

İnvazif Kardiyologların Yaşam Süresinin Kısalması Sözkonusu mu?

Dr. Ümit T. AKER

İnvazif Kardiyoloji Departmanı Direktörü VKV Amerikan Hastanesi, İstanbul

ÖZET

"Girişimsel kardiyologların yaşam süresi maruz kaldıkları ışınlanma riski nedeni ile kısalıyor mu" sorusuna yanıt vermeğe çalışan bu incelemede önce iyonlayan ışınlanmanın biyolojik etkileri ve doz üniteleri tanımlanmış, sonra girişimsel kardiyologların aldıkları "Effective Doz Eşdeğeri" miktarları bildirilmiştir. Bu bilgilerin ışığı altında somatik ve genetik risk olasılıkları tartışılmıştır. Sonuçta potansiyel zararlı biyolojik etkiler arasında yaşam süresini teorik olarak kısaltabilecek tek faktörün geç fatal kanser riski olduğu tanımlanmıştır. Mamafih bu teorik risk 30 yılı aşkın çok sayıda ve kompleks anjiyoplasti yapan girişimsel kardiyologlar için %2-4 düzeyindedir. İyonlayan ışınlanmanın zararlı etki yönünden bir eşik kıymeti olmadığı ve bu etkilerin uzun bir latent dönemden sonra ortaya çıkabileceği göz önünde tutularak ışınlanmayı azaltacak her türlü önlemin alınması ve koruyucu yöntemlerin titizlikle takibi önerilir. Bu önlemler bir liste halinde verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Radyasyon riski, girişimsel kardiyoloji, radyasyondan korunma.

Girişimsel kardiyologlar son on yıllarda tıp personeli arasında iyonlayan ışınlanmaya (ionizing radiation) en fazla maruz kalan grup olmuşlardır. İyonlayan ışınlanmanın uzun süreli potansiyel risklerinin, özellikle kanserojen etkisinin ve genetik defektlere yol açmasının bilinmesine karşın kardiyologların gerekli koruyucu önlemleri almakta yeterince duyarlı olmadığı görülmektedir (1). American College of Cardiology tarafından 1996'da yapılan ankette (ACC Professional Life Survey 1996) kadın cevaplandırıcıların ancak %44'ü, erkeklerin ise %17'si ışınlanma risklerini azaltacak önlemleri alacak şekilde pratiklerini değiştirdiklerini bildirmişlerdir. Ülkemizde kateeterizasyon laboratuvarlarında koruyucu önlemlerin ne derecede uygulandığı hakkında bir çalışma yoktur. Girişimsel kardiyologların bu konudaki eksikliği öğretim programlarında radyasyon fiziği ve koruması-

na yer verilmemesinden, pratikte de radyasyon kontrol mekanizmalarının ciddiyetle takip edilmemesinden doğmaktadır.

İyonlayan ışınlanmanın biyolojik riskleri hakkındaki bilgilerimiz üç kaynaktan gelmektedir: 1) Röntgen ışınlarının zararlı biyolojik etkilerinin bilinmediği erken dönemlerde kronik yüksek doza maruz kalan hekimlerde geç kanser ve ekstremitte amputasyonları. 2) Hiroshima ve Nagasaki gözlemlerine dayanan ekstrapolasyonlar 3) Hayvan tecrübeleri.

Fakat bunların hiç biri bugünkü girişimsel kardiyoloji pratiğinde alınan dozların uzun süreli etkileri için geçerli olmayabilir. Kanser riski için bir alt eşik dozunun mevcudiyeti hakkında fikir birliği olmadığından BEIR V raporu minimal maruz kalma değerlerine kadar doğrusal bir ilişki kabulünü önermiştir (2). Bu takdimdeki "girişimsel kardiyologların hayat süresi kısalıyor mu" sorusunu yukardaki noktalar göz önüne alındığında belki başlangıçta cevaplandırmak yerinde olacak: Henüz elimizde bu soruya kesin yanıt verecek bilimsel veriler bulunmamaktadır. Bu koşullarda efektif doz eşdeğer sınırının üzerinde ışınlanması muhtemel personelin maruz kalma süresini kısıtlayacak her türlü önlemi almalarından başka bir öneride bulunmak ve başka bir yanıt vermek olasılığı yoktur. ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu (Nuclear Regulatory Commission = NCR) bu durumu ALARA (As Low As Reasonably Achievable = gerçekçi olarak en düşük erişilebilen) doz prensibi olarak tanımlamıştır (3).

