

Floroskopi ve Anjiyografide Optimizasyon

The Optimisation in Fluoroscopy and Angiography Procedures

Özüm Yüksel Buğdaycı

Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Lefkoşa, Kuzey Kıbrıs

ÖZ

Floroskopi ve anjiyografi kullanımında hasta dozunun optimizasyonu, operatöre ve cihaza bağlı pek çok değişken içerdiği için gerçekleştirilmesi zor bir görev olarak görülebilir. Floroskopik prosedürün optimizasyonunda amaca, hasta dozunun azaltılması ile tanı açısından yeterli görüntü kalitesini sağlamak arasında bir denge sağlanarak ulaşılabilir. Her türlü tanısal/girişimsel floroskopik ve anjiyografik işlemde, hasta dozu önemli ölçüde operatörün yaptığı ışınlama süresine paraleldir. Optimizasyon amacına ulaşmak için yapılacak uygulamalar hasta ve operatörün maruz kalacağı radyasyon düzeyini düşürmek için de önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, radyasyon, doz

ABSTRACT

Dose optimization in fluoroscopy and angiography can be seen as a difficult task to accomplish because it involves many operator and device-dependent variables. A balance is required between achieving the goal of the fluoroscopic procedure, minimizing the dose, and providing adequate diagnostic image quality. In any fluoroscopic and angiographic diagnostic/interventional procedure, patient dose largely parallels the operator exposure time. Optimization protocols are important to reduce the radiation exposure of the patient and operator.

Keywords: Optimization, radiation, dose

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Floroskopide optimizasyon nedir?
- Optimizasyon için hangi parametreler kullanılmalıdır?
- Optimizasyonun hasta dozu ile ilişkisi nedir?

GİRİŞ

FLOROSKOPİDE HASTA DOZU NEDEN ÖNEMLİDİR?

Floroskopik incelemeler iyonlaştırıcı radyasyon kullanılan radyolojik incelemeler arasında hastanın bir işlemde en yüksek dozu alabileceği incelemelerdir. İyonlaştırıcı radyasyon içeren bir işlemde biyolojik dokularda uygulanan doza bağlı oluşabilecek problemler olarak deterministik etkiler olarak da bilinen eritem, bül, epilasyon ve nekroz sayılır. Bu etkiler belirli bir dozun üzerine çıkınca yüksek olasılıkla ortaya çıkabilecek sorunlardır. Etkilerin oluşabilmesi uygulanan radyasyon dozuna bağlı olmasına rağmen hastanın yaşı, ışınlanan bölgenin neresi olduğu ciltte oluşabilecek etkilerin şiddetine etki yapabilir.

Floroskopik incelemeler hasta ve çalışanın stokastik etkilerden de zarar görmesine neden olabilir. Bu etkiler, deterministik etkilerin aksine uzun süre sonra ancak uygulanan dozdan bağımsız olarak gelişebilir. Artan uygulama dozları stokastik etkinin olasılığını artırabilir ancak şiddetine etkili değildir. Bu nedenlerle, hastanın floroskopi incelemesinde tanıya yardım edebilecek en düşük dozu alması için önlemler alınmalıdır. Bu önlemlerin işlemin tanısal görüntü kalitesine olumsuz etkisi de olmamalıdır.

Yeni teknolojik gelişmeler ile, günümüzde hastanın alacağı radyasyon dozunu düşüren pek çok buluş ve inovasyon cihazlarda kullanılmaya başlanmıştır. Buna rağmen,



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Özüm Yüksel Buğdaycı, Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Lefkoşa, Kuzey Kıbrıs

E-posta: ozumt@ciu.edu.tr **ORCID ID:** orcid.org/0000-0003-1669-082X

Geliş Tarihi/Received: 04.12.2024 **Kabul Tarihi/Accepted:** 28.02.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 30.04.2025

Cite this article as: Yüksel Buğdaycı Ö. The optimisation in fluoroscopy and angiography procedures. *Trd Sem.* 2025;13(1):79-88



