke fluoroskopske preglede postoji potencijal za veće doze zračenja na osoblje. Tijekom intervencijskih radioloških postupaka, nastaju poteškoće u primjeni zaštite od zračenja zbog šireg snopa zračenja, veće doze i dužeg vremena snimanja. Prema tome, trebaju se prije svakog fluoroskopskog postupka procijeniti posljedice na fetus prema preporukama ICRP-a.

## **17. Savjetovanje pacijentica o postupcima procjene doze i rizika**

Pacijentice koji su podvrgnute dijagnostičkim pretragama tijekom trudnoće često su zabrinute zbog potencijalnog štetnog učinka zračenja na fetus. Zdravstveni stručnjaci trebaju savjetovati bolesnice o koracima koje će biti poduzeti za procjenu rizika i pružiti odgovarajuće informacije koje se odnose na rizik povezan s dijagnostičkim (i terapijskim) zračenjem tijekom trudnoće.

Slijedeće smjernice treba uzeti u obzir:

1. Malo je vjerojatno da će zračenje od dijagnostičkih radioloških pretraga rezultirati nekim štetnim utjecajem na dijete, ali mogućnost učinka induciranog zračenjem ne može se u potpunosti isključiti.
2. Pacijenticu treba savjetovati da se procjena rizika obavlja ne zato što postoji vjerovanje o velikom riziku određene dijagnostičke studije, već zato što je to jedna od mjera opreza koja se obavlja kad god trudnica radi određenu dijagnostičku pretragu. (Napomena: ovo vrijedi samo za dijagnostičke studije čiji rizik potencijalno može biti opasan, kao što je ablacija štitnjače fetusa).
3. Svaki pojedini slučaj mora se ocijeniti u skladu s razdobljem trudnoće kada je pacijentica izložena i razinom fetalne doze zračenja primljene tijekom svakog izlaganja.
4. Procjena doze zračenja može potrajati i do tjedan dana te je to postupak koji zahtijeva strpljenje od strane trudne pacijentice, ali i osoblja koje ga provodi.
5. Kada se sve informacije prikupe, procjenjuje se rizik zračenja, te se potom njemu pridodaju drugi mogući rizici trudnoće, tako da liječnik, pacijentica i druge uključene osobe zajedno donose razumnu odluku o daljnim poretragama tijekom trudnoće.

### **17.1. Razmatranja za pacijentice koje zatrudne nakon pregleda**

Kod pacijentica koje su bile izložene ionizirajućem zračenju prije začeća, genetski nasljedni rizici nikada nisu identificirani u ljudskoj populaciji. Nasljedni rizici za potomstvo kod dijagnostičkih razina zračenja ne predstavljaju realni problem. Navedena rečenica može zvučati proturječno s pravilnom zaštitom gonada tijekom pretrage. Međutim, te preporuke služe kao zaštita od mogućih učinaka u populaciji kao rezultat utjecaja na gena. Budući da medicina sudjeluje velikim dijelom u zračenju stanovništva, potencijalni učinci na genetskom naslijeđu stanovništva mogli bi, teoretski, dovesti do negativno pogođenih nasljednih promjena kod nekolicine budućih rođenih pojedinaca.

### **17.2. Razmatranja za pacijentice izložene zračenju u razdoblju manjem od 2 tjedna nakon začeća**

U prvih 10-14 dana nakon začeća, jedini potencijalni rizik je namjerni prekid trudnoće, ali doze primljene u dijagnostičkim rendgenskim postupcima (manje od 50 mGy) nisu povezane s takvim učinkom. S druge strane, u populaciji žena koje nisu bile izložene zračenju, oko 50% ih doživi spontani gubitak djeteta.

Doze od dijagnostičkih fluoroskopskih pretraga primjerice zdjelice, CT ili više RTG pretraga prsiju također nije vjerojatno da će dovesti do induciranog prekida trudnoće, iako je potencijal za prelazak praga najveći kod spomenutih pregleda. Prag je postavljen između 50 i 100 mGy. Mnogi slučajevi izloženosti zračenju tijekom tipičnih dijagnostičkih RTG pretraga prilikom ranog razdoblja razvoja fetusa su dokumentirani, a rezultati su bili normalni. Nema preporučene medicinske intervencije za ovu situaciju.

