

GEBELİK VE RADYASYON

İsmet ŞAHİNLER*, Didem Çolpan ÖKSÜZ*

GİRİŞ

X-ışınlarının 1895 yılında W.C. Roentgen tarafınca keşfinden çok kısa bir süre sonra, radyasyonun dozuna ve maruz kalış süresine göre canlı doku ve organizmalar üzerine tahrip edici etkileri fark edilmiştir. Böylelikle, radyasyonun malign tümörlerin tedavisinde uygulanması başlamıştır. Radyasyon hasarı hızlı çoğalma özelliği gösteren hücrelerde daha etkindir. Eş zamanlı olarak, tümör hücreleri gibi hızlı çoğalma özelliğine sahip normal hücreler de benzer şekilde etkilenmektedir. Bunun nedeni, radyasyonun hücreler arasında seçici özelliğinin olmamasıdır. Günümüzdeki çağdaş onkolojik yaklaşımın ana temeli maksimum oranda tümör hücresi eradikasyonunun yanı sıra minimum seviyede normal doku hasarının sağlanmasıdır. Bunu sağlamak için birçok farklı tedavi yaklaşımları mevcuttur. Kişiler tedavinin yanı sıra tanı amacıyla da radyasyona maruz kalabilir. Tıbbi tanı veya tedavide kullanılan radyasyonlar çeşitlidir. Bu ışınlar iyonizan veya noniyonizandır. Tanı amaçlı radyoloji veya nükleer tıp alanında iyonize edici radyasyon kullanımı yaygındır. Radyasyonun fetus üzerine etkilerine geçmeden evvel, radyofizik bilgilerinin kısaca hatırlatılmasının yararlı olacağı kanısındayız.

İyonize Edici Radyasyon: Atomu pozitif çekirdek ve negatif elektronlar dengede tutmaya çalışır. Dengeye gelmemiş çekirdek, elektron ya da sadece enerji yayarak daha kararlı hale gelmeye çalışır. Çekirdeğin kararlı hale geçmek için atomdan ortama salınan parçacık ya da enerji radyasyon olarak tanımlanır. İnsanlar uzaydan ve güneşten gelen ışınlar, yeryüzünde bulunan maddeler, teknolojik araçlardan radyasyon alırlar. Bu tip radyasyonun elektromanyetik dalgaların dalga boyları çok uzun olduğundan enerjileri düşüktür ve iyonize edici özellikleri yoktur. Radyolojik görüntüleme yöntemlerinde ve radyoterapide kullanılan ışınların "iyonize edici" özelliği vardır. İyonize radyasyon etkilediği maddelerdeki atomların elektronlarını koparacak enerjiye sahip olduğu için, hücrelerde DNA hasarına ve genetik değişikliklere yol açabildiği gibi serbest radikal ve iyon oluşumuna neden olarak hücrelerin ölmesine de neden olabilir. Ancak bu etki radyasyona maruz kalma süresine, şiddetine ve maruz kalan vücut bölgesine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bazı etkiler hemen ortaya çı-

karken bazı etkileri uzun yıllar sonra kendini gösterebilir. İyonize radyasyonun insan dokusundaki absorbe dozu tanımlamak için eskiden rad birimi kullanılmaktaydı. 1 rad, ışınlanan maddenin 1 gramında 100 erg'lik enerji absorpsiyonu oluşturan radyasyon miktarını tanımlar. Günümüzde artık SI birimleri yani rad yerine Gray (Gy) kullanılmaktadır. 1 Gy 1 kg'da 1 joule enerji absorpsiyonuna eşdeğerdir. Buna göre 1 Gy 1000 mGy veya 100 rad şeklinde ifade edilebilir. Farklı radyasyon tiplerinin canlı sistemlerde oluşturacağı etkilerin farklı oluşu sadece biyolojik sonuçla ilgili, bütün radyasyonlar için kullanılabilecek bir ifadenin ortaya konmasını zorunlu kılmıştır. Bu yüzden doz eşdeğeri kavramı geliştirilmiştir. Bu eğer absorplanan doz ile ifade edilirse doz eşdeğeri rem, Gy ile ifade edilirse sievert (Sv)'dir (1).

PRENATAL RADYASYONUN ETKİLERİ:

İyonize radyasyona en hassas olan hücreler hızlı bölünen ve mitotik fazdaki hücrelerdir. Embriyo ve fetüste bir yandan hızlı hücre bölünmeleri ile büyüme meydana gelirken, bir yandan farklılaşma olayları ile çeşitli organ taslaklarının gelişmesi gerçekleşir. Bu nedenle embriyo ve fetus tüm prenatal gelişim periyodu sırasında radyasyona oldukça duyarlıdır. İyonize edici radyasyonun fetus üzerindeki zarar verici etkileri hem hayvan modellerinden hem de henüz gerekli korunma önlemlerinin alınmadığı dönemlerde tıbbi amaçla ışınlamalara maruz kalan hastalar ve Japonya'ya atılan atom bombası sonrası sağ kalan hamilelerden elde edilen verilerden anlaşılmıştır. Diagnostik radyasyonla verilen daha düşük dozların uzun vadedeki etkileri ise epidemiyolojik çalışmalar veya yüksek dozların etkilerinden çıkan teorik açıklamalarla tahmin edilebilmektedir (2-4).

