

Girişimsel radyolojideki sessiz tehlike

Silent hazard in interventional radiology

* Selçuk Yaşar
** Mustafa Saygın
*** Gürsel Çetinkaya
*** Tuna Parpar

* Özel Sevgi Hastanesi,
Balıkesir.
** Süleyman Demirel Üniversitesi
Tıp Fakültesi Radyodiagnostik
AD, Isparta.
*** Süleyman Demirel Üniversitesi
Tıp Fakültesi Fizyoloji AD,
Isparta.

Öz

Radyasyona en fazla maruz kalan kişiler olan radyasyon çalışanlarının, uzunca bir süre içinde aralıklı olarak düşük dozlarla maruz kalması yani kronik olarak ışınlanması sonucu meydana gelebilecek etkiler, yıllar sonra ortaya çıkabilen çoğu kez ölümcül olan bir dizi hastalık ve etkiyi kapsamaktadır. Bunun sebebi ise, doz düşük dahi olsa tekrarlanan ışınlanmalarda organizmanın bir sonraki ışınlanmaya kadar hasarı onaramaması ve hasarın giderek artabilmesidir. Birçok bilim adamı, ne kadar az olduğunu önemsemeksizin, radyasyon ışınlamalarının kanser riski taşıdığını kabul eder. Alınan doz ne kadar düşük seviyede tutulursa, radyasyonun kötü etkilerinin ortaya çıkma olasılığı da o derecede azaltılmış olacaktır. Floroskopi eşliğinde gerçekleştirilen tanısal ve tedavi amaçlı yapılan tıbbi işlemler esnasında sağlık çalışanlarının, özellikle üst ekstremitelerinin, iyonizan radyasyona sıklıkla maruz kaldığı bilinmektedir. Bu derlemede girişimsel radyoloji ünitelerindeki üst ekstremiteye yönelik sessiz tehlike ve korunma yolları güncel bilgiler ışığında sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Girişimsel radyoloji, x ışını, radyasyon

Abstract

Radiology workers are most probably the professions who are exposed to the highest amount of radiation, therefore the biological effects that occur due to the intermittent exposure to low doses of irradiation for long term periods, may lead to chronic effects which would be observed after years and often cause a series of fatal diseases and impacts. The reason for this may be due to related to not to be able to repair the present damage until the next irradiation and therefore accumulation of the damage during these periods. Many scientists, has accepted to heed the less radiation irradiated to have the risk of cancer. Are kept on the lower level doses of radiation, the degree of the possibility bad effects of radiation may be reduced. Fluoroscopy-guided diagnostic and therapeutic medical procedures during the health care workers, especially in the upper extremities, are often exposed to ionizing radiation has known. In this review we draw attention to the interventional radiology units and prevention of danger to the upper limb and has presented in the light of current information.

Keywords: Interventional radiology, x-ray, radiation

Yazışma Adresi:
Uzm Dr. Selçuk Yaşar
Özel Sevgi Hastanesi, Balıkesir.
Telefon: +90 532 4207467
e-mail: selcukyasar0160@gmail.com

Radyasyon

Günümüzde radyasyon; radyoaktif maddelerin çıkardığı ışınların tümüne birden verilen isim olup, X ve γ -ışınları dalga tipi iyonlaştırıcı radyasyon grubunu oluşturmaktadırlar (1, 2). X ışınlarının 1895 yılında Alman Fizik Profesörü Prof. Dr. Wilhelm Conrad Röntgen (1854-1923) tarafından keşfi radyolojinin miladı olmuştur (3). İyonizan radyasyon içeren tanısıl radyolojik tetkiklerin temelini X-ışınları oluşturmaktadır (1, 4-6). Radyasyonun zararlı etkileri, X-ışınlarının tıbbi amaçlı kullanılmaya başlamasından kısa bir süre sonra belirtilmiştir ve X-ışınlarına bağlı ilk kanser vakası, 1902 yılında rapor edilmiştir (2).