Bu prensibi uygulamakta yardımcı olmak için öncelikle iyonlayan ışınlanmanın tanımlanması, miktar ve doz "unitelerinin tarifi yapılacaktır. Sonra kişisel sağlık yönünden kanser, katarakt ve genetik defekt bozukluklarının alınan doz ile ilişkisi incelenecek ve kardiyologlar için müsaade edilen maksimum doz düzeyleri bildirilecektir. Son olarak da ışınlanmayı azaltıcı önlemler için öneriler tartışılacaktır.

Alındığı tarih: 23 Şubat 1999, revizyon 22 Haziran 1999
Yazışma adresi: Dr. Ümit T. Aker, VKV Amerikan Hastanesi Güzelbahçe Sok. No: 20, Nişantaşı 80200 İstanbul
Tel: (0 212) 231 40 50 Faks: (0 212) 232 35 77
XIV. Ulusal Kardiyoloji Kongresi, 1998 Belek, Antalya "İnvazif Kardiyolojide Hekim Riski" panelinde sunulmuştur.

İYONLAYAN IŞINLAMA ve BİYOLOJİK ETKİLERİ

İyonlayan ışınlama madde ile etkileşimde iyonlar doğuran elektromanyetik veya partikül enerjisidir ve röntgen tehzizatından elde edilen röntgen ışınlarını, radyoaktif maddelerden gelen gamma ışınlarını ve partikül enerjilerini içerir. Laser ve mikrodalga bantındaki diğer elektromagnetik ışınlamalar, ultrason ve MRI ionlayan ışınlama değildirler. Konumuz kateter laboratuvarındaki röntgen tehzizatından gelen elektromanyetik enerji ile ilgilidir. Röntgen ışınları yalnız röntgen tehzizatının aktif olduğu zaman vardır; buna mukabil nükleer kardiyolojide kullanılan isotoplardan gelen ışınlanma devamlıdır. Bu nedenle korunma prensibi ve yöntemleri anjiyografi ve nükleer kardiyoloji laboratuvarlarında farklıdır. Nükleer kardiyolojide korunma konumuz dışındadır.

Röntgen ışınlarının zararlı etkileri iki genel kategoriye ayrılır.

1) Işınlanan kişiye zararlı somatik etkiler. Vurgulanması gereken nokta bütün iyonlayan ışınlamanın zararlı olduğu ve zararlı etki yönünden bir eşik kıymetinin olmadığıdır. Diğer bir nokta, somatik ışınlamanın zararlı etkilerinin birikici doz sonucu çok seneler sonra ortaya çıkabilmesidir. Bu nedenle ışınlama pratikte mümkün en aşağı düzeyde tutulmalıdır (ALARA prensibi). Işınlanmanın en önemli somatik etkisi karsinogenezdür ve lösemi en çok görülen neoplasidir. Diğer etki özellikle ellerde görülen endotel reaksiyonu ve nekrozdur. 2) Gelecek kuşak-

lara zararlı olan genetik etkiler. Genetik etkinin en korkulu yönü daha sonraki kuşaklarda ortaya çıkışı, gerek aileye, gerek topluma yükleyebileceği psikolojik, sosyal ve ekonomik sorunlardır. Maksimum müsaade edilebilen doz önerilerini tartışmadan önce (MPD) ışınlama ünitelerini tanımlamak yerinde olacaktır.

IŞINLAMA ÜNİTELERİ

Üniteler hem alışılan eski, hem de yeni internasyonal sistem (SI) üniteleri olarak tanımlanacaktır (Tablo 1).