Prenatal dönemde maruz kalınan iyonize radyasyon deterministik etki denilen intrauterin ölüm, organ malformasyonları, büyüme geriliği ve zeka geriliği; sitokastik etki denilen lösemi, solid tümörler ve genetik anomalilere sebep olabilmektedir. Deterministik etki bir eşik doz değerinin üstündeki dozlarda meydana gelir ve etkinin derecesi dozun artışına paralel olarak artmaktadır. Sitokastik etkiler ise tek bir hücrenin etkilenmesi ile oluşabilir ve meydana gelebilmeleri için kesin bir eşik doz değerinden bahse-

* İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İstanbul

dilmemektedir. Radyasyonun gelişme sürecine etkilerini belirleyen faktörlerden en önemlileri radyasyona fetal gelişimin preimplantasyon, organogenez ve fetüs evrelerinden hangi evrede maruz kalındığı, maruz kalınan doz ve doz hızıdır (2-4):

FETAL GELİŞİM EVRELERİ:

Preimplantasyon evresi (0-2 gestasyonel hafta): Bu evre, yumurtanın döllenişini ile uterus duvarına implantasyonu arasındaki süreleri kapsar. Preimplantasyon ve implantasyon periyodunda radyasyonun başlıca etkisi düşüğe neden olmasıdır. Bu düşüklüğün çoğu beklenen adet kanamasından önce meydana geldiği için genelde fark edilmez. Bu yüzden bu dönemde uygulanan radyasyonun etkileri çoğunlukla hayvan çalışmalarına dayanarak belirlenmiştir. Bu dönemde 0.10-0.15 Gy eşik doz değerleri bildirilmiştir. Bu evrede uygulanan radyasyon doza bağlı olarak embriyonun implante olamaması ve ölmesine sebep olabilir. Eğer embriyo ölmez ise, implantasyon gerçekleşir ve normal gelişme devam eder. Bu durumda çeşitli anormalliklerin oluşma riski oldukça düşüktür (2-5).

Organogenez evresi (3-7 gestasyonel hafta): Hücre farklılaşması ve birçok organın geliştiği bu evre radyasyona karşı en duyarlı dönemdir. Organogenez döneminde eşik radyasyon değeri olarak 0.05 ile 0.5 Gy arasında değişen değerler bildirilmiştir (3-6). Bu evrede doğum öncesi ölüm olaylarının oranı azalır, doğumsal anormalliklerin ve doğum sonrası ölüm olaylarının oranında artış meydana gelir. Evrenin erken dönemlerinde radyasyona maruz kalan embriyolarda büyüme gecikip normalden daha düşük ağırlıkta doğumlar görülebilir. Organogenez evresinde her organ belli süreler içinde oluşur. Bu durumda, ışınlama esnasında hangi organlar oluşuyor ise o organlarla ilgili anormalliklerin meydana gelme olasılığı yüksektir. Alınan doz 100-200 mGy ve üzeri ise hücre, doku ve organ hipoplazisi oluşabilir (2,3). 40 mGy ve altındaki dozlarda mikrosefali, anensefali, spina bifida, büyümede gecikme, göz hasarları görülebilmektedir (7). Eğer annenin aldığı doz 1.5 Gy veya üzeri ise mikrosefali oranının arttığı ama buna her zaman ciddi zeka geriliği eşlik etmediği, radyasyona bağlı ortaya çıkan mikrosefali olgularının sadece %25'inde zeka geriliği saptandığı belirtilmiştir (7,8).

Fetüs evresi (>7 gestasyonel hafta): Radyasyona en dirençli olan hamileliğin bu son döneminde, organların oluşumu tamamlanır ve fonksiyonel süreçlerin gelişimi ön plana çıkar. Bu evrede uygulanan radyasyon sonrası ölüm ve doğumsal anormalliklerin görülme oranı son derece düşüktür ve embriyoyu öldürmek için erken evrelere oranla çok daha yüksek dozlar gereklidir. Hiroşima ve Nagazaki'de prenatal radyasyona maruz kalmış 1544 çocukta yapılan incelemeler zeka geriliği ve mikrosefali gelişimi açısından en riskli dönemin 8.-15. gebelik haftaları arasında radyasyona maruz kalınması olduğunu, bu dönemde alt sı-