### **17.3. Razmatranja za pacijentice izložene između 2. tjedna i 15. tjedna nakon začeća**

Za trudnice koje su podvrgnute RTG pretrazi u razdoblju od 2.-15. tjedna začeća, doza na fetus predstavlja posebno važan čimbenik.

#### **17.3.1. Radiološki pregledi trbuha / zdjelice**

Za pravilno obavljenu RTG pretragu trbuha ili zdjelice, doza na fetus će biti daleko ispod praga doze koja može izazvati razvojne abnormalnosti. Jedini potencijalni rizik može biti povećanje rizika za kasniji razvoj raka u životu. Takav rizik je mali i pod normalnim okolnostima ne bi bio opravdavajući za bilo koju medicinsku intervenciju.

Na primjer, zbog razlika u zračenju okoliša, trudnice koje žive u Denveru, Colorado izlažu svoje fetuse do razine zračenja mjerljivo veće od žena čiji su fetusi u obalnim gradovima mnogo manje izloženi. Tako, teoretski, fetusi žena u Denveru imaju povećani rizik koji uzrokuje nastanak raka u omjeru 1 : 5000 beba.

Većina radioloških pregleda ima male doze, obično mnogo manje od 20 mGy za fetus. Doza od 20 mGy predstavlja dodatni rizik od oko 40 dodatnih karcinoma ili približno 0.8%. Za dijagnostičke fluoroskopske pretrage trbuha / zdjelice, doza je veća, ali vjerojatno neće premašiti prag za inducirane malformacije (više od 100 mGy), osim u iznimnim slučajevima. Procjena apsorbirane doze i procjena rizika na temelju apsorbirane doze i gestacijske dobi može biti prikladna prije konačnog razgovora s pacijenticom.

Za žene koje su podvrgnute CT pretragama, doze mogu biti značajne. Naime, doza pri pravilno obavljenoj pretrazi trbuha uključujući zdjelicu će biti manja od 50 mGy i obično iznosi oko 20-35 mGy. Za standardne CT pretrage trbuha / zdjelice, rizici od potencijalno štetnog učinka na fetus zanemarivi su u odnosu na neodgodivu medicinsku intervenciju. Provjera razine doze od strane kvalificiranog medicinskog fizičara je poželjna.

Za žene koje su između 2 tjedna - 15 tjedna začeca, koje su obavile nekoliko CT pretraga abdomena i zdjelice (koji izravno zahvaćaju fetus), preporuča se procjena doze zračenja od strane medicinskog fizičara prije definitivnog savjetovanja pacijentice.

Za doze ispod 100 mGy, smatra se da su rizici premali da bi došlo do liječničke intervencije jer pri tim dozama nema rizika za izazivanje razvojnih deficita koji se mogu fizički identificirati. U dozama iznad 100 mGy rizici za razvoj deficita (primjerice, malformacije, zaostajanje u rastu, mentalna retardacija, mala veličina glave) mogući su, ali je i dalje mala vjerojatnost da doza prelazi 150-200 mGy.

Situacije koje kumulativno dovode do visokih doza (više od 100 mGy) su vrlo rijetke i vjerojatno za trudnicu predstavljaju medicinske okolnosti koje dodatno otežavaju ili kompliciraju trudnoću. Svaka preporuka za intervenciju u trudnoći treba se odrediti iz ukupne medicinske slike, a ne samo iz jednog aspekta na slici. Ukupna medicinska slika uključuje procjenu drugih rizika povezanih s normalnim trudnoćama, kao i rizike posebno povezane s genetskom pozadinom roditelja i specifičnim medicinskim i socijalnim uvjetima trudne pacijentice.

### **17.3.2. Razmatranja za trudnice izložene zračenju u razdoblju trudnoće veće od 15 tjedana**

Potencijalni rizici u razvoju središnjeg živčanog sustava za žene koje su više od 15 tjedana trudne postoje samo pri visokim dozama (npr više od 200 mGy) i izvan onih koje se uobičajeno isporučuju u više dijagnostičkih pretraga. Za žene u tom razdoblju rizik za fetus od dijagnostičkih doza zračenja je potencijalno induciran rak.

