

Radyolojik İncelemelerin Fetusa Getirdiği Riskler: Obstetrik Pratik İçin Önemli Noktalar

Fetal Risks of Radiological Examinations: Important Notes for Obstetric Practice: Review

Dr. Pakize Eylem ŞEKER ARI,^a
Dr. Hakan Şefik APAYDIN,^b
Dr. Cahit Gürkan ZORLU^c

^aKadın Hastalıkları ve Doğum Kliniği,
Memorial Antalya Hastanesi, Antalya

^bKadın Hastalıkları ve Doğum Kliniği,
İstanbul Medipol Hastanesi,

^cKadın Hastalıkları ve Doğum AD,
İstanbul Medipol Üniversitesi
Tıp Fakültesi, İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 17.01.2011
Kabul Tarihi/Accepted: 04.04.2011

Yazışma Adresi/Correspondence:
Dr. Pakize Eylem ŞEKER ARI
Memorial Antalya Hastanesi,
Kadın Hastalıkları ve Doğum Kliniği,
Antalya,
TÜRKİYE/TURKEY
eylemseker@hotmail.com

ÖZET Kişinin gebe olduğunu bilmeden ya da gebe olduğu bilinmesine rağmen zorunluluktan ötürü radyolojik tetkik yapılması ile iyonizan radyasyona maruz kalması sonucunda, fetusta oluşabilecek biyolojik hasar ihtimali gebelerde anksiyeteye yol açmakta ve hekimlere medicolegal sorumluluk yüklemektedir. Doğurganlık çağındaki kadınlara radyolojik tetkik öncesi gebe olup olmadığı sorulmalıdır. Gebenin maruz kaldığı radyasyon dozu ile fetusun aldığı radyasyon dozu farklıdır. Grafinin hangi pozisyonunda alındığı, floroskopi kullanımı, X ışınına maruz kalan deri yüzeyinin büyüklüğü, hastanın kalınlığı, ışın kalitesi, ışınlama süresi, X ışını çıkımı ile deri yüzeyi arasındaki mesafe doz hesaplamalarında önem taşır. Bilgisayarlı tomografi incelemelerinde de kesit sayısı ve kalınlığı absorbe edilen dozu etkiler. Radyasyonun fetus üzerindeki etkileri gestasyonel yaşa ve absorbe edilen muhtemel doza bağlıdır. Radyasyona bağlı olumsuz etkiler doğumsal anomaliler, gelişme geriliği, embriyonik ölüm, mental retardasyon ve diğer nörodavranışsal etkilerdir. Fetus üzerinde olumsuz etkilerin görülmesi için eşik radyasyon değerleri belirlenmiştir. Çeşitli komisyon bildirimleri, fetusun 50 mGy'den daha az radyasyona maruz kalmasının anomalileri arttırmadığı yönünde danışmanlık verilmesini önermektedir. Gebeye baş, boyun, göğüs kafesi, ekstremiteler inceleme yapılmış ise embriyonun zarar görmesi çok nadiren beklenir. Ancak anne adayının risk algısı ile hekimin tahmin ettiği gerçek riskler örtüşmeyebilir. Hastalara fetusun taşıdığı risk ile ilgili danışmanlık verirken, kanıtlanmış rakamlardan oluşan hesaplanmış fetal doz tabloları üzerinde açıklamak hem anneyi hem de hekimi rahatlatacak bir yöntemdir. Bu nedenle, keskin sınırları çizilmemiş olmakla beraber, bu derleme ile klinik pratikte karşımıza sık çıkabilecek sorunları karşılayabilmek amaçlandı.