nır olarak 0.06-0.31 Gy prenatal ışın almış çocuklarda her Gy için ciddi zeka geriliği riskinin %40 oranında arttığını göstermiştir. 16.- 25. gebelik haftaları arası radyasyona maruz kalanlarda zeka geriliği riskinin azalarak devam ettiği, yaklaşık 0.28 Gy'e maruz kalınması durumunda her Gy için 0.1 oranında riskin arttığı ve 25. gebelik haftasından sonra ve 8. gebelik haftasından önce maruz kalınması durumunda ise zeka geriliğinin meydana geldiği belirtilmiştir (2-4,8,9). Bu dönemde zeka geriliği olan her olguda mikrosefali görülmeyebilir.

Zeka geriliği olanlarda IQ (intelligency quote=zeka seviyesi) seviyesi 70 puanın altındadır ve normal populasyonda %3 oranında görülür. Doğan bebeklerin IQ puanları incelendiğinde IQ düşüklüğü gelişimi için en yüksek riskin anne adayının 8.-15. gebelik haftaları arasında radyasyona maruz kalması olduğu belirlenmiş ve 100 mGy'in altındaki dozlarda IQ puanında belirgin etki görülmemiştir (2,3). Normal IQ düzeyi 100 olarak alınırsa 8.-15. gebelik haftalarında 1 Gy radyasyona maruziyette 30 puanlık azalma tespit edilirken, 16-25 hafta arasında radyasyona maruz kalma durumunda IQ'da gerilemenin daha az olduğu görülmüştür (8-10).

Hamileliğin 30. haftasından sonraki ışınlamalarda, anormalliklerin meydana gelme olasılığı azalmasına rağmen fonksiyonel bozukluklar, ciltte eritem, anormal pigmentasyon, epilasyon, hematolojik problemler gelişebilir.

RADYASYON DOZU VE DOZ HIZI:

Radyasyonun gelişme sürecini etkileyen diğer faktör ise maruz kalınan dozdur. Düşük dozlarda in utero radyasyon nedeniyle oluşan ölü doğumlarda radyasyonun hasarlarını tespit etmek oldukça zordur. Çünkü, intrauterin dönemde hiçbir teratojen etkene maruz kalmayan bebeklerin bile %3-6 oranında anomalilerle dünyaya gelme riskinden bahsedilmektedir (3,4,11). Hamile bayanın radyasyona maruz kaldığı zaman oluşabilecek riskler ve öneriler Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından yayınlanan raporlarla belirtilmektedir (2,3). Amerikan Radyoloji Derneği, ICRP bir kez uygulanmış olmak şartıyla günümüzde kullanılan direkt grafilerin embriyo ya da fetus üzerinde olumsuz bir etki gösterecek özelliğe sahip olmadığını belirtmiştir (2,12). Fetusa zararlı olabilecek iyonize radyasyon kümülatif dozunun 5 rad (50 mGy) olduğu, fetusun bu miktarın altında radyasyona maruz kalması durumunda ise zarar görme olasılığının son derece uzak olduğu ve konjenital anomali riskinin anlamlı olarak artmadığı belirtilmiştir (2,5,12-14). Birçok ülkede meslekleri gereği radyasyonla çalışan annelerde, fetüsün tüm hamilelik dönemi boyunca alınmasına izin verilen en yüksek doz 5 mSv, yıllık biriken doz da 20 mSv' dir (4,5). Son zamanlarda, hamileliğin tespitinden sonra radyasyonla uğraşan kadında hamileliğin geri kalan döneminde fetusun 1mSv (1 mGy) altında doz alması önerilmektedir (2,8,13).

Radyasyonun gelişme sürecine etkileri açısından bir eşik dozun varlığı konusu da tartışmalıdır. Hayvan deneylerinden elde edilen sonuçlar, eşik dozun var olabileceğini ve bu dozda hasarın çok düşük olduğu kabul edilmektedir. Hammer-Jacobsen 10 cGy'yi eşik doz olarak kabul etmekte ve gebeliğin ilk 6 haftalık döneminde bu dozda radyasyona maruz kalması halinde, anormal çocuğun doğmasını önlemek amacı ile hamileliğinin kürtaj işlemi ile sonlandırılmasını önermektedir (15). Ancak, kesin bir doz değerinin belirlenmesi oldukça güçtür. İyonize radyasyona maruz kalma sonrası, gebeliğin sonlandırılması kararı için birçok faktör değerlendirilmelidir. Fetusun 100 mGy'den daha düşük dozlarda radyasyona maruz kalması gebeliğin sonlandırılması için tek başına yeterli bir neden olmadığı belirtilmektedir. Özellikle fetusun gestasyonun 10.günü ile 25. haftası arası 100 mGy'den daha fazla radyasyon alması durumunda fetal malformasyon, merkezi sinir sistem hasarı, büyüme geriliği oluşma riskinin artmasından dolayı olgunun tıropatik abortus açısından değerlendirilmesi önerilmektedir (2,4). Ancak bu karar multidisipliner ekip tarafından gebeliğin evresi, tahmini fetus dozu, ailenin etik ve dini inanışları, teratojen ilaç kullanımı gibi ek faktörler de dikkate alınarak ve aile ile riskler tartışılarak verilmelidir. Ayrıca, prenatal dozda tahmini sınır değerlerin çoğunlukla hayvan deneylerine dayandırılması, iyonizasyon etkileşim verilerinin toplanmasında güçlüklerin olması ve 3-5 cGy düşük dozlarda bile olası sitokastik etkinin varlığından dolayı her olgu kendi koşulları içinde ele alınarak, 1 mGy üstündeki değerlerde anne ve babaya ayrıntılı açıklama ve durum değerlendirilmesi yapılması önerilmektedir (2,5,7,8).