I) Işınlama Ekspozür Ünitesi

Ekspozür bir hava kitlesi ünitesinde oluşan iyonlaşma miktarının bir ölçüsüdür ve bu hava kitlesine düşen röntgen ışınları foton sayısı ile orantılıdır. Eski ekspozür ünitesi: 1 Röntgen (1 R) = 2.58×10^{-4} Coulomb/Kg SI ekspozür ünitesi: Air - KERMA (Kinetik Energy Released per Unit Mass of Air) 1 Gray Air Kerma = 114 R.

Bir röntgen kaynağından aynı uzaklıktaki noktalar aynı ekspozür kıymetindedirler. Günlük hayatımızda buna benzer bir örnek bir ışık kaynağından aynı uzaklıktaki noktaların aynı ışık yoğunluğunda olduğu gibi. Gene aynı örneği kullanarak ışık kaynağından uzaklaştıkça ışık kuvvetinin düşmesi gibi, röntgen ekspozürü kaynaktan uzaklaştıkça düşer. Bu dü-

Tablo 1. Işınlama Üniteleri

Işınlama Etkisi	Tanımlama	Alışılmış Ünite	SI Ünitesi	Eşitlikler
Ekspozür	Röntgen ve gamma ışınları ile hava kitlesinde ionizasyon	Röntgen (R)	C/Kg	$1R=2.58 \times 10^{-4} \text{ c/Kg}$
Absorbe doz	Kitleye verilen radyasyon enerjisi	Radiation Absorbed Dose (rad)	Gray (gy)	1 rad=100 erg/gm 1 rad=10mgy 1 gy=100rad
Doz eşdeğerliği (dose equivalent)	Radyasyona özel zarar ölçüsü	rem	Sievert (sv)	rem=radxQF sv=gy x WR
Effektif doz eşdeğerliği (effective dose)	Radyasyon ve organa özel zarar ölçüsü	rem	Sievert (sv)	sv= μ WTHR (sv) rem= μ WTHT (rem)

QF=Kalite Faktörü WR=Işınlama Faktörü WT=Doku Faktörü HT=Doku veya Organa Gelen Eşdeğer Doz

şüş röntgen ışın kaynağından uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.

Hekimin maruz kaldığı ışınlama hastadan çıkan yanlara ve geriye yayılan sekonder radyasyondur (back and side scatter). Ekpozür kavramının anjiyografi laboratuvarında korunmada yeri röntgen tübünden uzaklaştıkça radyasyonun çok çabuk düşüşüdür. Eğer hekim 30 cm yerine 100 cm uzakta durursa ekpozür 11 misli azalır. İmaj intensifikatörünün pozisyonu sekonder radyasyonu önemli derecede etkiler. Sağdan çalışıldığında en çok sekonder radyasyon sol anterior oblik, özellikle sol anterior oblik kranial görünümde alınır. Intensifikatörün hastaya mümkün olduğu kadar yaklaştırılması, tavandan askılı ışınlama kalkanları ve röntgen ışınının kollimatör ile kısıtlanması sekonder radyasyona maruz kalma miktarını önemli derecede azaltır. Kilovolt ne kadar yüksekse sekonder radyasyon o kadar fazladır. Röntgen tübü çıkışında alüminyum veya bakır filtrelerle diyagnostik katkısı olmayan alçak enerjili fotonların absorpsiyonu röntgen ışınlarının sertleştirilmesini sağlar, faydalı ışın kullanımını artırır, ve ekpozürü azaltır. Ekpozürü azaltan diğer önlemler "pulsed progressive" fluoroskopi, fluoroskopide düşük frame hızı ve ışın kolimasyonudur. Modern imaj intensifikatörleri magnifikasyon alanına göre otomatik kolimasyon yapmaktadırlar. Dijital sistemlerde imaj kaydı sine dozunun yaklaşık %30'u kadardır. Ayrıca "Cine Loop" ile imaj değerlendirmesi fluoroskopi zamanını önemli derecede azaltır. Hekimler için en fazla alınan doz, özellikle kemiklerin ışınları daha fazla tuttuğu göz önüne alınırsa, ellerin primer ışın alanına girdiği zamandır.