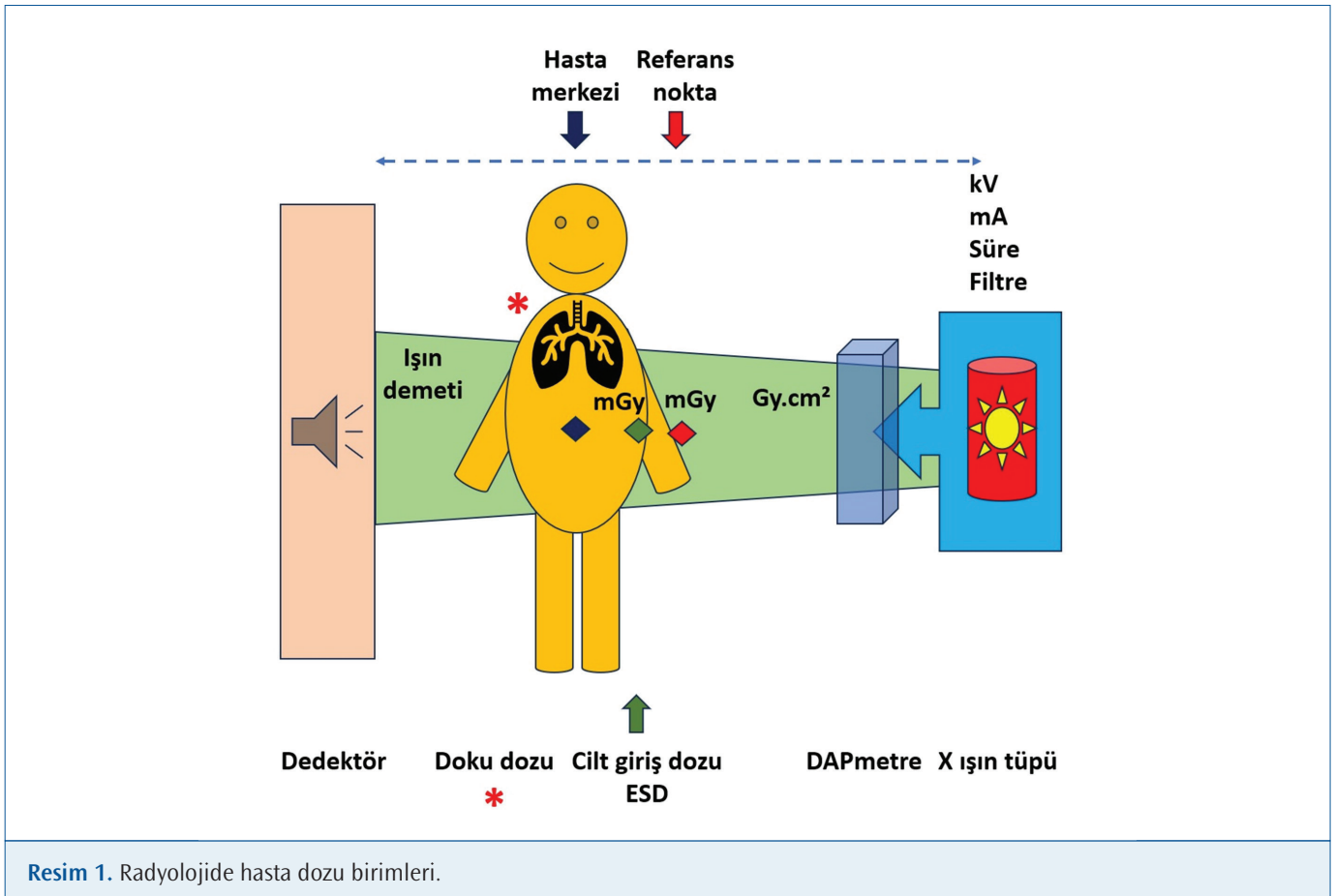
Copyright© 2025 Yazar. Türk Radyoloji Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır.
Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makaledir.

kullanıcıların farkındalığı, uygun olan teknikleri kullanma konusundaki eğitim ve becerileri ile uygulamalar sonrasında hasta kayıtlarını inceleyerek gerekli olduğunda protokol parametrelerinde düzeltmeler yapmaları, olası riskleri önlemede etkin yöntemlerdir. İşlem öncesinde hastanın olası riskler konusunda bilgilendirilmesi, işlem sonrasında uygulanan doz bilgilerinin gözden geçirilmesi, hastanın takibinde yüksek dozdan kaynaklanabilecek etkilerin yönetiminde etkilidir. Floroskopinin radyoloji servisleri dışında pek çok farklı bölümde kullanılıyor olması, bu konuda radyoloji eğitimi almamış profesyonellerin de uygun yönlendirilmesinin gereğini arttırmaktadır. Bu yazıda, floroskopi kullanımında hastaya ve cihaza bağlı faktörlerin hasta dozuna etkisi ve riski azaltmaya yönelik önlemler tartışılacaktır. Floroskopi cihazlarının çalışma prensiplerine ayrıntılı olarak girilmeyecek ve uygulamada yapılması önerilenlere ağırlık verilecektir.

FLOROSKOPİDE KULLANILAN DOZ PARAMETRELERİ

Floroskopi cihazındaki karmaşık doz parametre isimlendirmesinin açıklığa kavuşması, konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir. X-ışını demetinin X-ışını tüpü çıkışındaki enerjisini doz alanı ürünü (*dose area product*, DAPmetre) ile ölçebiliriz. Değişik marka ve model cihazlarda bize değişik birimlerde DAP değerleri sunulabilir. Cihazların