Rizik nastanka raka od zračenja tijekom dobro napravljenih radioloških postupaka premali je da bi se opravdala bilo kakva medicinska intervencija. Učestalost raka za fetus pri fetalnoj dozi od 50 mGy u ovom razdoblju trudnoće grubo se procjenjuje na 2%, ali točna kvantifikacija je nemoguća. Isto tako postoji oko 98% vjerojatnosti da će dijete biti pod utjecajem zračenja.

Većina dijagnostičkih pretraga rezultirati će mnogo manjim dozama na fetus. CT snimanje trbuha i zdjelice koje predstavlja jednu od pretraga većih doza, obično donosi 20-35 mGy.



## 18. Zaključak

Stav da je trudnoća apsolutna kontraindikacija za dijagnostičke pretrage koje uključuju izlaganje ionizirajućem zračenju nije sukladan međunarodnim standardima zaštite od zračenja.

Naime, svi oni koji su na bilo koji način uključeni u pretrage u kojima su trudnice izložene zračenju, a naročito ginekolozi, liječnici koji upućuju pacijente na radiološke pretrage i nadležni liječnici (liječnici koji provode radiološke pretrage) moraju biti upoznati s učincima zračenja na plod. Svako izlaganje ionizirajućem zračenju mora biti opravdano.

Medicinska ekspozicija trudnice ima drugačiji odnos korist / rizik, jer se mora uzeti u obzir utjecaj zračenja i na majku i na nerođeno dijete. Prije medicinskog izlaganja ionizirajućem zračenju žene u fertilnoj dobi mora se utvrditi postoji li mogućnost trudnoće. Za radiološke dijagnostičke pretrage kod kojih fetus nije u polju zračenja rizik za fetus je ekstremno nizak, pa nije potrebna specijalna analiza opravdanosti pretrage, kao ni procjena doze za fetus. Prije visokodoznih medicinskih procedura, fetalna doza i potencijalni rizik moraju biti procijenjeni od strane specijalista medicinske fizike.

Kod izlaganja trudnica ionizirajućem zračenju mora se poštovati ALARA načelo; pretragu treba optimizirati na način da se postigne adekvatan rezultat (dijagnostičke informacije ili terapijski učinak) uz minimalnu ekspoziciju fetusa. Trudnice ne bi trebale biti podvrgnute biomedicinskim istraživanjima i ne bi smjele biti uključene u radiološke postupke od kojih nemaju izravne koristi (npr. pridržavanje djeteta prilikom radioloških dijagnostičkih pretraga). Također, trajni prekid dojenja nakon aplikacije radiofarmaka je vrlo rijetko indiciran (osim ukoliko se ne radi o terapijskim dozama radiojoda).

**Prekid trudnoće za doze manje od 100 mGy nije medicinski opravdan.** Za veće doze potrebno je pružiti pravu informaciju o radijacijskom riziku na temelju procjene doze na fetus od strane specijalista medicinske fizike i prepustiti odluku roditeljima.

## 19. Sažetak

Primjena radioloških tehnika oslikavanja predstavlja ključ uspješnog liječenja trudnica. Opće je poznato da ionizirajuće zračenje može naštetiti ljudskom fetusu, ali i majci stoga je zadaća radiološkog tima da pretragu optimizira, odnosno da dobije zadovoljavajuće dijagnostičke informacije uz što manju dozu zračenja. Pri radiološkoj obradi trudnih pacijentica od iznimne je važnosti timski rad liječnika radiologa i inženjera medicinske radiologije.

Različiti modaliteti snimanja su dostupni za postavljanje dijagnoze u trudnoći. To su klasične RTG pretrage, ultrazvuk, magnetna rezonancija, kompjuterizirana tomografija te pretrage koje uključuju nuklearnu medicinu.