II) Doku Absorpsiyon Ünitesi (Absorbed Dose)

rad = Radiation Absorbed Dose. Bir rad 1 gm ışınlanan materyelde 100 erg enerji depolamak için gerekli radyasyondur. 1 rad = 100 erg / gm

SI unite 1 Gray (Gy) = 1 joule / kg = 100 rad; 1 rad = 0.01 Gy = 10mGy.

Absorbe olan doz ölçü olarak ışınlanan maddenin bileşimine ve ışının enerjisine bağlı değildir. Fakat R ışınlama başına depolanan rad, ışının enerjisi ve maddenin bileşimine göre değişir. Bir madde röntgen ışınlarını ne kadar attenuasyona uğrattırsa o ka-

dar fazla doz absorbe eder. Absorpsiyon ışınların niteliğine de bağlıdır. Bir dokunun ne kadar radyasyon aldığı bu değerlere bağlı olduğu için doz ekivalan kavramı oluşmuştur.

III) Doz Eşdeğerliği (Dose Equivalent) Ünitesi

Rem = rad x kalite faktörü

Yukarda belirtildiği gibi rem ışınlamanın biyolojik etkisinin bir ölçüsüdür. Bu nedenle personelin radyasyon kontrolünde kullanılan ünitedir.

SI ünitesi Sievert (Sv) dir. 1 Sv = 100 rem, 1 rem = 10m Sv.

Yumuşak doku 50 kVp de 1 R ekspoşürde 0.95 rad, kemik 5.0 rad absorbe eder. Dolayısı ile yumuşak doku için rad ve rem yaklaşık aynıdır (Tablo 2). Bazı ışınlama türlerinin biyolojik zararları diğerlerinden daha fazladır. Bu farklar ışınlama kalite faktörleri olarak tanımlanmış olup doz eşdeğerliğini önemli derecede etkiler (Tablo 3). Absorsiyonun büyük kısmı deriden bir kaç cm derine kadardır. Bu nedenle direk ekspose olan dokuların daha çok doz alacağı aşikardır.

Efektif doz eşdeğerliği röntgen başına absorbe edilen dozun doku ve ışınlama faktörlerini de göz önüne alarak biyolojik zararlarını değerlendirme kavramıdır (Tablo 1).

Tablo 2. Doku faktörleri

Doku	Röntgen Ekpozür Başına rad	
	50kVp	1MeV
Yumuşak Doku	0.95	0.95
Kemik	5.0	0.90

Tablo 3. Farklı radyasyonlar için kalite faktörleri

İşınlama Türleri	Kalite Faktörü
Röntgen Işınları	1
Gamma Işınları	1
Beta Partikülleri	1
Protonlar	5
Nötronlar	
Yavaş	3
Hızlı	10
Alfa Partikülleri	20

KİŞİSEL SAĞLIK RİSKLERİ

Işınlanmanın biyolojik etkileri, ekspozürün absorbe olan miktarına ve dokunun türüne bağlıdır ve başlangıçta belirtildiği gibi somatik ve genetik riskleri içerir. Biyolojik etkiler deterministik ve stokastik olarak da sınıflandırılabilirler. Deterministik etkilerin ortaya çıkışındaki faktörler absorbe edilen doz, dozun alınış süresi ve ışınlanmaya maruz kalan vücut yüzeyidir. Bu etkilerin başlaması için bir eşik doz kıymeti vardır ve doz arttıkça bunların şiddeti de artar. Deterministik etkiler eritem, kıl, saç ve deri dökülmeleri, katarak, lökopeni, organ atrofisi, fibroz, sterilite ve vaskülitleri içerir. Parmak üzeri kıllarının azalması veya dökülmesi ellere aşırı doz alındığının belirtisidir. Stokastik etkilerde biyolojik zarar olasılığı doz ile artar, fakat bir eşik kıymeti tanımlanmadığı gibi etkinin ciddiyeti absorbe olan dozla da orantılı olmayabilir. Örneğin 500 rem ile ortaya çıkan bir kanser ile 50 rem'den sonra ortaya çıkan kanser arasında prognoz yönünden bir fark yoktur.