hangi enerji birimi (μGy , mGy , cGy , Gy vb.) ve hangi alan ölçümünü (mm^2 , cm^2 , m^2 vb.) kullandığına bağlı olarak değişebilir. Bu farklılıkların, karşılaştırmak amacıyla genelde benimsenen Gy.cm^2 'ye çevrilmemesi, sonuçların birbirinden kat kat farklı çıkmasına neden olabilir. Referans nokta olarak odak ve detektörün tam ortasında olduğu düşünülen hasta merkezinden on beş cm tüp yönündeki nokta kabul edilir. Bu nokta yaklaşık hastanın cildine gelen noktadır. Burada oluşan dozu (kümülatif referans hava kerma) cihazlar Gy veya mGy olarak verebilir. Bu nokta her ne kadar cildine karşılık geldiği kabul edilse de ayrıca cilt dozunun hesaplanması mümkün, bazen gereklidir. Cilt dozu ise tam olarak X-ışın demetinin cilde ulaştığı nokta olarak kabul edilir ve ölçülür. Bu noktada ölçümlere ciltten geri saçılan enerjinin eklenmesi gerekir çünkü yapılan ölçümlerde bu değer ciltten saçılımı da içerecektir. Geri saçılmanın pek çok değişkene bağlı olmasına rağmen yaklaşık %30 olduğu kabul edilebilir. Organ dozları ise pratikte ölçülemeyeceğinden, benzetim programları ile, diğer ışınlama bilgilerinden hesaplanabilen dozlardır. Her organın radyasyona duyarlılığı, absorbe ettiği dozu etkilemektedir. Referans nokta, cilt giriş dozu ve organ dozları için mGy birimi kullanılır (Resim 1) [1, 2]. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için hastanın ve floroskopi çalışanının aldığı radyasyon dozunu azaltabilecek işlemleri ayrı başlıklarda inceleyeceğiz.



HASTA DOZUNA ETKİ EDEN PARAMETRELER

Floroskopi ve/veya anjiyografi işleminde hastaya ve kullanılan cihaza ait parametreler hastanın dozunu etkiler. Hastanın yaşı, boyutu, vücut yapısı, ışınlanmanın yapıldığı vücut bölgesi, daha önce yapılan benzer floroskopik işlemlerin olması, cihaza ait ışınlama parametreleri [kilovolt (kVp), miliamper (mA), puls rate vb.], filtre, kolimasyon, tüp-cilt mesafesi gibi parametrelerin doğru seçilmemesi hasta dozunu arttırır. Bu parametrelerinde doğrudan veya dolaylı olarak etkilediği en önemli parametre toplam floroskopi süresi olarak ortaya çıkmaktadır.

X-ışınının hasta cildine girdiği noktadaki yüzey dozu, oluşabilecek deterministik etkinin öngörülmesinde en önemli parametrelerden biridir. Tipik olarak rutin işlemlerde floroskopide cilt giriş dozu, ortalama boyutlara bir erişkin hasta için yaklaşık 30 mGy/dk (3 rad/dk) (10 mGy = 1 rad) olarak bildirilir. Sık uygulanan girişimsel işlemlerde uygulanan yaklaşık dozlar Tablo 1'de gösterilmiştir [3-5]. Bu tabloda tetkik süreleri 3 ila 15 dk arasında olmakla birlikte cilt giriş cilt dozları 44 ila 340 mGy (4,4-34 rad) arasında değişmektedir. Yaklaşık 500 girişimsel nörolojik işlemde cilt giriş dozlarının 1 Gy'den fazla olabildiği hatta radyasyona bağlı cilt hasarı dozlarına da (>2 Gy) ulaşılabilirdiği bildirmiştir [6]. Embolizasyon işlemlerinin %6'sında, serebral anjiyografi çalışmalarının %1'inde ise ciltte belirgin eritem gelişimi (giriş cilt dozu >6 Gy) saptanmıştır. Kateter ile radyofrekans ablasyon uygulaması yapılan 9 merkezin 750 hastasında ortalama işlem süresi 53 dakika ile dikkat çekicidir. Tahmini cilt dozu $1.300 \text{ mGy} \pm 1.300$ ölçülmüş cilt dozu düzeyi (2 Gy) %22 işlemde kritik şekilde aşılmıştır (Tablo 1) [7].

HASTA CİLT DOZUNU BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Floroskopi işlemi sırasında, X-ışını tüp tarafından hastaya ulaşarak tüm dokuları kat edip dedektör tarafında vücudu terk eder. Dolayısıyla, tüm dokular radyasyona maruz kalmaktadır. Hastanın aldığı cilt giriş dozunu belirlemede ortalama cilt giriş ışınlama ölçüleri kullanılabileceği gibi DAP ölçümü doz belirlemede kullanılabilir. Çeşitli çalışmalar için ortalama kVp ve tüp akımı (mA) kayıt edilse de sadece bu parametreleri kullanarak hasta cilt giriş dozunun hesaplanması mümkün değildir. Işınlama parametreleri doğru olarak kaydedilirse bile hasta boyutu, cihazdaki tetkik modunun hangisi olduğu gibi birçok faktör verilerin doğruluğuna etki edebilir.

Girişimsel incelemelerde, incelenen alanın genişliği, geometrisi, X-ışını tüpüne olan pozisyonu, kVp, tüp akımı imaj modu doza etki etmektedir. Floroskopi sistemleri işlem süresince belli aralıklarla (genelde 5 dakikada bir) uygulama süresi konusunda uyarı verse de uygulamayı yapan profesyonelin hastanın cilde ulaşan doz konusunda işlem süresince bilgi alması genelde mümkün olmaz [8]. Bu dozu gösteren yeni yazılımlar olsa da henüz yaygınlaşmamıştır. Bu nedenle hastanın cildinde aldığı radyasyon hastanın cildine yerleştirilen dozimetrelerle doğrudan ya da X-ışını tüpünden çıkan enerjiyi kaydeden cihazlar ile dolaylı yolla ölçülebilmektedir.