Radyasyonun Zararlı Etkileri

Bergonie ve Tribondeau tarafından 1906 yılında geliştirilen "Radyobiolojinin Temel Kanunu" olarak isimlendirilen hipoteze göre, ışınlanan canlılarda gözlenen biyolojik etkiler, ışınlanan hücrelerin bölünme kapasiteleri ile doğru, farklılaşma dereceleri ile ters orantılıdır (5, 7). Radyobiolojinin Temel Kanunu'na göre radyasyona karşı duyarlılık en hassastan en dirençliye doğru sıralanırsa; hızla bölünen, farklılaşmamış en duyarlı hücreler; eritroblastlar (eritrosit ana hücreleri), bağırsak kript hücreleri, sperm ana hücreleri ve epidermis bazal hücreleridir. Hücreler farklılaştıkça hızlı bölünme devam etmesine rağmen hassasiyet azalmaktadır. Miyelositler ve sperm oluşturan hücreler bu gruba girmektedir. Radyasyona karşı en dirençli hücreler ise, bölünmeyen ve ileri derecelerde farklılaşmış olan kas, sinir hücreleri, olgun eritrositlerdir (5).

Canlı organizmasının temel yapısı olan hücre ve hücre çekirdeğinin içinde genetik bilgileri barındıran DNA'nın, ışınlanmış hücrelerde, esas hedef olduğu kanıtlanmıştır. Özellikle hücre bölünmesi sırasında hücre, radyasyona karşı en duyarlı evrededir ve bunda mitoz bölünme ile çoğalma sırasında DNA'nın iki katına çıkması ve radyasyonlar için daha fazla ışınlanacak bölge oluşturmalarının da payı olduğu kabul edilmektedir (5, 7). İyonizan radyasyonla ışınlama sonucu oluşan DNA ve kromozom hasarları tamir edilebilir, tamir edilmeden kalabilir veya yanlış tamir edilebilir (8). DNA ışınlanmasının 3 ana sonucu vardır: hücre ölümü, malignite gelişimi ve genetik hasardır (9).

Radyasyonun hücrede oluşturduğu etkiler ve biyolojik değişiklikler, saniyelerden 20-30 yıla kadar varan zaman

aralığında gelişebilir. Bu etkiler; hücre hareketlerinde yavaşlama veya durma, büyümede gecikme veya durma, hücre metabolizmasında ve hücrenin bölünmesinde (mitoz çoğalmasında) anormalliklerdir (6). Radyasyona en fazla maruz kalan kişiler olan radyasyon çalışanlarının, uzunca bir süre içinde aralıklı olarak düşük dozlarla maruz kalması yani kronik olarak ışınlanması sonucu meydana gelebilecek etkiler, yıllar sonra ortaya çıkabilen çoğu kez ölümcül olabilen bir dizi hastalık ve etkiyi kapsamaktadır. Bunun sebebi ise, doz düşük dahi olsa tekrarlanan ışınlanmalarda organizmanın bir sonraki ışınlanmaya kadar hasarı onaramaması ve hasarın giderek artabilmesidir (10).

Radyasyonun Somatik ve Genetik Etkileri

Somatik hasarlar rastlantısal olmayan doz bağımlı (deterministik) ve rastlantısal doz bağımsız (stokastik) olmak üzere iki şekilde olmaktadır (10, 11).

a) Rastlantısal olmayan doz bağımlı etkiler: Radyasyon dozu arttıkça, vücuttaki hasarın büyüklüğü de artar. Eşik doz değerinin aşılması durumunda hasarın ortaya çıkmasına rastlantısal olmayan hasarlar denir (12, 13). Eşik etkiler olup belirli bir eşik değerden daha yüksek dozlarda herkeste görülür. Bu etkilerin ortaya çıkması küçük dozlarda sıfır olabileceği gibi bir eşik değer üzerinde doz alınması durumunda klinik etkilerin görülme olasılığı %100'e ulaşacaktır. Bu değer üzerindeki hasarın şiddeti doza bağımlı olarak artacaktır (10).

b) Rastlantısal doz bağımsız etkiler: Eşiksiz etkiler olup çok düşük dozlarda bazı kişilerde görülür. Etkinin ortaya çıkması için bir eşik değer söz konusu değildir. Bir tek iyonlaştırıcı parçacığın daha önce hasarlanmış ve kendi onarımını yapamamış bir hücreyle etkileşmesi durumunda, kanser meydana gelebilir. Doz miktarı arttığında hasarın büyüklüğü değil, hastalığın ya da hasarın ortaya çıkma olasılığı artmaktadır (2).

Birçok bilim adamı, ne kadar az olduğunu önemsemeksizin, radyasyon ışınlamalarının kanser riski taşıdığını kabul eder (14). Vücudun bazı bölgeleri diğerlerine nazaran daha meyilli olsa da, radyasyon hemen her doku ve organda kansere yol açabilir (10). İyonize radyasyonla ışınlama sonucu oluşan DNA ve kromozom hasarları tamir edilebilir, tamir edilmeden kalabilir veya yanlış tamir edilebilir (15).