Anahtar Kelimeler: Fetus; radyasyon etkileri; radyasyon, iyonlaştırıcı

ABSTRACT Pregnant woman can be exposed to ionizing radiation either unintentionally or because the radiologic procedure is indicated during pregnancy. The probability of biological damage to the fetus brings anxiety to the expectant mother and medicolegal responsibility to the doctor. Women in reproductive age should be questioned for possible pregnancy before any radiological imaging procedure. The radiation dose that the fetus receives is different from the dose pregnant woman is exposed. The position at which the image is obtained, fluoroscopic examination, area exposed to X-ray, the thickness of the patient, quality of the beam, irradiation time, the distance between the skin surface and the origin of the beam are important when calculating the dose. The number and the thickness of the sections taken also affect the absorbed dose in computerized tomography. Radiation effects on the fetus depend on both gestational age and probable absorbed dose. The negative effects due to radiation are congenital anomalies, growth retardation, embryonic death, mental retardation and other neurobehavioral effects. There are threshold radiation levels for the negative effects to be seen on the fetus. Different commission statements advice that women should be counselled that exposure to radiation less than 50 mGy is not related with an increase in anomalies. The embryo is rarely expected to be negatively affected if the pregnant woman undergoes examination of head, neck, chest or extremities. However the perception of the risks by the expectant mother and the real risks estimated by doctor may not overlap. To explain the fetal risks with proven numbers on tables of calculated fetal doses would be more satisfying for both the mother and the doctor. Although the borders are not clearly defined yet, this review aims to deal with problems that we can encounter frequently in clinical practice.

Key Words: Fetus; radiation effects; radiation, ionizing

Radyasyon günlük hayatta, mikrodalga, radyo dalgaları gibi uzun dalga boylu elektromanyetik dalgalarla karşımıza çıkar. Tanısal ya da tedavi amacıyla kullanılan X-ışınları, gama ışınları ve radyonükleer maddeler ise kısa dalga boylu elektromanyetik ışınlardır ve “iyonizan radyasyon” olarak bilinir. İyonizan radyasyon hem atom yapısını bozarak hem de serbest radikallerin açığa çıkmasına yol açarak hücrelerin yapısını bozabilir.

Gebenin maruz kaldığı radyasyon dozu ile fetusun aldığı radyasyon dozu farklıdır. 1 Gy'in 100 rad'a eşit olduğu hatırlanmalıdır. Fetal doz hesaplamalarında grafinin hangi pozisyonda alındığı (AP, PA, lateral, oblik), hangi tekniğin kullanıldığı (direkt radyografi, floroskopi), X ışınına maruz kalan deri yüzeyinin büyüklüğü, hastanın kalınlığı (yani X ışınının penetre olması gereken doku miktarı), ışın kalitesi (tüp potansiyeli, jeneratör tipi, filtrasyon), ışınlama süresi, X ışını çıkımı ile deri yüzeyi arasındaki mesafe önem taşır. Magnifikasyon modunda ise, alınan doz artmaktadır. Bilgisayarlı tomografi incelemelerinde de kesit sayısı ve kalınlığı absorbe edilen dozu etkiler.¹

Gebelikte iyonizan radyasyona maruz kalınması, gebeliğin farklı dönemlerinde farklı sonuçlarla karşımıza çıkabilir. Özellikle ilk trimesterde radyasyona istenmeden maruz kalınması, gebelik sonlandırılmalı mı sorusunu gündeme getirir. Hekimin teratojenik riskler konusundaki yanlış algısı yüzünden anne adayında anksiyete yaratması, gebeliklerin gereksiz yere sonlandırılmasına yol açabilir. Hem gebenin anksiyetesini gidermek için hem de hekimin sorumluluk davaları ile karşılaş-

maması için, iyonizan radyasyona maruz kalınmasının riskleri hakkında gebelere danışmanlık verirken yazılı gerçek risklere bağlı kalmak önemlidir.