DOĞRUDAN YÖNTEM

Hastanın cildine aldığı radyasyon dozunun ölçülmesi için, termoluminesans dozimetre (TLD), fotografik filmler ve son zamanlarda metal oksit yarı iletken alan etkili transistor dedektörleri ile ölçümler alınabilir. **TLD, ciltten yansıyan yaklaşık %30 radyasyonu da içeren kesine yakın bir değer vermektedir** [6]. Ancak işlemin tamamındaki gerçek cilt dozu dağılımını bilmek zordur.

Fotografik filmler düşük maliyetleri ile avantaja sahiptir. Hatta Gafchromic genişletilmiş doz aralığı filmleri de özellikle radyasyon onkolojisi alanında kullanılabilir. Ancak bu tip yöntemde X-ışınının belli enerji aralıklarına duyarlık söz konusudur. Bu filmlerin pratik uygulaması da güçlükler içermektedir.

DOLAYLI YÖNTEM

En sık kullanılan yöntem DAP ölçümüdür. Bugün kullanılan modern cihazların büyük çoğunluğunda, X-ışını tüpünün kolimatör çıkışına DAP metre yerleştirilmiştir ve işlem boyunca tüm inceleme alanına verilen dozu ölçer. Ölçüm, DAP veya hava kerma alan ürünü (*kerma area product*) olarak belirlenir [4, 5, 9-11]. Bu ölçüm X-ışın tüpü odağının cilde olan uzaklığından bağımsız bir ölçümdür. X-ışınının ters kare kanuna göre, odaktan uzaklaştıkça şiddetinin azalması ve ışınlanan alanın genişlemesi arasındaki ters ilişki nedeniyle her uzaklık için DAP değeri sabit kalır.

Cilt giriş dozu, DAP ölçüm sonucundan hesaplanabilir. DAP değerinden cilt dozu hesabı için

Tablo 1. Tanısal girişimsel işlemlerdeki radyasyon değerleri

İşlem	Ortalama floroskopi süresi (dk)	Ortalama cilt giriş dozu (mGy)
Baryumlu kolon grafisi	3,3 (<1-5)	44 (23-59)
Baryumlu özefagus grafisi	3,8 (2,5-6,1)	66 (41-150)
Renal anjiyografi	5,1 (2,9-7,6)	100 (80-220)
Serebral anjiyografi	12,1 (2,9-36)	220 (60-590)
Hepatik anjiyografi	12,1 (3,6-42)	340 (100-580)
Perkütan transhepatik kolanjiyografi	14,6 (2,9-44)	210 (30-520)

$249+5,2 \times P_{ka}$ formülü kullanılabilir. P_{ka} DAP sonucu olarak bildirilen değerdir. Bir dakikalık floroskopik işlemde, DAP değeri $2000 \mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ölçüldü ise, $20 \times 20 \text{ cm}$ görüntüleme alanında $5 \mu\text{Gy}/\text{dk}$ veya $10 \times 10 \text{ cm}$ alanda $20 \mu\text{Gy}/\text{dk}$ cilt dozları belirlenebilir.

Magnifikasyon burada cilt dozunu etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkar. İşlem sırasında büyütme yani magnifikasyon yapılır ise, X-ışını giriş alan boyutu azalacaktır ve parlaklık azalacaktır. O nedenle otomatik parlaklık stabilizatörleri, devamlı önceden belirlenmiş ekran parlaklığını sağlamak için cilde giren X-ışını dozunu artırır. Alan genişliği (cm) ile doz oranı ($\mu\text{Gy}/\text{dk}$) arasında ters orantılı bir grafik çizilebilir. Bu iki parametredeki değişimler ile DAP sonucundan cilt dozu hesaplama sorunları oluşabilmektedir [12-14].

RADYASYONUN ETKİLERİ

Radyasyonun sitokastik ve non-sitokastik (deterministik) olmak üzere bilinen iki yolla vücutta biyolojik etkileri oluşturabilir. Radyasyona bağlı oluşabilen kanser ve genetik etkiler sitokastik etkilerdir. Dozun artışı ile bu etki olasılığı

artmaktadır. Radyasyonun neden olabileceği lösemi gibi hematolojik maligniteler 1 cGy veya 1 Gy üzerinde de gelişebilir. Her iki durumda hastalığın ciddiyeti arasında fark oluşmamaktadır. Malignite olasılığı dozdan bağımsızdır, bu etkinin oluşabileceği bir eşik değeri yoktur ve artan hasta dozları ile malignite olasılığı artar.

Sitokastik etkinin oluşabileceği bir hasta dozu alt sınır değeri olmadığı ve herhangi bir radyasyon dozunun bu etkiye yol açabileceği düşünülmektedir. Radyasyonun biyolojik olumsuz etkilerinin 100 mGy altında çok düşük değerlere kadar dozların alınmasında da oluşabileceğini öngörülen “eşik değer yoktur” (*no threshold theory*) bilgisi, mevcut radyo biyolojik veriler ışığında yukarıda vurgulanan stokastik riski açıklamak için öngörülmüştür. Non-sitokastik yani deterministik etki ise belirli bir doz değerinden sonra ortaya çıkan katarakt oluşumu, eritem oluşumu, epilasyon (tüylerde dökülme), bül ve nekroz gibi etkiler olarak sayılabilir (Tablo 2).