Fetüs üzerine radyasyonun etkisinde doz hızı da belirleyici faktör olarak görülmektedir. Birçok veri tek doz radyasyona maruziyet sonuçlarını göstermektedir. Oysaki embriyoda oluşan birçok bozukluğun, doz hızının düşürülmesi, fraksiyasyonun artırılması ile dokuların iyileşme sürecine izin verilmesiyle önemli ölçüde azaldığı bildirilmektedir (4).

RADYASYONUN GENETİK VE KARSİNOGEN ETKİLERİ:

Radyasyon potansiyel olarak gelecek kuşakları etkileyen mutasyonlara yol açabilir. Ancak, çekinik mutasyonlar birkaç kuşak sonra etkisini gösterebilir. Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda radyasyonun karmaşık yeni mutasyonlar yarattığı gösterilmiştir (3,4). Düşük dozların kromozomlarda meydana getirdiği ufak değişiklikleri insanda göstermek oldukça güçtür. Veriler, radyasyonun yarattığı yeni mutasyonların, genel popülasyondaki doğal gen mutasyonlarından hafif bir artışa yol açtığını göstermektedir. 10 mGy sonrası genetik hastalık oluşma olasılığı %0.012- %0.099 olarak tahmin edilmektedir (13).

Embriyonel ışınlamaların en korkulan etkisi uzun dönemde ortaya çıkan kanserlerdir. Yüksek dozlarda radyasyo-

nun karsinojenik etkisi gösterilmiştir. Düşük doz radyasyona maruz kalan kişilerle yapılan epidemiyolojik bazı çalışmalar radyasyonun karsinojenik etkisi hakkında bize bazı fikirler vermektedir, ancak riskin boyutu bilinmemektedir. Bazı çalışmalarda prenatal düşük dozlarla radyasyonun çocukluk çağı solid tümör ve lösemi riskinin arttığı ve rölatif riskin 1.5-2.4 olduğu gösterilmiştir (16,17). Bu konuda en geniş kapsamlı çalışma ise Stewart ve Kneale tarafından yapılmış ve x-ışını uygulanması ile kanser riskinin yaklaşık %50 oranında artabileceğini belirtmişlerdir (16). Ancak, bu çalışmada fetal veya embriyonik doz kesin olmadığı için artan her doz için artan risk doğru tahmin edilememektedir ve sonuçlar çalışmadaki bazı eksikler nedeniyle çok tartışmalıdır. MacMahon ve ark. (17) da çalışmalarında prenatal radyasyon ile lösemi görülme arсында anlamlı ilişkinin varlığını göstermişlerdir.

Bazı çalışmalarda, özellikle Hiroşima ve Nagasaki'de prenatal radyasyona maruz kalmış kişilerde kanser oluşumu ile radyasyon arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır (18,19-23). 1953-1981 yıllarında İngiltere'de kanserden ölen 15041 çocukta gebelik öncesi, sonrası ve sırasında mesleki bilgi altında ve eşit sayıda kontrolle eşleştirildiğinde radyasyonla ilişki bulunmamıştır (24). Meinert ve ark.'larının Alman çocuklarında yaptığı çalışmada, çocukluk çağı kanserlerinin gelişmesinde prenatal iyonize radyasyona maruz kalmanın önemli rol oynamadığı gözlemlenmiştir (18)