Başlıca stokastik etkiler kanser ve genetik risktir. Önceden belirtildiği gibi özellikle stokastik etkiler yönünden bir alt sınır kabul edilmediğinden tıbbi personele müsaade edilen maksimum doz tekrar tekrar azaltılmıştır ve halen 50 mSv/yıl = 5 rem/year olarak önerilmektedir (Tablo 4).

Değişik organlar için halen kabul edilen maksimum müsaade edilen doz (MPD) Tablo 5'de gösterilmiştir. Ülkemizde kabul edilen ve önerilen maksimum doz sınırları bu önerilere uymaktadır. Aylık sınırlar bu değerlerin 1/12 si kadardır. NCRP hayat boyu birikici (cumulative) "maksimum müsaade edilen doz" sınırını 1 rem x yaş (10 mSv x yaş) olarak önermektedir. Girişimsel kardiyologlar için (yaş - 18) x 5 rem daha geçerli bir sınır olarak düşünüül-

Tablo 4. Maksimum müsaade edilen doz tarihçesi (Maximum Permissible Dose=MPD)

Tarih	Yıllık MPD	
	rem	msv
1931	50	500
1936	30	300
1948	15	150
1958	5	50

National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) önerileri (ABD)

Tablo 5. Maksimum müsaade edilen doz sınırları

Organ	rem/yıl	msv/yıl
Bütün Vücut	5	50
Deri	30-50	300-500
Eller, Ayaklar	50-75	500-750
Göz Merceği	5-15	50-150
Tiroid	15	150

NCRP Nuclear Regulatory Commission (NRC) ve ABD eyalet kanunları önerileri

mektedir. Yaşça ileri girimsel kardiyologların ışınlanmaya maruz kalacağı yıllar daha kısıtlı olacaktır. Bu ikinci formül daha mantıklı görünmektedir. Yakında neşredilen ACC Expert Consensus belgesinde kişisel riskler etraflı olarak tartışılmıştır (4). Aşağıdaki genelde bu rapora dayanan veriler özetlenmiştir.

D) Kanser

Düşük dozda iyonlayan ışınların en önemli somatik riski kanserdir. Yüksek doz ışınlanmaya maruz klanlarda en çok görülen neoplasmlar lenfoma ve lösemidir. Latent period, özellikle alçak doz birikici ışınlanma için çok uzun olabilir. Hiroshima ve Nagasaki gözlemlerine göre kanser riski bütün vücutta 1 rem ışınlanma için %0.04 civarındadır (2). Hayat boyu 100 rem birikici doz alan bir girişimsel kardiyolog için kanser riski (%4 artıyor demektir. Kanser endüksiyonu için bir alt eşik dozu mevcudiyeti kesin olmadığından minimal dozlara kadar kanser riskinin olabileceği varsayımı önerilmiştir (2). Çok sayıda işlem yapan bir girişimsel kardiyolog için senelik efektif doz eşdeğerliği boyun hizasında 6000 mrem (60 mSv) kadar olabilir (5). Kurşun önlük altında bu değer 6 misli az, yaklaşık 1000 mrem = 1 rem, otuz yılda birikici doz 30 rem, ilave fatal kanser riski %1.2 olabilir; 90 rem için risk yaklaşık %4 olacaktır. ABD'de genel popülasyonda yaşam boyu fatal kanser riski %20 olarak tahmin edilmekte ve %4 veya %1.2 ek risk çok önemli bir artış gibi gözükme de ufak fakat kati bir yaşam tehlikesi teşkil etmektedir. Fatal olmayan kanser riski bu yüzdelere üzerinde tahmin edilmektedir. Hem belde kurşun altında, hem boyunda önlük dışında dozimetri takan kardiyologlar için kanserden ölüm ve genetik defekt riski aşağıdaki formüllerle tahmin edilebilir.