İYONİZAN RADYASYONUN FETUS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Radyasyonun fetus üzerindeki etkileri gestasyonel yaşa ve absorbe edilen muhtemel doza bağlıdır. Fetal etkilenme riskleri, kısa dönem ve uzun dönem riskler olarak değerlendirilebilir. Konjenital anomaliler kısa dönemde tespit edilebilirken, entelektüel düzeyde eksiklik ya da büyüme gelişme geriliği gibi uzun dönem takip gerektiren riskler akıldan çıkarılmamalıdır. Gestasyonel yaş ile bağlantılı olumsuz etkiler ve bunların görüldüğü radyasyon miktarları, Tablo 1'de gösterilmiştir.²

Doğumsal defektler, mental retardasyon ve diğer nörodavranışsal etkiler, gelişme geriliği ve embriyonik ölüm, deterministik etki ya da eşik etki olarak adlandırılır. Bu olumsuz etkilerin ortaya çıktığı ve çıkmadığı radyasyon düzeyleri tespit edilerek, eşik değerler belirlenmiştir. Tanısal radyolojik prosedürlerin hemen tümü olumsuz etki yaratabilecek eşik değerlerin altında radyasyon maruziyetine yol açar. Yani embriyonun iyonizan radyasyondan zarar görmesi için eşik değerlerin üzerinde radyasyon almış olması gerekir. Gebeye baş, boyun, göğüs kafesi, ekstremiteler incelemesi yapılmış ise embriyonun zarar görmesi çok nadiren beklenir.³ Direkt radyografik incelemelerde alınan olası fetal dozlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Preimplantasyon ve preorganogenez evrelerinde, embriyonun iyonizan radyasyonun etkile-

TABLO 1: Gestasyonel yaş ve radyasyon dozunun radyasyona bağlı teratogeneze etkileri.²

Gestasyonel dönem	Etkiler	Tahmini eşik değer
İmplantasyon öncesi (Konsepsiyondan 0-2 hafta sonra)	Embriyonun ölümü ya da hiçbir etki görülmemesi (Ya hep ya hiç)	50-100 mGy
Organogenez (Konsepsiyondan 2-8 hafta sonra)	Konjenital anomaliler (iskelet, gözler, genitaler) Gelişme geriliği	200 mGy 200-250 mGy
Fetal dönem: 8-15 hafta		
(Hızlı nöronal gelişim ve migrasyon dönemi)	Ciddi mental retardasyon (yüksek risk) Entelektüel eksiklik Mikrosefali	60-310 mGy 25 IQ puanı/Gy 200 mGy
Fetal dönem: 16-25 hafta	Ciddi mental retardasyon (düşük risk)	250-280 mGy

TABLO 2: Radyografik ve floroskopik incelemelerde tahmini fetal doz.⁵

İnceleme	Ortalama fetal doz (mGy)
Servikal omurga (AP, Lat)	< 0.001
Ekstremiteler	< 0.001
Göğüs (PA, Lat)	0.002
Torasik omurga (AP, Lat)	0.003
Batın (AP): Hasta kalınlığı 21 cm	1
Hasta kalınlığı 33 cm	3
Lomber omurga (AP, Lat)	1
IVP (4 görüntü, hasta kalınlığı 21cm)	6
İnce bağırsak incelemesi (6 dk. Floroskopi ve 20 dijital spot görüntü)	7
Çift kontrastlı baryum enema çalışması (4 dk. Floroskopi ve 12 dijital spot görüntü)	7

rinden dolayı malforme olma ihtimali en azdır, çünkü bu dönemdeki embriyonun hücreleri omni-potansiyel olup, olumsuz etkilenmiş olan komşu hücreleri replase edebilir. Gelişimin bu çok erken dönemi “ya hep ya hiç dönemi” olarak adlandırılır.