DNA'nın ışınlanmasının 3 ana sonucu vardır: hücre

ölümü, malignite gelişimi ve genetik hasar (9). Kalıtım hücrelerinin kromozomlarındaki değişim ya da dönüşümler sonucunda, ışınlanan kişinin sonraki kuşaklarında genetik hasarlar ortaya çıkabilir. İyonlaştırıcı ışınların oluşturabileceği genetik hasarlarla ilgili olarak insanlar üzerinde yapılabilmemiş ve sonuçları bilimsel olarak kabul edilmiş bulgu söz konusu değildir. Hayvanlar üzerinde yapılan deneylerden, iyonlaştırıcı ışınların genetik hasar yapabileceği bilinmektedir. Bu nedenle, insanlarla ilgili genetik hasarların kestirimi, deney hayvanları üzerinde yapılan araştırmalara dayanmaktadır (12). Sonuç olarak, radyasyonun geç dönem etkilerine yol açacak eşik doz sınırı verilememesine rağmen doz bağımsız etkilerin, alınan radyasyon miktarı ile orantılı bir şekilde artacağı varsayılmaktadır. Alınan doz ne kadar düşük seviyede tutulursa, radyasyonun kötü etkilerinin ortaya çıkma olasılığı da o derecede azaltılmış olacaktır (2).

Radyasyonun Limitleri

Radyasyonun vücudun güvenle kaldırabileceği dozları olmalıdır. Çünkü radyasyon doğada vardır ve ondan kaçınmak mümkün değildir (16). Deri ve ekstremiteler için müsaade edilen yıllık doz limitleri 50.000 millirem (0.5 Sv)'dir (17).

Girişimsel Radyolojinin Tarihçesi

Amputasyonu reddeden 82 yaşındaki kadın hastanın sol ayağında gangren ile sonuçlanan arter oklüzyonu mevcuttu. İlk kez uygulanan katater aracılı anjioplasti işlemi neticesinde hasta iki ayağı üzerinde hastaneden taburcu edilmiştir. Charles Dotter, MD, bu tekniğin öncüsü ve "Girişimsel Radyoloji Babası" olarak anıldı. 1978 yılında tıp alanında Nobel Ödülü için aday gösterildi (18, 19).

Girişimsel radyologlar öncülüğünde; 1964'te anjiyoplasti işlemi, 1966'da tümör ve omurilik vasküler malformasyonun embolizasyon tedavisi, 1967'de koroner anjiyografi, patent duktus arteriosus kapama ve açma tedavisi ve kanamayı durdurmak için seçici vazokonstriktör infüzyonu işlemi, 1960-1974 yılları arasında kateter-klavuz tel-stentleme, 1970'te ortak safra kanalı taşlarının perkütan kaldırılması, ve tıkaçıcı koilleme işlemi, 1972'de gastrointestinal kanama ve seçici arteriyel embolizasyonu, 1973'te pelvik travmada kanama kontrolü için embolizasyon, 1974'te arteriyel tıkanmalara, inme, DVT vb. trombolitik tedavi,

varis kanaması ve transhepatik embolizasyon işlemi, 1977-1978 tarihleri arasında pulmoner arteriovenöz malformasyonlar ve varikozel için embolizasyon, 1977-1983 yılları arasında karaciğer metastazı ve hepatosellüler kanser tedavisi için kemoterapi infüzyonu-tıkaçıcı embolizasyon işlemi, 1980'de karaciğer tümörlerini dondurmak için kriyoablasyon işlemi, biliyer sistem dekompresyonu ve stentleme işlemi, 1981'de dalak travmalarında embolizasyon, 1982'de siroz ve hasarlı karaciğerin sistemik akışını sağlamak amacıyla TIPS (transjuguler şant) takılması işlemi ve böbrek taşlarının perkütan kaldırılması, 1983'te balon ile genişleyen periferik stentleme işlemleri, 1985'te kendiliğinden açılabilen stentlerin kullanılması, 1990'da safra kesesi taşlarının perkütan ekstraksiyonu, karaciğer tümörleri için radyofrekans ablasyon (RFA) tekniği, embolizasyon ile kemik ve böbrek tümörlerinin tedavisi ve yumuşak doku tümörleri, kemik, meme, böbrek, akciğer ve karaciğer kanseri için RFA uygulaması, 1991'de anevrizmatik aort için abdominal aort stent greft yerleştirilmesi, 1994'te balon ile açılabilen koroner stent yerleştirilmesi, 1999'da varis ve venöz hastalıkların tedavisi için endovenöz lazer ablasyon işlemi ilk kez yapılmıştır (20-22).