Hastalarda izlenen radyasyon etkileri dışında tıbbi görüntüleme teknikleri ve girişimsel radyologlarda da

Tablo 2. Ciltte artan doz ile beklenen etkiler

Grup	Tek bölge akut cilt doz aralığı (Gy)	NCI cilt reaksiyon grade	Etkilerin başlaması için yaklaşık süre			
			Hemen (<2 hafta)	Erken (2-8 hafta)	Orta dönem (6-52 hafta)	Uzun dönem (>40 hafta)
A1	0-2	Uygun değil	Gözlemlenebilir bir etki beklenmiyor	Gözlemlenebilir bir etki beklenmiyor	Gözlemlenebilir bir etki beklenmiyor	Gözlemlenebilir bir etki beklenmiyor
A2	2-5	1	Geçici eritem	Epilasyon	Saç dökülmesinden iyileşme	Gözlemlenebilir bir sonuç beklenmiyor
B	5-10	1-2	Geçici eritem	Eritem, epilasyon	İyileşme; daha yüksek dozlarda, uzun süreli eritem, kalıcı kısmi epilasyon	İyileşme; daha yüksek dozlarda, dermal atrofi veya sertleşme
C	10-15	2-3	Geçici eritem	Eritem, epilasyon; kuru veya nemli pul pul dökülme ihtimali; pul pul dökülmeden iyileşme	Uzun süreli eritem; kısmi epilasyon	Telanjiektazi; dermal atrofi veya sertleşme; cildin zayıf olması muhtemeldir
D	>15	3-4	Geçici eritem; çok yüksek dozlardan sonra ödem ve akut ülserasyon; uzun süreli cerrahi müdahale muhtemelen gerekli olacaktır	Eritem, epilasyon; nemli pul pul dökülme	Dermal atrofi; nemli pul pul dökülmenin iyileşmemesi nedeniyle sekonder ülserasyon; cerrahi müdahale muhtemelen gerekli olacaktır; daha yüksek dozlarda dermal nekroz, muhtemelen cerrahi müdahale gerekli olacaktır	Telanjiektazi; dermal atrofi veya sertleşme; geç dönemde ciltte bozulma olasılığı; yara kalıcı olabilir ve daha derin lezyonlara ilerleyebilir; muhtemelen cerrahi müdahale gerekli olacaktır

ışınlamaya maruz kalan vücut bölümlerinde floroskopiye bağlı bir deterministik etki olarak radyasyon dermatiti izlenebilir. Sıklıkla 7 ila 14 gün arasında belirtiler ortaya çıkmakla birlikte akut veya kronik bir süreç başlayabilir [15].

Yaşam boyu kanser riskinin araştırıldığı bir makalede, ömür boyu beklenen kanser gelişme riski erkek radyolog, erkek tıbbi görüntüleme teknikeri ve kadın hemşirelerin dahil olduğu grupta sırasıyla 100.000 de 338 (90,3-796,1), 121 (33,5-288,7), ve 156 (41,1-390,6) bulundu. Tiroit kanseri nüfusta en sık karşılaşılan organ kanseri olarak bilinir [16]. Erkek radyologların bu çalışmada maruziyet zamanı $10,9 \pm 7,3$ yıl, ortalama kümülatif aldıkları doz $30,7 \pm 28,8$ mSv ve yıllık ortalama doz $1,9 \pm 1,5$ mSv idi. Uygun koruma kullanılan çağdaş uygulamalarda risk azalmaktadır. ABD Ulusal Radyasyon Koruması ve Ölçümleri Konseyi'nin mesleki maruziyete izin verdiği doz limitleri Tablo 3'de verilmiştir.

FLOROSKOPIK İNCELEMEDE HASTA DOZUNU AZALTMAK İÇİN YAPILMASI GEREKENLER

Amerikan Radyoloji Koleji-Amerikan Tıp Fizikçileri Derneği (*American College of Radiology-American Association of Physicists in Medicine*) floroskopik işlemlerde radyasyon kullanımının yönetiminde, teknik standartlara göre hasta dozunu azaltmak için yapılması önerilenler aşağıda özetlenmiştir [17]: Burada açıklanan prensipler, diğer parametre ve faktörlerin sabit kaldığı kabul edilerek değerlendirilmelidir. Floroskopi cihazlarında hastanın dozunu uygulanan parametrelerde cihazın önceden belirlenmiş ekran parlaklığına göre arttırıp azaltan otomatik algoritmalar bulunmaktadır.

1. Floroskopi az ve yalnızca gerçek zamanlı görüntülemeye ihtiyaç duyulduğunda kullanılmalıdır.
2. Mümkünse düşük veya değişken kare hızı (frame rate) kullanın.

3. Düşük bir floroskopik puls (atım-ışının açılıp kapanması) oranı kullanın.

4. Cihazda önceden belirlenmiş birden fazla doz uygulama modu var ise, yeterli görüntü kalitesi sağlayan en düşük doz oranını seçin.