1977 yılında “National Council on Radiation Protection and Measurements” açıklama yapmış ve potansiyel teratojenik dozu 5.0 rad (= 50 mGy) üzeri olarak belirtmiştir.^{4,5} Bu açıklamada malformasyon riskinin kontrollerdeki oranların üzerine anlamlı olarak çıktığı dozlar 150 mGy olarak belirtilmiştir. 2000 yılında “International Commission on Radiological Protection”, 100 mGy altındaki fetal dozların gebelik terminasyonu gerekçesi olmaması gerektiğini açıklamıştır.⁵ 2004 yılında “American College of Obstetricians and Gynecologists” in yayımladığı açıklamada, 50 mGy’den daha az radyasyona maruz kalmanın fetal anomalileri arttırmadığı yönünde danışmanlık verilmesi önerilmiştir.⁵

GEBELİKTE TOMOGRAFİ

Doksanlı yılların başından itibaren radyolojik tanı araçlarının, özellikle bilgisayarlı tomografi (BT)’nin kullanımı artmıştır. Örneğin; pulmoner emboli tanısı için BT pulmoner anjiyografi (CTPA) kullanımı, akut apandisit tanısında ya da travmalarda BT kullanımı gebe olmayan popülasyonda arttığı gibi gebelerde de artış göstermiştir.⁶

Uterus görüntüleme alanının dışında ise, fetus sadece saçılan radyasyona maruz kalacağı için, tahmini radyasyon maruziyeti düşüktür. Bu durumda baş, boyun incelemeleri ve kalça bölgesini kapsayan ekstremiteler incelemeleri gebeliğin herhangi trimesterinde yapılabilir.⁵ BT’lerde görüntüleme alanına göre hesaplanmış olası fetal dozlar Tablo 3’te görülmektedir.

Spesifik hastalıklar için, BT ile başka görüntüleme yöntemlerini radyasyon dozu açısından karşılaştıran çalışmalar mevcuttur. Ürolitiazis araştırılmasında, BT ile alınan fetal radyasyon dozu ortalama 10 mGy iken, anteroposterior kalınlığı 25 cm ve üzeri olan bir hastaya IVP çekilmesi daha yüksek doz fetal radyasyona yol açar. Pulmoner embolus için, her üç trimesterde göğüs BT incelemesi ventilasyon perfüzyon sintigrafisinden daha düşük fetal radyasyon ile ilişkilidir.⁵ Pulmoner embolus tanısında kullanılan tetkiklerde alınan fetal dozlar Tablo 4’te gösterilmiştir.

NÜKLEER TIP

Radyonüklid incelemelerinde fetal doz, annenin radyofarmasötik maddeyi tutma ve çıkarma oranı, gestasyonel yaş, maddenin plasentadan geçişi ve fetus tarafından alınması ile ilişkilidir. Kemik sintigrafisi, tiroid sintigrafisi ve pozitron emisyon tomografi (PET) incelemesi için hesaplanmış fetal dozlarla ilgili bir çalışma Tablo 5’te gösterilmiştir.

Berlin Klinik Teratoloji Enstitüsü tarafından yürütülen, Teknesyum sintigrafisi ile ilgili bir prospektif kohort çalışmada, majör doğum anomalisi oranı çalışma grubunda kontrol grubundakinden daha sık değildir (O.R. 1.00); buna göre istenmeden Tc-99m sintigrafisi çekilmesinin fetusa zararlı olmadığı sonucuna varılmıştır.⁷ Meme kanseri has-

TABLO 3: Bilgisayarlı tomografide tahmini fetal doz, Mayo Clinic Rochester verileri.⁵

Tomografi incelemesi (standart doz)	Ortalama fetal doz (mGy)
Baş	0
Göğüs	0.2
Batın/pelvis	4-25
Göğüsten pelvise aort BT anjiyografi	34

TABLO 4: Pulmoner emboli tanısında kullanılan tetkiklerin tahmini radyasyon dozları.⁹

İnceleme	Etkili tüm vücut dozu (mSv)	Fetal doz (mGy)
PA/Lateral akciğer grafisi	0.06-0.25	0.01
Düşük doz perfüzyon sintigrafisi	0.6-1.0	0.1-0.37
V/Q sintigrafisi	1.2-6.8	0.1-0.8
CTPA	2-20	0.01-0.66
Pulmoner DSA	3.2-30.1	0.5
Arka plan radyasyonun değerlendirilmesi	2.5	1.1-2.5