Yukarıda girişimsel radyologların öncülüğünü yaptıkları işlemler günümüzde rutin işlemler arasına girmiş olup hemen hemen hepsi floroskopi eşliğinde gerçekleştirilmektedir.

Daha az invaziv tedaviler ve anjiyografik işlemlerin yaygın kullanımı uzun vadede mesleki kanser riski ve genetik bozukluklar için ortam oluşturmaktadır (23). Her organ ve doku, vücudun lokalize bir bölgesinin radyasyona maruziyetinden etkilenir. Lokal doku cevabı dokuların radiosensitivitesine, hücre proliferasyon kinetiğine ve maturasyonuna bağlıdır. En erken etkilenen dokular deri, gonadlar ve kemik iliğidir (2). Singer yaptığı bir çalışmada floroskopi eşliğinde yapılan işlemler ile operatörlerin önemli miktarda radyasyon aldığını alınan radyasyonunda primer olarak ellere ve saçılan ışınının ise gövdeye alındığını belirtmektedir. Önlem olarak doza maruz kalma süresinin azaltılması, mesafenin arttırılması, ışın kolimasyonu, cihazın düşük doz opsiyonunun kullanılmasını ve radyasyon koruyucu giysi ve ekipmanlarının kullanılmasını önermektedir (24).

X-Işınlarının Zararlı Etkilerini Azaltmaya Yönelik Önlemler

Önlemlerin başında radyasyon ile çalışılan yerde, radyasyon kaynağından mümkün olduğunca uzak

durmadır (1, 2). Radyasyondan korunmada genel kurallar içinde bir diğeri de zaman kuralıdır. Radyasyon ile yapılan işlemlerde maruz kalınan doz, doz hızı ile işlem süresinin çarpımına bağlıdır (2).

Wrangel ve ark. yaptıkları bir çalışmada vertebra kompresyon kırıkları ve metastazlarında uygulanan perkütan vertebroplasti (PVP) işleminde tüpün lateral projeksiyonda iken işlemi yapan operatörün tüp ile aynı tarafta olması halinde saçılan radyasyondan 5 kat daha az etkilendiğini belirtmektedir (25).

Radyasyondan korunmada bir başka kural, ışın demeti genişliğinin mümkün olduğunca daraltılmasıdır (kolimasyon) (2).

Gereksiz doz alımını engellemek: Hasta dozu mümkün olduğu kadar aza indirilmelidir. ALARA (as low as reasonably achievable) prensibi daima göz önünde bulundurulmalıdır (4) Her radyolojik uygulamada, radyasyonun zararlı etkilerini dengeleyecek bir tıbbi yararlılık bulunmalıdır (2)

Kişisel müsaade edilen doz kavramına uymak: Meslekleri gereği ışınlamaya maruz kalanlar risk değerlendirmesi ile kontrol altında tutulmalıdır (1, 2). Cilt, el ve ayaklar için yıllık eşdeğer doz sınırlarının 3/10'undan daha fazla doza maruz kalma olasılığı bulunan çalışma koşullarında görev yapan kişilerin dozimetre kullanması zorunludur (26).

Uygulamada etkinlik: X-ışını ile ilgili radyolojik incelemelerde maksimum tanısal etkinlik ile optimum ışın dozu arasındaki denge korunmaya çalışılmalıdır.

Uygulamada etkinlik için alınacak başlıca önlemler şunlardır:

1. İncelemeler sırasında kVp ve mAs değerleri dikkatle seçilmeli, maruziyet süresi mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır
2. Tüpün filtrasyonu uygun bir şekilde gerçekleştirilmiş bulunmalıdır. Filtrasyon, düşük enerjili ışınları tutarak ışın demetini sertleştirir ve hastanın aldığı dozu azaltır (1, 2, 4).
3. Radyografi çekimleri ya da floroskopik incelemeler sırasında mutlaka kolimasyon (sınırlandırıcı) kullanılmalı ve ışınlanan alan küçük tutulmalıdır. Kolimasyon hastanın aldığı primer ışını ve saçılmayı azaltır, görüntü kalitesini artırır (4).
4. X-ışını kaynağı ile çekimi yapılacak obje arasında azami mesafe bırakılmalıdır. Bu mesafe floroskopik çalışmalarda 45 cm'den, radyografi çekimlerinde ise 100 cm'den daha az olmamalıdır.
5. Özellikle floroskopik incelemeler sırasında koruyucu

kurşun yelekler, eldivenler giyilmeli, kurşun camlı gözlükler takılmalı, kurşun zırhlı paravanlar kullanılmalı, tiroid bezi ve gonadlar kalkanla korunmalıdır (10).