Bitno je naglasiti da je ultrazvuk, zbog svoje neinvazivnosti, prva metoda izbora u algoritmu radioloških dijagnostičkih pretraga. Kompjuterizirana tomografija, zbog svojih velikih doza zračenja posljednja je pretraga i obavlja se samo u slučajevima majčine vitalne ugroženosti. Tijekom obavljanja bilo koje od radioloških metoda oslikavanja, uvijek je na prvom mjestu procjena omjera dobiti i rizika same pretrage. Ukoliko dijagnostički značaj pretrage nadilazi potencijalni rizik i štetni utjecaj na majku i fetus, pretraga se obavlja. U suprotnom, potrebno je pronaći neko drugo rješenje za postavljanje kliničke dijagnoze i utvrđivanja mogućeg patološkog stanja pacijentice.

Upotreba radioaktivnih izotopa joda je kontraindicirana tijekom trudnoće. Ostala radioopućna i paramagnetska kontrastna sredstva nisu još istražena na ljudima, ali studije na životinjama pokazuju da su spomenuta kontrastna sredstva bezopasna za razvoj fetusa. Iako su pretrage koje koriste kontrastna sredstva dijagnostički značajne, trebalo bi ih primijeniti samo ako je značaj kliničke dijagnoze veći od potencijalne opasnosti za fetus.

Vrlo je važan čimbenik savjetovanje pacijentice prije, tijekom i nakon pretraga te njezina suglasnost i pisani pristanak kojim potvrđuje da je svjesna potencijalnog rizika za nju i njezin fetus.

Zaključno, podvrgavanje trudnice jednoj dijagnostičkoj RTG pretrazi nije indikacija za pobačaj. Izloženost ionizirajućem zračenju možda je neizbježna, ali nema dokaza da je rizik za fetus poslije neke tehnike snimanja ili intervencijskog postupka značajan. Zadaća je radiološkog tima da trudnici omogući što bolje i preciznije postavljanje dijagnoze uz najmanju moguću izloženost ionizirajućem zračenju.

## 20. Summary

### **Use of diagnostic radiology techniques in pregnant patients**

Radiation exposure to a pregnant or potentially pregnant patient from a medical imaging procedure and the management of such patients are complex topics. An appropriate benefit / risk perspective is necessary to properly care for the ill or injured pregnant patient.

Various imaging modalities are available for diagnostic use during pregnancy. These include X-ray, ultrasonography, magnetic resonance imaging (MRI), CT (computed tomography-only in special cases) and nuclear medicine studies.

Undergoing a single diagnostic X-ray procedure does not result in radiation exposure adequate to threaten the well-being of the developing preembryo, embryo, or fetus and is not an indication for therapeutic abortion (according to the American College of Radiology).

When multiple diagnostic X-rays are anticipated during pregnancy, imaging procedures not associated with ionizing radiation, such as ultrasonography and magnetic resonance imaging, should be considered.

Although a theoretical risk of carcinogenesis exists, there are no known risks for development of congenital malformations or mental retardation in a fetus exposed to ionizing radiation at the levels typically used for diagnostic imaging. Most diagnostic radiologic procedures are associated with little, if any, known significant fetal risks.

In general, there is lower than expected awareness of radiation risks to the fetus from imaging pregnant patients. Additionally, it may be helpful to consult an expert in dosimetry calculation to determine estimated fetal dose.

The use of radioactive isotopes of iodine is contraindicated for therapeutic use during pregnancy. Other radiopaque and paramagnetic contrast agents have not been studied in humans, but animal studies suggest that these agents are unlikely to cause harm to the developing human fetus. Although imaging techniques requiring these agents may be diagnostically beneficial, these techniques should be used during pregnancy only if potential benefits justify potential risks to the fetus.

In conclusion, exposure to a single X-ray during pregnancy is not an indication for therapeutic abortion. Exposure to ionizing radiation may be unavoidable, but there is no evidence to suggest that the risk to the fetus after a single imaging study and an interventional procedure is significant. All efforts should be made to minimize the exposure, with consideration of the risk versus benefit for a given clinical diagnosis.