CTPA: Bilgisayarlı tomografi pulmoner anjiyografi

DSA: Dijital substraksiyon anjiyografi

TABLO 5: Nükleer tıp incelemelerinde hesaplanmış olası fetal doz, Mayo Clinic Rochester verileri.⁵

İnceleme	Kullanılan radyofarmasötik madde	Fetal doz (mGy)	
		İlk trimester başı	İlk trimester sonu
Kemik sintigrafisi	20 mCi Tc 99m medronat	5	4
Tüm-vücut PET	15 mCi F-18-florodeoksiglukoz	15	10
Tiroid sintigrafisi	0.2 mCi I 123	0.2	0.1

PET: Pozitron emisyon tomografi.

tarlarında, sentinel lenf nodu lokalizasyonu için Tc-sülfür kolloid lenfosintigrafisi kullanımının fetusa zarar vermeyecek dozlarda radyasyona yol açtığı kabul edilmektedir.⁸

RADYASYON VE KANSER RİSKİNDE ARTIŞ

Erişkin popülasyonda iyonizan radyasyona yüksek oranda maruziyete bağlı artmış kanser riski, atom bombasından kurtulmuş popülasyonda gösterilmiştir. Buna stokastik etki adı verilmiştir. Erişkinlerdeki bu etki üzerinde soru işareti kalmamışsa da, tanısal radyolojik işlemler sonrası embriyonun maruziyetinden dolayı kanser riskinde artış çelişkilidir.³ Fetusun 50 mGy dozunda radyasyona maruz kalması durumunda çocukluk kanseri görülme olasılığı %99.5, malformasyon ve kanser görülme ihtimali %95.4 iken, 100 mGy üzerinde radyasyona maruziyet durumunda kanser olmama olasılığı %99.07, organ malformasyonu ve çocukluk dönemi kanserleri görülme olasılığı %94.9'dur.^{9,10}

RADYOTERAPİNİN FETUSA ETKİLERİ

Gebeliği henüz tespit edilmemiş kadınlarda istenmeden alınan radyoterapi ya da gebelik bilinmesin e rağmen radyoterapinin gebelik sonrasına

ertelenemeyeceği durumlar, anne adayını fetusun radyasyon maruziyeti ve buna bağlı riskler konusunda bilgilendirmeyi, tanısal radyolojik incelemelerdekine benzer şekilde gündeme getirir.

A. GEBELİK ESNASINDA RADYOTERAPİ ALANLAR

Radyoterapinin gebelik sonrasına ertelenemeyeceği durumlarda, fetusun malformasyon riskini tahmin edebilmek için fetusun absorbe edeceği dozun hesaplanması gerekir. Gestasyonel yaş ve buna bağlı olarak fetusun kütlesi arttıkça, fetal doz artar. Fetusa giden doz, hastanın vücudu içinde yayılan radyasyondan ve radyoterapi cihazından kaynaklanan yayılma ve sızıntıdan etkilenir. Hastanın içindeki yayılmayı azaltacak bir önlem olmasa da, karın bölgesi korunarak cihazdan kaynaklanan radyasyon azaltılabilir. Gestasyonel yaş ile birlikte, fetusun annenin karnı içindeki derinliğini parametre olarak alan hesaplama modelleri mevcuttur.¹¹

Gebelikte radyoterapi alanların çocuklarında, çocukluk kanseri ve doğum defektleri açısından artmış risk fetusun 100-200 mGy üzerindeki radyasyon maruziyetinde gözlenir. Fetus radyoterapi alanından yeterince uzaksa ve korunursa genellikle bu dozlara erişilmez. Fetusun saçılan radyasyondan korunması, çocukluk çağı kanser riskini de

azaltır.¹² Fenig ve ark., supradiafragmatik Hodgkin hastalığında ve meme kanserinde fetusu koruyarak radyoterapi verilebileceğini belirtmiştir.¹³