6. Floroskopi sırasında doz 50 mSv/dakikayı aşmamalı, gereksiz skopiden kaçınılmalıdır. Bir akciğer floroskopisinde alınan X-ışını dozu, PA akciğer grafisi çekiminde maruz kalınan dozdan yaklaşık 100 kat daha fazladır.

7. Ranfansatör (fosfor tabaka), film ve banyo teknolojisinde iyileştirmeye gidilmelidir (1, 2).

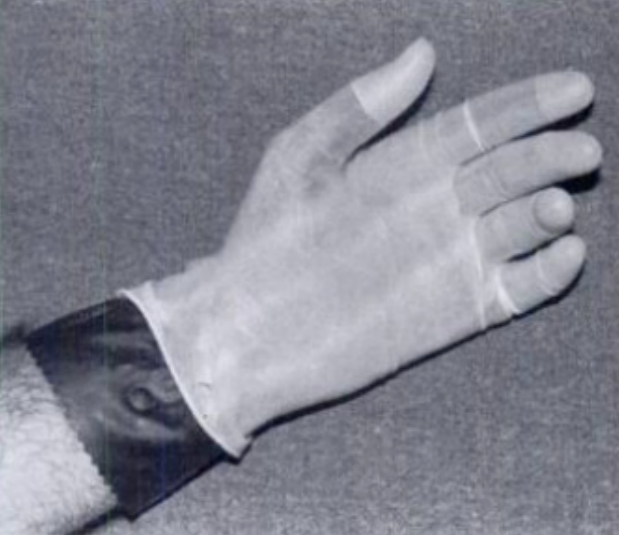
8. BT (Bilgisayarlı Tomografi)'de X-ışını tüp akım modülasyonu ve hastanın vücut durumuna göre (kilo, vücut kalınlığı vb.) adaptasyonu sağlayacak otomatik ışınlama kontrol programları kullanılmalıdır. Pik kilovoltaj optimizasyonu, sistem etkinliğinin denetlenmesi ve gürültü azaltıcı algoritmeler kullanılmalıdır (27).

Ellerin Korunmasında Kurşun Eldivenin Etkisi

Girişimsel radyologların elleri X-ışınına direk maruz kalmaktadır. Yapılan bir çalışmada tek kullanımlık steril kurşun eldivenlerin kalın olmaları nedeniyle hareket kabiliyetini, klavuz tel-katater manipülasyonlarını ve parmak hassasiyetini azalttığı ifade edilmektedir. Bunun önüne geçmek için kurşun eldivenin distal uçlarının kesilerek üzerine steril eldiven giyilmesi önerilmektedir (Resim 1-2). Ancak bu şekilde dokunma duyarlılığı ve manevra kabiliyetinin arttırılabileceği bildirilmektedir (28). Daha sonra yapılan bir çalışmada ise parmak uçları kesilerek kullanılan kurşun eldivenlerin sağladığı korumanın minimal olduğu (100 kV için %20) bildirilmektedir. Bu nedenle Kelsey ve Mettler parmak uçları kesilen kurşun eldivenlerin kayda değer koruma sağlamadığını bildirmişlerdir (29).



Şekil 1. Kurşun eldivenin distal ucu kesilmiş hali



Resim 2. Daha sonra üzerine steril eldiven giyilmiş hali

Marks ve Ellis makalelerinde kurşun eldivenin korumada yetersiz kaldığını bunun yerine ışın maruziyetini azaltmanın daha etkili olacağını savunmuşlardır. Ayrıca kurşun eldivenin kısa ömürlü ve maliyetli olduğunu, dokunma hassasiyetini azalttığı ve yeterli koruma sağlaması için kalınlığının artırılması gerektiği, bunun da ince motor hareketleri kısıtlayacağı, kullanıcının ışınlanmadan korunmuş olma güdüsüyle rahat davranarak ışınlama süresini arttırabileceğini savunmuşlardır. İlave

olarak kurşun eldivenin sadece bir yüzü koruma sağlarken bu nedenle sekonder radyasyona maruziyetinden korumadığını söylemişlerdir (31).