5. Görüntü eldesi için kaydedilen ışınlama/ekspozür çalışmalarının süresini sınırlayın, bu uygulama toplam görüntü sayısını ve dolayısıyla hasta dozunu azaltacaktır. Görüntüleri yalnızca daha yüksek kaliteli görüntülerin inceleme ve dokümantasyon için gerekli olduğu durumlarda kaydedin. Daha düşük kaliteli görüntüler dokümantasyon için yeterli ise bunun yerine floroskopik görüntüler kaydedilmelidir. Floroskopide elde edilen görüntü sayısı azaldıkça maruz kalınan doz da azalacaktır. Anjiyografide de özellikle uzun seri çekimlerden kaçınılması doz maruziyetini azaltır.

6. Elektronik magnifikasyon modunu floroskopi veya görüntü kaydı için iyileştirilmiş görüntü kalitesi gerekli olduğunda kullanın. Elektronik magnifikasyon hasta dozunu artırır bu nedenle önerilen, ışınlama yapılmadığı zaman, kayıt edilen görüntüden büyütürken çalışılan alanı netleştirmeye çalışmaktır.

7. Primer ışından doz alan doku hacmini sınırlamak için ışını incelenen alan kadar kolime edin.

8. Hastanın ışın giriş düzlemi ile X-ışını tüp fokal spot arasındaki mesafeyi mümkün olduğunca arttırın, hastayı tüpten uzaklaştırın.

9. Görüntü alıcısını hastaya mümkün olduğunca yakın yerleştirin.

10. Ekstremiteler gibi küçük vücut parçalarını ve çocukları görüntülerken anti-scatter gridi çıkarın.

11. Diğer mevcut doz azaltıcı özellikleri kullanın (ek filtreleme vb.). Örneğin; toplam filtrasyona eklenen bakır filtreler, düşük

Tablo 3. NCRP, ICRP, IAEA ve NDK mesleki maruziyet için önerilen doz sınırları

Organizasyon	Efektif doz (yıllık)	Efektif doz (kümülatif)	Lens dozu	Cilt dozu	Ekstremiteler dozu
NCRP	50 mSv/yıl	10 mSv X yaş (yıl)	50 mSv/yıl	500 mSv/yıl	500 mSv/yıl
ICRP	Beş yılın toplamı 100 mSv, ortalaması 20 mSv, bir yılda maksimum 50 mSv		Beş yılın toplamı 100 mSv, ortalaması 20 mSv, bir yılda maksimum 50 mSv*		
IAEA					
NDK					

NCRP, Ulusal Radyasyon Koruması ve Ölçüm Konseyi; ICRP, Uluslararası Radyolojik Koruması Komisyonu; IAEA, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı; NDK, Nükleer düzenleme Kurumu; *NDK değişiklik taslağından.

enerjili fotonları uzaklaştırır ve ışın demetinin deliciliğini artırır, hasta cilt dozu azalır.

HASTAYA VERİLEN DOZU AZALTMAK İÇİN NE TÜR TEKNİKLER KULLANILABİLİR

Aralıklı Floroskopi, Elektronik Kolimasyon ve Son İmajın Dondurulup İncelenebilmesi

Birçok radyolog pedala devamlı basmayarak floroskopiye kullanması gerektiğini bilmektedir. Floroskopi sırasında görüntülenen alanın devamlı ışın alması yerine son karedeki görüntünün ekranda kalmasını sağlayan “Son imajı tut” (*last image hold*) özelliğini kullanmakta önemli bir doz azaltıcı seçenektir. Son imajın ekranda donması ek radyasyon kullanmadan yeni işlem öncesi hazırlığa da katkıda bulunur. Yeni sistemlerde son imaj donduğu zaman, elektronik kolimasyon ile, kolimatör kanatları uyarlanarak inceleme alan boyutlarında ayarlama yapılabilir.