B. ÇOCUKKEN RADYOTERAPİ ALMIŞ OLANLAR

Lancet dergisinde Temmuz 2010'da yayımlanan bir retrospektif analizde, çocukluk dönemi kanseri için uterus ve over bölgelerine radyoterapi alan 1657 kadın hastanın gebeliklerinde ölü doğum ve yenidoğan döneminde ölüm oranları, 10 Gy üzerindeki radyasyon maruziyetinde 9 kat artmış idi.¹⁴

MEDİKOLEGAL AÇI

Yasal olarak, radyoloğun ya da teknisyenin radyolojik prosedür öncesinde hastanın gebe olduğunu sorma zorunluluğu bulunmuyorsa da; gebelikte radyasyon alımı ile ilgili hastanın nasıl bilgilendirildiği, hekim sorumluluğu davalarında gündeme gelmiştir. Malpraktis üzerine onlarca yayımlanan Leonard Berlin'in bir örneğinde, karın ağrısı için hekime başvuran 28 yaşındaki bir hastadan gebelik testi istenmiş ve negatif gelmiştir. Bunun üzerine, hastadan alt gastrointestinal sistem grafisi ve akciğer grafisi istenmiştir. İki hafta sonra gebelik testini tekrarlayan hastanın pozitif test üzerine yapılan değerlendirmesinde, radyolojik incelemeleri yaptırdığında 4 haftalık gebe olduğu tespit edilmiştir. Tahmini radyasyon maruziyeti 0.01 Gy (1 rad) olarak hesaplanmış ve aile doktoru ile radyolog gebeliğin sonlandırılmasını önermemiştir. Mikrosefali ve konjenital kalp hastalığı olan, miadında bebek doğurtulmuştur. Aile gebeliğin sonlandırılmasını önermedikleri için hekimlere dava açmıştır. Gebelik sürecinde bu anomalilerin neden tespit edilmediği ya da anomalili gebeliğin miadına getirilmesi konusunda yazıda bilgi verilmemiştir. Yazara göre, bu ve buna benzer davalar, iyonizan radyasyonun etkileri ile ilgili temel gerçekler üzerindeki yanlış anlama veya cehalet bulutunu yansıtmaktadır. 2-15 hafta arasındaki fetusların radyasyonun olumsuz etkilerine daha hassas olduğu ve bu dönemde fetusun olumsuz etkilenme ihtimalinin bulunmadığı radyasyon dozunun 0.05 Gy (5 rad) ve altı olduğu hatırlatılmıştır.¹⁵

Hiçbir radyasyona maruziyet öyküsü olmasa da doğan tüm çocukların %3-5'inde konjenital ano-

maliler vardır. Doğumsal anomalilerin %10 kadarının teratojenlere, geri kalan kısmının genetik ya da bilinmeyen sebeplere bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, konjenital anomali ile in utero radyasyon maruziyeti arasındaki nedensel ilişkinin değerlendirilmesi zordur.¹⁵⁻¹⁷

SONUÇ VE HASTALARIN YÖNETİMİ

Gebelikte istenmeden, planlı ya da acil olarak, iyonizan radyasyona maruz kalmayı engellemek için akılda tutulması gereken en önemli nokta; doğurganlık çağındaki her kadının, tetkik öncesinde gebelik açısından sorgulanmasıdır. Radyoloji merkezlerinin çoğunun girişinde ya da bekleme salonlarında gebelik ile ilgili uyarılar bulunur.

Tablolarda görüldüğü üzere, sık yapılan radyografik, floroskopik, BT ve nükleer tıp incelemelerindeki fetal doz, belirlenen 50-100 mGy eşliğinin altındadır. Bu düzeylerin altında istenmeden radyasyona maruz kalındığında, gebeliğin sonlandırılması önerilmemektedir. Özellikle baş, boyun, göğüs ve ekstremitelerin incelemelerin fetusa getireceği riskler ihmal edilebilir düzeydedir.