Stoeckelhuber ve ark., BT floroskopi eşliğinde fantom üzerinde yaptıkları girişimsel işlemlerde kullanılan koruyucu ekipmanların koruma yüzdelelerini araştırdıkları çalışmada, kurşun eldivenlerin yalnız başına %77 doz azalımı sağladığını bildirmişlerdir. Çalışmada bizmattan imal edilmiş ince lateks eldiven (0,4 mm kurşun eldiven eş değeri Paul Hartmann AG, Heidenheim, Germany), eldivenler içerisine yerleştirilen dozimetreler ve 120 kV voltaj ile 50 mA akımda üretilen X-ışınları, eldivenin ışın atenuasyonunu ölçmede kullanılmıştır. Stoeckelhuber ve ark.'ı kurşun eldivenin, işlem süresini uzatmayacaksa, kullanımını tavsiye etmektedirler (33).

Evans ve ark. travmatoloji ve acil ünitelerinde 7 doktor ve 1 hemşirenin, ardışık üç ay müdahale ettikleri hastaların radyografilerin çekimi esnasında ve servikal stabilizasyon için çekim odasında bulunmaları nedeniyle maruz kaldıkları dozları hesaplamışlardır. Parmak sargılarına yerleştirdikleri film dozimetreler, her ay National Radiological Protection Board (Ulusal Radyolojik Koruma Kurulu) tarafından ölçülmüştür. Ölçümlerin istatistiksel analizleri makalelerinde belirtilmemiş olmakla birlikte Sims ve ark.'nın dediğine katılarak Evans ve ark. ALARA kriterlerine uyulmasını tavsiye etmekte ve kurşun eldiven kullanarak ekstremitelerin korunmasını önermektedirler. Makalede ayrıca hastadan saçılan sekonder radyasyonun da doz maruziyetini arttırdığı belirtilmiştir (35).

Girişimsel radyoloji tarafından yapılan floroskopi eşliğinde vertebra kompresyon kırıkları ve metastazlarında uygulanan perkütan vertebroplasti (PVP) işleminde ortalama olarak 1 mSv/ay'dan fazla doz alındığı, rutin dozimetrik ölçümler göstermektedir. İşlemin tabiatı gereği eller ve gözler büyük risk altındadır. Operatörün aldığı dozları ölçmek ve doz azaltımı için ihtimalleri değerlendirmek amacıyla alt lomber ve torasik vertebroplasti için fantom ve radyasyon ölçüm aleti kullanılarak PVP işlemi modellenen yapılmış çalışmada göz ve parmaklar için TLD tabletleri ve kurşun önlük altına TLD rozeti takılarak doz ölçümü yapılmıştır. Kurşun olmayan eldivenler simülasyon sırasında değerlendirilmiştir. Ölçümler sonucunda radyasyon koruyucu eldiven giyilmesi halinde elin maruz kaldığı radyasyon dozunun %30-40 oranında azaldığı belirlenmiştir (25).

İncelenen literatürler ışığında kurşun eldivenlerin ışın geçirgenliğini azaltmada belirgin farklılık gösterdiği

dikkati çekmektedir. Ayrıca kurşun eldivenlerin maliyeti fazla, tek kullanımlık ve parmak sensitivitesini azaltmasına bağlı katater yada klavuz tel manipülasyonunda zorluğu dezavantajlarındandır.

Wagner ve Mulghen'in çalışmasında kurşun bazlı, tungsten ve kurşun harici yüksek atom numaralı maddeli eldiven ile standart cerrahi eldiven kullanarak radyasyon koruyucu eldivenlerin neden olduğu saçılmanın 90 kVp 'da ortalama % 13 olduğu ve bunun derinin bazal hücrelerine ek olarak yansıdığı belirtilmiştir (37). Işının madde ile etkileşmesi neticesinde saçılmanın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Saçılmanın dokuda değil de dokunun dışında (kontrastlı eldiven yada kurşun eldivenin elin dışında bariyer olmasına bağlı) olması ile dokunun daha az oranda doza maruz kalacağını düşünmekteyiz.