Gridin Çıkarılması

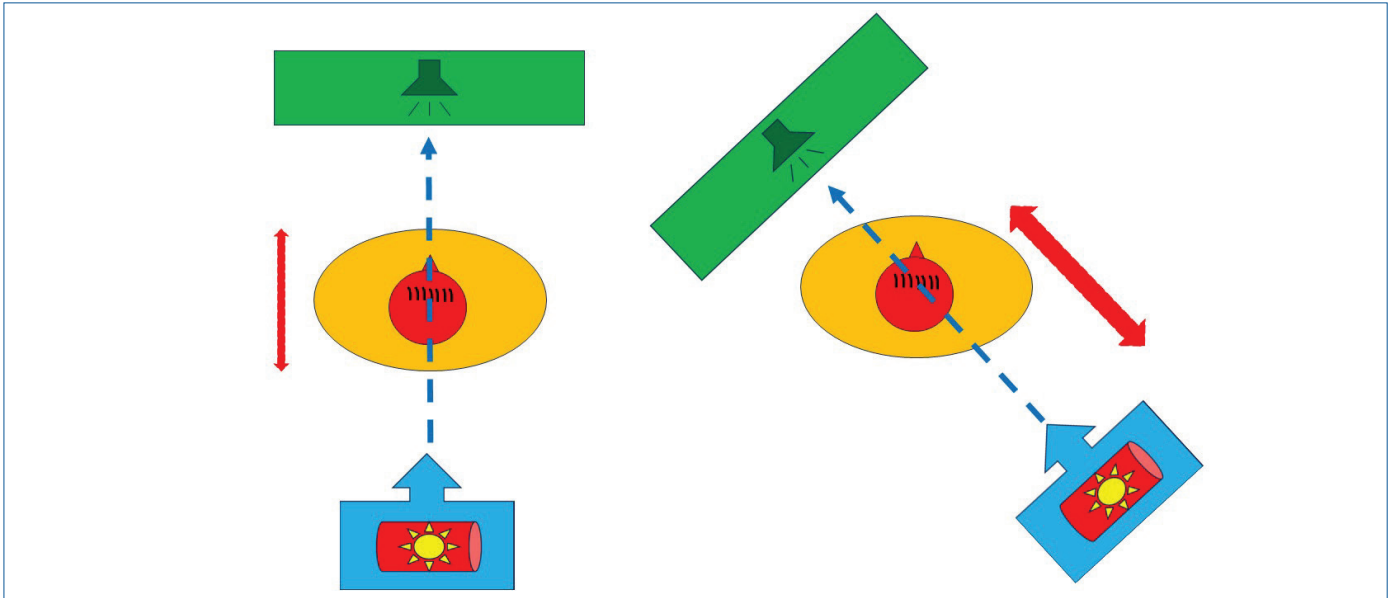
Grid, hastadan çıkarken saçılan fotonların detektöre ulaşmasını belli oranda engelleyerek imajdaki kontrastı artıran ve imaj kalitesini yükselten bir cihaz parçasıdır. Ancak dedektöre gelen toplam enerjide foton sayısını azaltıp tüpün otomatik olarak ışınlamasını arttırarak incelemede ciltten geçen dozun artmasına yol açar. Özellikler pediatrik hastalarda ya da erişkinlerde ekstremitelerde çekimlerinde gridin çıkarılması dozu 1/3 hatta 1/2 oranında azaltabilir. Cihazların gridlerinin kolay çıkması ve takılması kullanımları için bir avantaj sağlamaktadır.

Dozun Hasta Cilt Yüzeyine Yayılması

Bu yöntem ile X-ışın demetinin cilde tüm işlem boyunca aynı noktadan girmesini önleyerek maksimum dozun hasta cildinin daha geniş bir alanına yayılmasını sağlayabilir. Bu şekilde cilt dozu tek bölgede yoğunlaşmaz. Bu yöntemde amaç, maksimum cilt dozunu, incelenen anatomisinin merkezine ışının yönünü değiştirerek vermektir. Özellikle radyofrekans ablasyon gibi uzun süreli girişimsel işlemlerde femoral arterde bulunan kateter ile kalp arasındaki bölge işlemlerinde buna dikkat etmek gerekebilir. Ayrıca yine koroner anjiyografi işlemlerinde hastanın sırt cildinin korunması için kullanılmalıdır. Burada açıyı değiştirirken hastanın oval kesit kalınlığında, daha uzun mesafeden geçebilecek ışınların, oluşan atenuasyon nedeniyle azalan obje parlaklığının cihazın otomatik parlaklık kontrolü sistemleri ile giderilmesi nedeniyle dozun artabileceğidir (Resim 2).

Işın Kalitesinin Ayarı

Hastaya uygulanan X-ışın demetinin enerjisi, seçilen kVp ve ışının filtrasyon miktarına bağlıdır. Yüksek kVp, ortalama ışın enerjisini artırır ve imaj reseptörüne bu ışın ulaşır. Detektör giriş ekpojuru otomatik parlaklık ayarları yardımı ile sabit tutulur iken, cilt giriş dozu, kVp ile ters orantılı değişir. Kesit kalınlığı daha yüksek (obezitesi olan, yüksek vücut kitlesi olan) bir hastada daha düşük kVp elde edilecek görüntüyü olumsuz etkileyecektir. Yüksek enerjili bir ışın kullanmanın dezavantajı ise, görüntü kontrastının azalmasıdır. Kabul edilebilir görüntü kontrastını sağlayacak en yüksek kVp'nin korunması daha düşük cilt dozuna yol açabilir.



Resim 2. X-ışın demeti gövdede daha uzun bir yol kat ettiğinde oluşacak X-ışın enerjisi atenuasyonu, cihaz tarafından arttırılan ısınlama ile düzeltilmeye çalışılır. Bu da hastanın aldığı radyasyonu artırabilir.

Kolimatör seviyesinde ek metal filtre kullanılması (alüminyum ve bakır gibi) cilt dozunu azaltır.

İmaja katkısı olmayan, hastaya penetre olan ancak görüntü kalitesine katkısı olmayan düşük enerjili X-ışını fotonlarının ışın demetinden filtre edilmesi cilt dozunu azaltır. Bu şekilde 0,1-0,3 mm ek bakır filtre kullanarak cilt dozunun %50'ye kadar azaldığını gösterilmiştir [18]. Carefilter® (Siemens medikal sistemleri) veya Spectrabeam® (Philips medikal sistemleri) gibi ticari ürünler görüntü kalitesini etkilemeyen filtre sistemlerine örnek olarak verilebilir.