Efektif doz eşdeğerliğine göre risk = 1.5 Hw + 0.04 Hn

Efektif doza göre bütün kuşaklara risk = 0.5 Hw + 0.025 Hn

(w = Bel n = Boyun, H, = Doz eşdeğerliği.)

Radyoloji biliminin erken yıllarında el ve parmaklarda deri kanserleri en sık görülen kanserlerdi. Güncel girişimsel kardiyoloji pratiğinde ellere olan ışınlanma monitor edilmemektedir. Kronik alçak doz ışınlanma uzun bir latent dönemden sonra kansere yol açabilir. Kurşunlu lateks eldivenler etken bir koruyucu önlem değildir, çünkü parlaklık ayarlama devresi eldiven opasitesini otomatik olarak kompanse ederek dozu arttıracaktır. Ellerin katiyen primer ışın yolu üzerinde olmaması (parmak kemiklerinin görülmesi) gerekir.

II) Katarakt

Katarakt oluşumu ışınlanmanın deterministik etkilerinden biridir, dolayısı ile bir eşik kıymeti vardır. Progressif katarakt oluşumu için minimum tek doz yaklaşık 200 rad (2Gy) dir. Buna mukabil 750 rads (7.5 Gy) kadar birikici dozlar katarakt yapmamışlardır. Göze yılda müsaade edilen 15 rem dozda kalan bir kardiyolog için 30 yıl sonra bile katarakt riski ufak gözükmektedir. Kurşun gözlükler, ışık kalkanı bu riski daha da azaltabilir.

III) Genetik Riskler

İnsanda ışınlanmanın genetik etkileri ve mutasyon ensidansı hakkında kesin bilgi olmadığından potansiyel zararlı etkiler, fare tecrübelerinden aktarmalara dayanmaktadır. Eğer gerekli koruyucu önlemler alınırsa invazif bir kardiyologun önlük altı genel doz eşdeğerliği yılda 70-160 mrem civarındadır (6). Yıllık ekspozür 200 mrem kabul edilse bile, 20 yılda birikici doz 4 rem (40 mSv), rem başına defekt olasılığı 3/10000 den hesap edilerek ciddi doğuş defektleri 12/10000 civarında olabilir.

Geçici veya sürekli steriliteye neden olabilecek doz 500 rads (5Gy) tahmin edilmektedir (6). Yıllık maksimum müsaade edilen dozun 5 rem = 5 rad olduğu göz önüne alınırsa bu değer birikici doz olarak 80 yıllık süreye tekabül etmektedir. Normal korunma

şartları altında girişimsel kardiyologların gonodal yetersizlik riski çok düşük gözükmektedir.

Gebelikte fetusa müsaade edilen maksimum doz ayda 50 mrem (0.5 mSv), total hamilelik "doz eşdeğerliği" 500 mrem (5mSv) olarak kabul edilmektedir (7). Gebelik sürecinde alınan 1 rem doz için konjenital malformasyon veya sonradan neoplasm ihtimali 1/5000 kabul edilmektedir (8). Girişimsel kardiyoloji pratiğinde önlük altında haftada 3 mrem alındığı kabul edilirse, 40 haftada birikici doz 120 mrem ve konjenital malformasyon riski %0.024 olacaktır. Fetusa yüksek doz ışınlanmanın diğer riski mental gelişimin geri kalma olasılığıdır. Atom bombasından kurtulan Japon'larda bu olasılık en çok gebeliğin 8-15 haftaları arasında gözlenmiştir.