Elleri Korumada Kontrast Maddelerin Rolü

Kassas ve ark. yaptıkları çalışmada değişik çap ve değişik miktarda kontrast madde ile şişirilmiş balonlara sahip Mammosite® kullanarak kontrast maddenin kısmi meme ışınlamasında memenin aldığı doza etkisini araştırmışlardır. Su ile şişirilmiş balon kontrol grubu olarak seçilmiş ve kontrast madde ile şişirilmiş balonlar ile karşılaştırılmıştır. Fantomun kullanıldığı ve Monte Carlo simülasyonu ile doz hesabının yapıldığı çalışmada balon çapı ve kontrast konsantrasyonuna bağlı doz atenuasyonun paralel olarak arttığı görülmüştür (39).

Nath ve Yue'nun yaptığı intravasküler brakiterapi çalışmasında, radyoterapi dozunu etkileyebilecek yüksek atom numaralı maddelerden oluşan bariyerlerin (stentler, kalsifiye plak ve kontrast ajanlar) doz düzenlenmesine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada kullanılan iki kontrast madde örneği olan Hypaque ve Omnipaq karşılaştırıldığında, eşit kalınlıklarda 100 keV altındaki foton değerlerinde foton geçişini azalttığı ve bu nedenle doz ayarlaması yapılması gerektiği belirtilmiştir. Makalede, bu durum dikkate alınarak, beta kaynakları için tüm doz değerlerinde doz ayarlanmasına gerek olduğu yönünde bir sonuç bildirilmiştir (13)

Yapılan çalışmalar, kontrast maddelerin, içerdiği iyot konsantrasyonuna paralel olarak X-ışınının maddeden ya da dokudan geçişine karşı bariyer olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Yaptığımız bir çalışmada, kurşun eldiven ile baryumla kaplanmış eldiven karşılaştırıldığında kurşun eldivenin koruma yüzdesi yaklaşık %20-19 iken baryum kaplı eldivenin koruma yüzdesi yaklaşık % 17-16 olarak

bulunmuştur. Çalışmamızda kullanılan kurşun eldivenin internet fiyatı (0,3 mm kalınlık için) 38 dolar olup oldukça pahalıdır. İnce tabaka baryum ile kaplı eldivenin daha ucuza benzer yüzdelerle koruma sağlayacağını düşünmekteyiz (40, 41).

Sonuç

Radyasyona en fazla maruz kalan kişiler olan radyasyon çalışanlarının, aralıklı olarak ışına maruz kalmaları sonucu meydana gelebilecek etkiler, çoğu kez yıllar sonra ortaya çıkabilen mortal etkileri kapsamaktadır. Ayrıca, bu kişilerin kendilerinden sonraki nesillerinde de kalıtsal bozukluklara rastlanabilir. Girişimsel radyolojinin son yıllarda BT ya da floroskopi eşliğinde gerçekleştirilen, çoğunlukla vasküler işlemlerin artan sıklığı ile birlikte radyasyon çalışanları için tehlikenin boyutları artmaktadır. Radyoloji çalışanlarının x-ışınlarının zararlı etkilerinden korunmaya yönelik önlemler hakkında bilgi sahibi olmalarını, ALARA kriterlerine uymalarını, hareketli ve kişisel koruyucu ekipmanları kullanmalarını şiddetle önermekteyiz.

Kaynaklar

1. Oyar O. Radyolojide Temel Fizik Kavramlar. Nobel Tıp Kitabevleri 1998; 3-148.
2. Oyar O. Gülsoy UK. Tıbbi Görüntüleme Fiziği. Ankara Baskı Reklam 2003;5-600.
3. Alexander R, Margulis, Ronald L Eisenberg. Gastrointestinal Radiology from the Time of Walter B. Cannon the 21st Century. Radiology. 1991;178:297-302.
4. Tuncel E. Klinik Radyoloji. Genişletilmiş 2. Baskı. Nobel&Güneş Tıp Kitabevleri. 2008; 3-105.
5. Tubiana M, Dutreix J: Introduction to Radiobiology. Taylor&Francis, Paris 1990. p: 24-99.
6. Hall EJ. Radiobiology for Radiologist. 3rd edition Lippincott Co, Philadelphia, 1988 p: 36-54.
7. Coggle JE Biological Effects of Radiation Eds. Matt., N. Wykeham Publ. London 1977 p: 81- 86.
8. Yıldırım, H. : Biyofizik Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir, 321-324, 1985.
9. Ward JF. DNA damage produced by ionizing radiation in mammalian cells: identities, mechanisms of formation, and reparability. Prog Nucleic Acid Res Mol Biol. 1988;35:95-125.
10. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, <http://www.taek.gov.tr> (erişim tarihi 08.09.2011).
11. Özalpan A. Temel Radyobioloji Haliç Üniversitesi Yayınları 2001 s:1-15, 36- 45, 115-128.
12. Atakan, Y., iyonlayıcı radyasyon, Aylık popüler bilim dergisi Bilim ve Teknik, 2-19, Nisan 2006.