## 21. Literatura

1. American College of Radiology. ACR practice guideline for imaging pregnant or potentially pregnant adolescents and women with ionizing radiation. Reston, Va: American College of Radiology, 2008.
2. Kolegij: Slikovne dijagnostičke pretrage, Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet
3. Bushberg JT. The essential physics of medical imaging. 2nd ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
4. Ratnapalan S, Bona N, Chandra K, Koren G. Physicians' perceptions of teratogenic risk associated with radiography and CT during early pregnancy. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182:1107–1109
5. De Santis M, Di Gianantonio E, Straface G, et al. Ionizing radiations in pregnancy and teratogenesis: a review of literature. *Reprod Toxicol* 2005;20: 323–329.
6. International Commission on Radiological Protection. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP publication no. 90. New York, NY: Pergamon, 2003; 7–8.
7. International Commission on Radiological Protection. Biological Effects After Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus). *Md: ICRP Publication 90*; 2003:1-200.
8. Parry RA, Glaze SA, Archer BR. Typical patient radiation doses in diagnostic radiology. *RadioGraphics* 1999;19:1289–1302.
9. Wagner LK, Lester RG, Saldana LR. Exposure of the pregnant patient to diagnostic radiations: a guide to medical management. 2nd ed. Madison, Wis: Medical Physics, 1997.
10. Manual on Contrast Media. Version 6 ed. Reston, Va: American College of Radiology; 2008
11. International Commission on Radiological Protection. Pregnancy and Medical Radiation. *ICRP Publication 84*; 2000:1-43.
12. National Research Council. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2. Washington DC: The National Academies Press; 2006.
13. Lazarus E, Debenedictis C, North D, Spencer PK, Mayo-Smith WW. Utilization of imaging in pregnant patients: 10-year review of 5270 examinations in 3285 patients—1997–2006. *Radiology* 2009;251(2): 517–524.
14. Coakley FV, Glenn OA, Qayyum A, Barkovich AJ, Goldstein R, Filly RA. Fetal MRI: a developing technique for the developing patient. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182(1):243–252.

15. Wagner LK, Lester RG, Saldana LR. Exposure of the pregnant patient to diagnostic radiations: a guide to medical management. 2nd ed. Madison, Wis: Medical Physics, 1997.
16. Brent RL. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 2009;200(1): 4–24.
17. Patel SJ, Reede DL, Katz DS, Subramaniam R, Amorosa JK. Imaging the pregnant patient for nonobstetric conditions: algorithms and radiation dose considerations. *RadioGraphics* 2007;27(6): 1705–1722.
18. ACOG Committee on Obstetric Practice. ACOG Committee Opinion. Number 299, September 2004 (replaces No. 158, September 1995). Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy. *Obstet Gynecol* 2004;104:647–651.
19. Vodič za zaštitu od zračenja kod medicinske ekspozicije trudnica i dojilja
20. Trudnice i dijagnostičko rendensko zračenje- Zdravo budi
21. Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, et al. ACR guidance document for safe MR practices: 2007. *AJR* 2007;188:1447-1474.
22. Streffer C; International Commission on Radiation Protection. The ICRP 2007 recommendations. *Radiat Prot Dosimetry* 2007;127(1-4):2–7.
23. Barbour LA, Pickard J. Controversies in thromboembolic disease during pregnancy: a critical review. *Obstet Gynecol* 1995; 86:621–633.
24. Tolia MR, Weg JG. Venous thromboembolism during pregnancy. *N Engl J Med* 1996; 335:108–114.
25. Prevention of venous thrombosis and pulmonary embolism. NIH Consensus Development. *JAMA* 1986; 256:744–749.
26. Groves AM, Yates SJ, Win T, et al. CT pulmonary angiography versus ventilation-perfusion scintigraphy in pregnancy: implications from a UK survey of doctors' knowledge of radiation exposure. *Radiology* 2006;240:765–770.
27. <http://www.roda.hr/article/read/je-li-ultrazvuk-stetan-u-trudnici>

## 22. Životopis

### **Osobni podaci:**

Ime i prezime: Josipa Brković

Datum i mjesto rođenja: 15. listopada 1993.god., Split

Državljanstvo: Hrvatsko

Adresa: Žižić dr. Martina 3, Solin

Mobilni telefon: 099/ 825- 7402

E-mail: josipa.brkovic@gmail.com

### **Obrazovanje i osposobljavanje:**

Osnovna škola Don Lovre Katića, Solin

Srednja škola: I. Jezična gimnazija, Split

Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split

Smjer: Radiološka tehnologija