Korunma Önlemleri

1. Personelin ışınlanma riskleri ve korunma prensip ve yöntemleri bakımından eğitilmeleri.

2. Laboratuarda ışınlanma takibi ve kontrol.

a) İki dozimetre takılması; biri boyunda tiroid koruyucusu dışında, biri belde 0.5mm kurşun önlük altında. Ülkemizde ışınlanma kontrolü ile yükümlü Atom Enerjisi Kurumu maalesef yalnız bir dozimetriye müsaade etmektedir. Şahsi deneyimimde bu dozimetriyi takip için boyuna taktığımda, bu pozisyonu belirtmeme rağmen, ışınlanmanın maksimum sınırın üzerinde olduğu ihtarı geldi. Buna karşın anlaşılması güç bir husus da, aynı kurumun, laboratuvar ışınlanma değerlerini senelik ölçme isteğimizden sonra verilen raporunda, iki dozimetre taşımanın tercih edilmesini gerekliliğinin belirtilmesidir. Kateter laboratuvarlarında ideal olan iki dozimetre ile takip ülkemizde halen pratik olarak mümkün görülmemektedir. Türk Kardiyoloji Derneğinin bu eksiği düzeltmek için girişimde bulunması temenni edilir.

b) Personelin ışınlanma dozlarının incelenmesi ve yüksek doz alan hekimlerin teknik ve pratiklerinin düzenlenmesi.

c) Floroskopi zamanlarının takibi.

d) Ekipmanın ışınlanma düzeylerinin periyodik ölçümü; bu bir yasal zorunluluktur ve Atom Enerji Kurumu tarafından yapılmaktadır. Fakat şahsi deneyimime göre, ancak istenir. İlgili kurumun görevlilerinin

incelemeyi yapmak üzere merkezlere geldiği şeklindedir. Eğer ışınlama değerleri (mikro Gy/saat) ekipman sınırları dışında ise tekrar kalibrasyon yapılmalıdır.

e) İmaj intansifikatör rezolüsyon, "gain" konversiyon faktörlerinin periyodik kontrolü ayarı ve eğer belirli sınırların altında ise değiştirilmesi gerekir. Sistem linearitesinin ve kollimasyonu kontrol etmek gerekirse düzeltilmelidir.

f) Kurşun önlüklerin ve boyun koruyucularının çatlaklar için periyodik kontrolü ihmal edilmemelidir.

3. Ekipman

a) "Pulsed progressive" fluoroskopi.

b) Film yerine digital sistem ve DICOM-3 arşivi ile sine dozunun %30'unda imaj kaydı yapılabilir.

c) İmaj lupu fluoroskopi zamanını azaltır.

d) Dijital sistemlerde 12.5 fram/sn kayıt yapılması yararlıdır.

e) Pulsed fluoroskopide kateter manipülasyonu esnasında 25 yerine 15 veya 7.5 puls kullanılmalıdır.

f) Yüksek frekanslı jeneratörler tercih edilmelidir.

g) Işını sertleştirmek (beam hardening), bakır veya aliminyum filtreler kullanılması yarar sağlayabilmektedir.

4. Operatörün alacağı önlemler

a) Ekipmanı ile fluoroskopi'nin sineder 6 kat fazla ışınlama yapabileceği hatırlanmak; fluoroskopi zamanını mümkün olduğunca azaltmak için kateter yerleşimi esnasında intermitten fluoroskopi uygulanmalıdır.

b) Sine alım süresi kısa, fakat bilgiyi kısıtlayacak kadar kısa değil. En az görünüm sayısı ile en yeterli bilgi, fakat eksik bilgi toplayacak kadar az görünüm değil. Bunun dışındaki uygulamalar anjiyografinin tekrar edilmesine neden olabilir.

c) Kateter yerleşimi esnasında 23 cm. imaj alanı kullanılmalıdır. Her magnifikasyon kademesinin radyasyona maruz kalma süresinin 10 KVp ışınlamayı 1.7 defa arttırdığı hatırlanmalıdır.

d) Kollimasyona dikkat edilmeli gerekirse manual shutter kullanılmalıdır.

e) Tavandan asılı ışınlama kalkanı operatörün göğüs ve baş ışınlamasını %50-90 azaltabilir. Operatörün aldığı ışınlamanın çoğu hastadan çıkan sekonder radyasyondur. Masaya asılan kurşun perde masa altı aşınlanmayı keser.