13. Nath R, Yue N. Shielding effects of metallic encapsulations and radiographic contrast agents for catheter-based intravascular brachytherapy. *Cardiovasc Radiat Med.* 2001 Apr-Jun;2(2):93-103.
14. Kovalchuk, O, Ponton, A, Filkowski, J, Kovalchuk, I, Dissimilar genome response to acute and chronic low-dose radiation in male and female mice, *Mut. Res.*, 550, 59-72, 2004.
15. Yıldırım, H. Biyofizik. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Basımevi; 321-324, 1985.
16. Niğmet K. Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri ve Tıpta Uygulama Alanları. Konya: Selçuk Üniversitesi; 2006.
17. <http://www.drillinois.edu/rss/manuals/radiationmanual/pdf/manual.pdf> (son erişim tarihi: 23.03. 2012).
18. <http://www.sirweb.org/about-us/historyIR.shtml> (son erişim tarihi: 02.04.2012).
19. <http://www.radiology.ucsf.edu/patient-care/sections/ir#innovation> (son erişim tarihi: 02.04.2012).
20. The Catheter Introducers by Leslie A. Geddes and LaNelle E. Geddes, copyright 1993 by Cook Group Incorporated, Mobium Press, Chicago. .
21. The Ship in the Balloon: The Story of Boston Scientific and the Development of Less-Invasive Medicine by Jeffrey L. Rodengen, copyright 2001 by Write Stuff Enterprises, Inc.
22. The Birth, Early Years, and Future of Interventional Radiology. Josef Rösch, Frederick S. Keller, and John A. Kaufman. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2003 14: 841-853.
23. Singer G. Occupational radiation exposure to the surgeon. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005 Jan-Feb;13(1):69-76.
24. Von Wrangel A, Cederblad A, Rodriguez-Catarino M. Fluoroscopically guided percutaneous vertebroplasty: assessment of radiation doses and implementation of procedural routines to reduce operator exposure. *Acta Radiol.* 2009 Jun;50(5):490-6.
25. <http://www.taek.gov.tr/component/content/article/208-dozimetri/456-kimlerin-dozimetre-kullanmasi-zorunludur.html> (son erişim tarihi: 02.04.2012).
26. McCollough HC, Bruesewitz RM, Kofler JM. CT Dose Reduction and Dose Management Tools: Overview of Available Options *RadioGraphics* 2006; 26: 503–512.
27. Ullman JM. Increasing the usefulness of disposable lead gloves. *Radiology.* 1990 Feb;174(2):581.
28. Kelsey CA, Mettler FA, Jr. Use of flexible protective gloves. *Radiology.* 1990 Jul;176(1):287.
29. Marx MV, Ellis JH. Radiation protection of the hand in interventional radiology: should it fit like a glove? *Radiology.* 1996 Jul;200(1):24-5.
30. Stoeckelhuber BM, Leibecke T, Schulz E, Melchert UH, Bergmann-Koester CU, Helmberger T, et al. Radiation dose to the radiologist's hand during continuous CT fluoroscopy-guided interventions. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2005 Sep-Oct;28(5):589-94.
31. Evans RJ, Cusack S, Parke T. Exposure of the hands to ionizing radiation in the resuscitation room of an accident & emergency department. *Arch Emerg Med.* 1992 Jun;9(2):220-4.
32. Wagner LK, Mulhern OR. Radiation-attenuating surgical gloves: effects of scatter and secondary electron production. *Radiology.* 1996 Jul;200(1):45-8.
33. Kassas B, Mourtada F, Horton JL, Lane RG. Contrast effects on dosimetry of a partial breast irradiation system. *Med Phys.* 2004 Jul;31(7):1976-9.
34. Yaşar S. Sağlık Çalışanlarının Maruz Kaldığı X- Işını Geçirgenliğini Azaltmada Farklı Yoğunluk ve İçerikli Kontrast Maddelerle Sıvanmış Eldivenlerin Etkinlik ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi; 2011.
35. <http://www.pnwx.com/Accessories/LeadProducts/Gloves/Proguard/> (son erişim tarihi: 02.04.2012).