Embriyonel ışınlamaların karsinogen etkisi görüldüğü gibi oldukça tartışmalıdır (3). Vaka kontrol çalışmalarından nedensel ilişki bulunurken, kohort çalışmalarında ilişki bulunamamıştır. Çalışmaların retrospektif olması, radyasyondan etkilenen kişi sayısı toplumdaki kanserin doğal insidansıyla karşılaştırıldığında daha az olması, hayvan deneylerinden elde edilen sonuçların insana uyarlamasındaki zorluklar, latent period düşük doz etki çalışmalarını zorlaştıran nedenlerdir. Son incelemelerde, embriyonun radyasyona maruz kalması ile kanser oluşumu arasındaki ilişkiyi açıklayan doğrudan bir kanıt olmadığı vurgulanmakla birlikte, embriyo ve fetüsün karsinogen etki bakımından çok duyarlı olduğu ve rölatif risk 1.4 olarak belirtmiştir (16,25). Doll ve Wakeford (25)'un incelemelerinde in utero 10 mGy radyasyona maruz kalan fetüslerde çocukluk kanser riskinin arttığı, her 1 Gy başına ise %6 absolut risk olduğu belirtilmektedir.

GEBELİK VE RADYOTERAPİ

Gebelikte radyoterapi multidisipliner yaklaşımı gerektiren, hasta ve hekim arasında sıkı diyalog gerektiren bir konudur. Radyoterapi ile fetusun aldığı doz yüksek olduğu için tedavi öncesi doğurganlık çağındaki kadınlarda gebelik durumunu mutlaka sorgulamalıdır ve tedavi boyunca gebe kalmaması gerektiği söylenmelidir. Gebelikte radyoterapi kararı tümörün yerleşim yeri, evresi, alternatif tedavi yön-

temleri, yarar-zarar dengesi, gebeliğin hangi evrede olduğu, hastanın ve ailenin kendi koşulları göz önüne alınarak etik kurallara uyarak verilmelidir. Radyoterapi, özellikle pelvik yerleşimli tümörlerde fetusta mortalite ve morbidite meydana getirebileceği için gebelik sonrasında ertelenmeye çalışılmalı veya başka tedavi yöntemleri tartışılmalıdır. Eğer radyoterapinin uygulanmaması hastanın sağkalımını olumsuz yönde etkileyecek ise, hasta ile töröpatik abortus tartışılmalıdır. Pelvis dışı yerleşimli kanserlerde radyoterapi ertelenemiyor ise en azından hamileliğin 2. dönemin ortasına kadar beklenmelidir. Ayrıca, tedavi öncesi tedavi planı ve fantom ölçümleri yapılarak fetusun alacağı doz önceden tahmin edilmeli, tedavi sırasında potansiyel riskleri azaltmak için gerekli planlamalar ve korumalar yapılmalı, 25 MV'den az foton enerjisi kullanılmalı, in-vivo dozimetrisi kullanılarak fetusun aldığı doz bilinmelidir (2,26,27). Standart bir supradiafragmatik bölgenin ışınlanmasında fetusa ulaşan radyasyon miktarının büyük bir kısmı dış ortamdan alınan radyasyondan çok, annenin dokularından fetusa yansıyan, kolimatör, blok gibi ışın biçimlendiriciler nedeniyle saçılan dozlardır (2,5,26,27). Araştırmalar supradiafragmatik bölgenin abdominal koruma ile ışınlanması sonrası fetusun aldığı dozun total verilen dozun %1.2-%7.1 ini aldığını göstermiştir (7). Ancak, kemoterapi sonrası tümörün küçülmesi ve radyoterapi tekniğindeki gelişmeler ile daha küçük alanlar ışınlanmakta, dolayısı ile sağlıklı doğumlar gerçekleşmektedir. Radyoterapi öncesi anne ve aile uygulanacak radyoterapi ile fetusun alacağı doz ve bunun fetusa etkileri konusunda bilgilendirilmeli ve onam formu alınmalıdır.

GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ VE FETAL DOZ TAHMİNİ:

Tıbbın hemen her alanında birçok hastalığın tanı ve değerlendirilmesinde yaygın olarak radyolojik görüntüleme yöntemlerinden yararlanılır. Bu değerlendirmeler sırasında hastanın gebe olması çok dikkat edilmesi gereken özel bir durumdur. Bilinci yitmiş ya da gebeliğinin henüz farkında olmayan anne adaylarında radyolojik inceleme, radyasyonun bebek üzerindeki muhtemel etkilerini nedeniyle daha sonra hem gebe ve ailesinde hem de tedavi uygulayan hekimde endişelenmelere yol açar. Ayrıca, gebelik sırasında uygun teşhis ve tedavi için istenilen radyolojik tetkikler veya uygulanması gereken radyoterapi multidisipliner yaklaşımı gerektiren, hasta ve hekim arasında sıkı diyalog gerektiren konudur. Genellikle, yetersiz bilgi nedeniyle bu tip problemler gebeliğin gereksiz yere sonlandırılmasına neden olabilmektedir. Oysaki, gebelerde direkt grafi, floroskopi, seri ilaçlı ve ilaçsız filmler (sindirim sistemi seri grafi gibi), tomografi, anjiyografi, nükleer tıp uygulamaları (akciğer için ventilasyon/perfüzyon, tiroid sintigrafisi, talium kalp sintigrafisi gibi) gibi yöntemler söz konusu olduğunda bebek üzerine olan riski belirlemek için maruz kalınan dozu hesaplayarak karara varmak daha doğrudur (2,5). Bu durum bilimsel yönden olduğu kadar ve adli yön-

den de gereklidir. Fetusun aldığı dozu tahmin etmede birçok teknik kullanılır (2,5,13). Aynı ülkede, aynı olguda bile çok farklı dozimetrik sonuçlar elde edilebilir.