f) Aynı nedenle intansifikatörü mümkün olduğu kadar hastaya yaklaştırmalı, böylece intansifikatörün kalkan ödevini de görmesi sağlanmalıdır. Işın kaynağı hasta mesafesini mümkünse 50 cm. den fazla tutulmalıdır.

g) KVp ve intansifikatör korunması olmamasının nedeni ile en fazla ışınlamaya neden olur. Sol anterior oblik, özellikle açılanma yüksek Fluoroskopide bu görünümünden mümkün olduğunca kaçınılmalı, sağ anterior oblik görünüm tercih edilmelidir.

h) Yüksek doz fluoroskopi mümkün olduğunca az kullanılmalıdır. Aksi halde radyasyona maruz kalma 10 kat artabilir.

i) Daima 0.5mm. kurşun önlük giyilmeli ve daima boyun koruyucu takılmalı. Kurşun gözlükler takılması ihmal edilmemelidir. Önlük altına ikinci bir etek giyilebilir, fakat bu uygulama girişimsel kardiyo loglarda gittikçe artan sıklıkta görülen belağrısı problemini daha da arttırabilirler.

j) Eller direk röntgen ışını altına koymamalıdır.

k) Primer ışın alanından mümkün olduğu kadar uzak durulmalı ters kareler kanununu unutmamalıdır.

Sonuç

Modern yüksek frekanslı jeneratörler, yeni röntgen tüpleri, digital fluoroskopi ve digital imaj kaydı ile girişimsel kardiyo loglara röntgen ekipmanından gelen ışınlama riski 10 yıl öncesine göre önemli derecede azalmış durumdadır. Operatör gerekli koruyucu önlemleri aldığı takdirde yaşam süresinin genel popülasyona oranla değiştiği bugünkü verilere göre söylenemez. Belki çok sayıda ve kompleks lezyonlar müdahale eden anjiyoplasti uzmanlarında 20-30 yıl birikimli "doz eşdeğerliğinde" kanser riski %2-4 oranında artabilir. İyonlayan ışınlamanın bir alt eşik kıymeti olmadığı ve uzun süreli etkilerinin hala tam belirlenmediği için girişimsel kardiyo logların her

türlü koruyucu önlemi almağa ihmal etmemeleri en güvenilir ve gerekli yaklaşımdır.

KAYNAKLAR

1. **Mc Ketty MH:** Study of radiation doses to personnel in a catheterization laboratory. *Health Phys. (US)* 1996; 70: 563-7
2. Committee on the Biological Effects of Ionizing radiation (BEIR V). Health effects of exposure to low of ionizing radiation. National Academy of Science. Washington (DC): National Research Council, 1990
3. US Nuclear Regulatory Commission: Standards for protection against radiation. Washington (DC): NCR 1996, Title 10 of the Code of Federal Regulation, Part 20
4. Radiation Safety in the Practice of Cardiology. Writing group members; Limacher MC, Chair. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 892-913
5. National Council on Radiation Protection and Measurements. Use of personel monitors to estimate effective dose equivalent and effective dose to workers for external exposure to LOW-LET Radiation. Bethesda (MD) NCRP, 1995; NCRP Report No: 122

6. **Pitney MR, Allan RM, Giles RW, et al:** Modifying fluoroscopic views reduces operator radiation exposure during coronary angioplasty *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 1660-3

7. **Boring CC, Squires TS, Tony T:** Cancer Statistics. *CA J Clin* 1991; 41: 19-35

8. UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation. Genetic and somatic effects of ionizing radiation: report to the General Assembly. New York. United Nations. 1986

Tavsiye edilen didaktik kaynaklar

1. **Balter S:** What is radiation dose? A tutorial module. *Cath Cardiovasc Diagn* 1998; 45: 76-81
2. **Bushberg JT, Seibert JA, Ledidholt EM, Boone JM:** The Essential Physics of Medical Imaging. Baltimore (MD): Williams & Wilkins, 1994
3. **Aldridge HE, Chisholm RJ, Dragatakis L, Roy L:** Radiation safety in the cardiac Catheterization laboratory: *Can J Cardiol* 1997; 13: 459-67