Batın ve pelvis incelemelerinde, ilk inceleme olarak ultrasonografi tercih edilmelidir. Batın ve pelvis ultrasonografisi ile sonuca varılamayan hastalarda manyetik rezonans görüntüleme (MRG) alternatif olmalıdır. MRG imkânı olmayan bir kuruluştaki bulunuluyorsa, ultrasonografi ve MR ile yeterli klinik bilgi edinilemez ise ya da maternal travma söz konusu ise; batın ve pelvisin tek bir BT incelemesi fetusa minimal risk getireceği için, yapılması uygundur. Bu bilgilerin ışığında, gebelikteki herhangi bir ilaç uygulaması ya da cerrahi girişimde olduğu gibi, in utero radyasyon riskini en aza indirmek için radyolojik ve nükleer tıp incelemelerinde de konservatif yaklaşılmalı, bunlar yalnızca gerekli olduğunda yapılmalı ve incelemelerde dozun mümkün olduğunca düşük olmasına çalışılmalıdır.

Gebeliğin bilinmediği erken dönemlerde yapılan radyolojik incelemeler ile ilgili hasta bilgilendirilirken incelemelerin radyolojik dozları referans olarak verilmeli ve hasta dosyasında arşivlenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Ünlübay D, Bilaloğlu P.[Fetal risks in radiological examinations and estimated fetal absorption dose]. *Diagnostic and Interventional Radiology* 2003;9(1):14-8.
2. 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):1705-22.
3. 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.
4. Ratnapalan S, Bentur Y, Koren G. "Doctor, will that x-ray harm my unborn child?". *CMAJ* 2008;179(12):1293-6.
5. McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD, Braun NN, Regner DM, Brown DL, et al. Radiation exposure and pregnancy: when should we be concerned? *Radiographics* 2007;27(4):909-17.
6. 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):517-24.
7. Schaefer C, Meister R, Wentzack R, Weber-Schoendorfer C. Fetal outcome after technetium scintigraphy in early pregnancy. *Reprod Toxicol* 2009;28(2):161-6.
8. Pandit-Taskar N, Dauer LT, Montgomery L, St Germain J, Zanzonico PB, Divgi CR. Organ and fetal absorbed dose estimates from 99mTc-sulfur colloid lymphoscintigraphy and sentinel node localization in breast cancer patients. *J Nucl Med* 2006;47(7):1202-8.
9. Pahade JK, Litmanovich D, Pedrosa I, Romero J, Bankier AA, Boiselle PM. Quality initiatives: imaging pregnant patients with suspected pulmonary embolism: what the radiologist needs to know. *Radiographics* 2009;29(3):639-54.
10. Wagner LK, Hayman LA. Pregnancy and women radiologists. *Radiology* 1982;145(2):559-62.
11. Bradley B, Fleck A, Osei EK. Normalized data for the estimation of fetal radiation dose from radiotherapy of the breast. *Br J Radiol* 2006;79(946):818-27.
12. Kal HB, Struikmans H. Radiotherapy during pregnancy: fact and fiction. *Lancet Oncol* 2005;6(5):328-33.
13. Fenig E, Mishaeli M, Kalish Y, Lishner M. Pregnancy and radiation. *Cancer Treat Rev* 2001;27(1):1-7.
14. Signorello LB, Mulvihill JJ, Green DM, Munro HM, Stovall M, Weathers RE, et al. Stillbirth and neonatal death in relation to radiation exposure before conception: a retrospective cohort study. *Lancet* 2010;376(9741):624-30.
15. Berlin L. Radiation exposure and the pregnant patient. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167(6):1377-9.
16. Shepard TH. Agents that cause birth defects. *Yonsei Med J* 1995;36(5):393-6.
17. Bronshtein M, Zimmer EZ, Blumenfeld Z. Early sonographic detection of fetal anomalies. In: Kurjak A, ed. *Textbook of Perinatal Medicine*. 1st ed. London: The Parthenon Publishing; 1998. p.263-80.