Radyolojik inceleme için kullanılan radyasyon kaynağından yayılan ışının dozu ile dokunun aldığı doz, annenin aldığı doz ile fetal doz birbirinden farklıdır. Toplam dozdan belli bir dokuya ulaşan doz miktarı kaynağın dokuya yakınlığı, dokunun kalınlığı, uterusun antevort veya retrovert olması, mesane doluluğu, fetusun cilde uzaklığı, gebeliğin evresi ve kullanılan aletin "kalitesi" ile ilişkili olarak farklılıklar gösterir. Fetal dozun hesaplanmasında radyolojik incelemenin hangi pozisyonda alındığı (AP, PA, lateral, oblik), teknik faktörler (radyografik, floroskopik), X-ışınına maruz kalan alanın büyüklüğü, ışın kalitesi (tüp potansiyeli, jeneratör tipi, filtrasyon), ışın kaynağı ile film mesafesi bilinmelidir (5,28). Digital radyografi teknikleri ile fetusun aldığı doz anlamlı olarak azalmaktadır (13).

Gebelik sırasında çekilen pelvis dışı herhangi bir tanısal direkt grafide fetusa ulaşan doz, zarar verebilecek dozdan daha azdır. Anne kurşun gömlek giyiyorsa maruz kalınan doz önemsiz düzeye iner. Çekilen 21 adet dış film neticesinde ise fetusa ulaşan radyasyon dozu anne adayının çevreden 3 günde aldığı dozdan daha azdır. Ama pelvis alanı görünülmesinde fetusun aldığı doz miktarı daha yüksektir.

Floroskopik incelemelerde otomatik doz kontrol sisteminin kullanılması doz kontrolünde anlamlı etki oluşturmaktadır ve önlem sağlamaktadır. Magnifikasyon modunda, görüntü kuvvetlendiricinin alanı azalmakta ve alınan doz artmaktadır. Fetal doz tahmini için floroskopik tüp potansiyeli, tüp akımı ve gridin kullanılıp kullanılmadığı gibi bazı faktörlerin bilinmesi gerekmektedir; dijital ve/veya magnifikasyon modunun kullanılıp kullanılmadığı ve ışınlama süresi önem kazanmaktadır. Ancak, genellikle floroskopi süresi kaydedilmediğinden fetusun aldığı dozu net söylemek oldukça güçtür (5).

Pelvis dışı bilgisayarlı tomografi (BT) incelemelerinde fetal doz, saçılan ve kolime edilmiş ışıktan sızan radyasyondur. Fetusun aldığı doz; kesit sayısı, kalınlığı, taranan alan, hastanın kalınlığı, fetusun ciltten uzaklığı ve hangi tip makine kullanıldığına bağlı olarak değişir (28). Gebenin hacmine ve fetüsün inceleme alanındaki volümüne bağlı olarak tahmini doz hatası yaklaşık %15 ile % 25 arasında değişebilir. Spiral BT aynı tarama alanının incelenmesinde konvansiyonel BT'ye göre %10 yüksek radyasyon dozuna neden olmakta; diğer tarama parametreleri aynı kalarak pitch (kesit kalınlığı/ masa hareketi) arttırıldığında ise alınan doz azalmaktadır. Pitch 1.1'in üzerinde olduğunda çoğu inceleme için alınan integral doz konvansiyonel BT'ye göre daha azdır (29). Tomografi çekimi sırasında eğer pelvis alan içi değilse kurşun korumalar kullanılması önerilir. Tablo I'de kontrast madde verilmeksizin çe-

kilen farklı alanların radyolojik incelemelerinde absorbe edilen fetal dozlar için ortalama ve maksimum değerler gösterilmiştir.

Tablo I. Sık kullanılan radyolojik görüntüleme yöntemleri sonrası olası fetusun aldığı dozlar (Ref.2. Valentin J. Pregnancy and medical radiation. ICRP publication 84. Ann ICRP 2000; 30:1-43)

Inceleme	Ortalama doz (mGy)	Maksimum doz (mGy)
Direkt grafiler		
Kraniyografi	<0.01	<0.01
Akciğer filmi	<0.01	<0.01
Torakal vertebra	<0.01	<0.01
Lumbar vertebra	1.7	10
Batın filmi	1.4	4.2
İv urogram	1.7	10
Pelvis	1.1	4
Floroskopik incelemeler		
Üst gastrointestinal sistemin baryumlu incelemesi		
	1.1	5.8
Baryum enema		
	6.8	24
Bilgisayarlı Tomografi (BT)		
Kranial BT	<0.005	<0.005
Toraks BT	0.06	0.96
Batın BT	8	49
Lumbar vertebra BT	2.4	8.6
Pelvis	25	79

Radyolojik inceleme yapılacak bayan hastalarda bazı alınması gereken önlemler vardır. Radyoloji isteği yapılırken veya çekimden evvel doğurganlık çağındaki kadınlarda gebelik durumunu mutlaka sorgulamalıdır, herhangi bir tereddüt ya da adet gecikmesi durumunda özellikle yüksek dozlu ve pelvik bölgeyi kapsayan X ışını tetkikin 28 gün sonrasına ertelenmesi önerilmektedir. Radyoloji bekleme ve inceleme odalarında gebeleri ve gebelik olasılığı olan kadınları uyarıcı nitelikte yazılar bulunmalıdır. Gebelik sırasında mutlaka radyolojik inceleme yapılması gereken durumlarda, verilecek radyasyonun zararı ya da incelemeyi ertelemenin risklerini doktor hasta ile tartışılmalı, mümkünse alternatif iyonizan radyasyon riski taşımayan (ultrason, MRI gibi) tanısal yöntemler tercih edilmelidir. Eğer incelemeyi yapmak tıbbi açıdan kesin gerekiyorsa, daha düşük dozla, sınırlı pozisyonlarda, fetusu etkileyen kontrast madde kullanmadan ve karın üzerine kurşun gömlek konularak film çekilmesi önerilir. Örneği ürolithiasis tanısı için rutin intravenöz urogram yerine 1 ön film ve kontrast sonrası 10-15 dakika sonra tek film yeterli olabilir. Floroskopi yapılması gerekiyorsa mutlaka süre azaltılmalıdır. Çünkü 7 dakikayı geçen floroskopilerde fetus dozu 50 mGy'in üzerindedir. Tomografi çekimlerinde kesit sayısı azaltılabilir, sadece gerekli bölge taranabilir.

Gebe olan ya da olduğu sonradan anlaşılan, radyolojik inceleme yapılmış olgularda mutlaka fetusun aldığı tahmini doz hesaplanmalıdır. Radyasyon riski ile ilgili olarak yapılan incelemeler ve aile ile yapılan tüm konuşmalar kayıtlara geçirilmelidir (2,5).

SONUÇ:

Fetüs hızlı bölünen ve çoğalan hücrelerden oluştuğundan, radyasyona erişkinden çok daha duyarlıdır. Gebelik döneminde maruz kalınan iyonize radyasyonun fetus üzerine en sık görülen biyolojik etkileri intrauterin ölüm, kongenital malformasyonlar, mikrosefali, zeka geriliği, büyüme geriliği ve kanserlerdir. Radyasyonun etkisi fetüsün maruz kaldığı gestasyonel dönem, absorbe radyasyon dozu ve doz hızı ile ilişkilidir. Hamile kadınların radyasyona maruz kalmasından güçlü klinik endikasyon olmadıkça kaçınılmalı ve mutlaka inceleme yapılması gerekiyorsa alternatif tanısal yöntemlere başvurulmalıdır. Eğer, gebe iyonize radyasyona maruz kalmışsa, mümkün olduğu kadar doğru bir şekilde fetüse etki eden doz hesaplanmalıdır. Son zamanlarda radyoloji alanındaki teknolojik ilerlemeler incelemeler esnasında maruz kalınan doz miktarını belirgin şekilde azaltmaktadır. Bir kez uygulanmış olmak şartıyla direkt grafi ile fetus 5 rad'ın altında radyasyona maruz kalmaktadır ki bu durumda fetusun zarar görme olasılığının son derece uzak olduğu belirtilmektedir. Ancak düşük dozda bile olası sitokastik etkinin varlığından dolayı, 1 mGy üzerindeki dozlarda intrauterin radyasyona maruz kalmış anneler, radyasyonun etkileri hakkında bilgilendirilmelidir. Gebeliğin sonlandırma kararı multidisipliner ekip tarafından gebeliğin evresi, tahmini fetus dozu, ailenin etik ve dini inanışları, teratojen ilaç kullanımı gibi ek faktörler de dikkate alınarak ve aile ile riskler tartışılarak verilmelidir.

KAYNAKLAR:

1. Hall EJ, Giaccia AJ. Radiation Protection. Radiobiology for the radiologist. 6th ed. Philadelphia: Lippincott; 2006: 224-239.
2. Valentin J. Pregnancy and medical radiation. ICRP publication 84. Ann ICRP 2000; 30:1-43.
3. Valentin J. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP publication 90. Ann ICRP 2003;33:1-200
4. Hall EJ, Giaccia AJ. Effects of radiation on the embryo and fetus. Radiobiology for the radiologist. 6th ed. Philadelphia: Lippincott; 2006: 168-180
5. Wagner LK, Lester RG, Saldana LR. Exposure of the pregnant patient to diagnostic radiations. 2nd ed. Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin; 1997.
6. Sikov MR. Hazards and risks from prenatal irradiation: emphasis on internal radionuclide exposure. Radiat Prot Dosim 1992; 41: 265-72
7. Tewari KS. Cancer in pregnancy. In: DiSaia PJ, Creasman WT; eds. Clinical Gynecologic Oncology. 7th

- ed. Mosby, elsevier; 2007: 468-531
8. Fattibene P, Mazzei F, Nuccetelli C, Risica S. Prenatal exposure to ionizing radiation: sources, effects and regulatory. *Acta Paediatr* 1999; 88:693-702.
 9. Roesch WC, eds. US-Japan Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki: Final Report. Hiroshima: Radiation Effect Research Foundation:1987
 10. Otake M, Schull WJ. Review: Radiation related brain damage and growth retardation among the prenatally exposed atomic bomb survivors. *Int J Radiat Biol* 1998; 74:159-171.
 11. Ossi E, Faulkner K. Fetal doses from radiological examinations. *Brit J of Radiol* 1999; 72:773-780.
 12. American College of Radiology. AcoR 04-05 bylaws. Reston, Va: American College of Radiology, 2005.
 13. Lowe SA. Diagnostic radiography in pregnancy: Risks and reality. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 2004; 44 (3): 191-196.
 14. Brent RL. Utilization of developmental basic science principles in the evaluation of productive risks from pre- and post conception environmental radiation exposure. *Tetrology* 1999; 59: 182-204.
 15. Hammer-Jacobsen E. Therapeutic abortion on account X-ray examination during pregnancy. *Dan Med Bull* 6: 113, 1959.
 16. Stewart A, Kneale GW. Radiation dose effects in relation to obstetric x-rays and childhood cancers. *Lancet* 1970; 1: 1185-1188.
 17. MacMahon B. Prenatal X-ray exposure and childhood cancer. *J Natl Cancer Inst.* 1962; 28: 1173-1191.
 18. Meinert R, Kaletsch U, Kaatsch P, et al. Associations between childhood cancer and ionizing radiation: results of a population-based case-control study in Germany. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1999;8:793-9.
 19. Court Brown WM, Doll R, Hill RB. Incidence of leukaemia after exposure to diagnostic radiation in utero. *BMJ.* 1960; 2: 1539-1545.
 20. Polhemus DW, Koch R. Leukaemia and medical radiation. *Pediatrics.* 1959; 23: 453-461.
 21. Murray R, Heckel P, Hempelmann LH. Leukemia in children exposed to ionizing radiation. *N Engl J Med* 1959; 261: 585-589.
 22. Ford DD, Paterson JCS, Treuting WL. Fetal exposure to diagnostic X-rays and leukaemia and other malignant diseases in childhood. *J Natl Cancer Inst.* 1959; 22: 1093-1104.
 23. Naumburg E, Belloco R, Cnattingius S, et al. Intrauterine exposure to diagnostic X-rays and risk of childhood leukaemia subtypes. *Radiat Res.* 2001; 156: 718-723.
 24. Sorahan T, Hamilton L, Gardiner K, et al. Maternal occupational exposure to electromagnetic fields before, during, and after pregnancy in relation to risks of childhood cancers: findings from the Oxford Survey of Childhood Cancers, 1953-1981 deaths. *Am J Ind Med* 1999; 35:348-57.
 25. Doll R, Wakeford R. Risk of childhood cancer from fetal irradiation. *Br. J Radiol* 1997; 70:130-9.
 26. Stovall M, Blackwell CR, Cundiff J, et al. Fetal dose from radiotherapy with photon beams: Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group no:36. *Med Phys* 1995; 22 (1), 63-82.
 27. Nuyttens JJ, Prado KL, Jenrette JM, Williams TE. Fetal dose during radiotherapy: Clinical implementation and review of the literature. *Cancer/Radiotherapie* 2002;6: 352-357.
 28. McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD, et al. Radiation exposure and pregnancy: When should we be concerned?. *RadioGraphics* 2007; 27:909-918.
 29. Damilakis J Perinakis K, Voloudaki A, et al. Estimation of fetal radiation dose from computed tomography Scanning in late pregnancy. *Invest Radiol* 2000; 35:527-533.