İmaji Magnifiye Etmek

Teknik olarak imaji magnifiye etmek tanısıl bilgiye katkısından dolayı yararlı olabilir ancak hasta dozunu artırır. Geometrik ve elektronik olarak iki temel magnifikasyon yolu vardır. Geometrik magnifikasyon hastanın küçük bir alanını imaj intensifier (görüntü yoğunlaştırıcı) sistemdeki daha geniş bir alana yansıtmak için dağılan X-ışını demetinden yararlanır. Kaynak-detektör arası mesafesi bazı cihazlarda sabittir. İmaj magnifikasyonu ve cilt dozu arttıkça hasta X-ışını kaynağına daha çok yaklaşır. Diğer bazı floroskopi cihazında kaynak-detektör mesafesi değişken olabilir. Tüp ve detektör bağımsız hareket edebilir. Kaynak hastaya yaklaştıkça veya dedektör uzaklaştıkça imaj magnifiye olur. Artmış magnifikasyonda odağın boyutu da değişmez ise görüntü sınırları bulanıklaşabilir, odak 0,3 mm'ye kadar küçülmez ise uzaysal çözünürlük de azalabilir.

Elektronik magnifikasyonda ise, eş doz seviyesine sahip 3 veya 5 adet magnifikasyon düzeyi vardır. İmaj intensifier çapının karesi oranında radyasyon dozu artar. Örneğin giriş cilt dozu 23 cm alan için, cilt dozu 100 ünite ise, ışınlanan alan 15 cm'ye düşünce alınan doz 235 üniteye $(23/15)^2$ alan 11 cm'ye $(23/11)^2$ düşünce ise 440 üniteye, kadar artar.

Doz Seviyesi Menüsü

Çoğu üretici firma, tipik olarak düşük-orta ve yüksek olmak üzere üç doz seviyesi ile cihaz üretmektedir. Doz genellikle her artan seviyede iki kat artış gösterir. Sıklıkla orta seviyede tetkikler yapılır. Düşük doz seviyesinde görüntüdeki gürültü yüksektir. Yüksek seviye ise kontrast azaldığı için nadiren kullanılır. Devamlı X-ışının verildiği yüksek doz seviyesinde, izin verilen maksimum cilt dozu 0,1 mSv'dir. Bu modda kullanırken çok dikkatli olunmalıdır. Vücut kalınlığı yüksek hastalarda ve nispeten kalın gövde bölümleri için kullanılmalıdır.

Puls Floroskopi

Floroskopi sistemleri devamlı veya aralıklı olarak X-ışını üretebilecek şekilde yapılmıştır. Aralıklı (pulse) modda kısa puls serileri olarak X-ışını verilir, X-ışını devamlı olarak verilmez. Puls oranı düşürülürse saniyedeki puls sayısı ve dolayısıyla floroskopide verilen doz azalır. Böyle bir uygulamada inceleme

her saniyede 30 yerine 15 resim oluşturulacaktır. Ayrıca bu sistemlerde kalp gibi hareketli organların değerlendirilmesi için saniyede 3 veya 7,5 düşük pencere oranı da sağlanabilir. Düşük pencere oranı daha net görüntü için uygulanır. Puls sayılarının azalması gürültüyü artırır. Bu nedenle cihazın otomatik ayarları mA ayarını arttırarak benzer görüntü kalitesinde gürültüsü azaltılmış resimler sağlamaya çalışır. Örneğin puls oranı saniyede 30 puls dan 15 resime (frame per second) düşülünce %50 doz azaltımı beklerken mA arttığı için doz azalması %25-28 seviyesinde kalmaktadır. Düşük pencere oranı ve magnifikasyonun artması (görüş alanı azalması) durumunda imaj parlaklığının değişmemesi için bazı üreticiler pulsı arttırırken kamera açıklığını da arttırır. Puls floroskopi saniyede resim sayısını azaltırken düşük ekspozur sağlamak için önemli bir özelliktir. Kaliteli görüntü elde etmek için tüp akımı çok artarsa puls özelliğinin doz azaltımında önemli bir faydası kalmayabilir.

FLOROSKOPI ÇALIŞANININ ALDIĞI DOZUN AZALTILMASI

Bu bölüme kadar hasta dozunu azaltmaya yönelik yöntemlere değinilmiştir. Bu bölümden sonra çalışan dozunu azaltmaya yönelik yöntemlerden bahsedilecektir. Hastanın aldığı radyasyonun kaynağı X-ışını tüpüdür. Çalışanın aldığı radyasyonun önemli bir bölümünü ise hastadan saçılan fotonlar oluşturur. Bu nedenle hastanın radyasyonunu azaltmaya yönelik önlemler çalışanında dozunu azaltabilecektir.

Floroskopiden Önce Yapılacaklar

Tüm operatörler, floroskopi kullanımı için kurumsal gerekliliklere göre eğitilmelidir. Tüm personel, girişimsel radyoloji (IR) ünitesinde çalışmaya başlamadan önce hasta radyasyon yönetimi konusunda bir başlangıç kursu almalı ve en azından yılda bir kez yenileme eğitimi de almalıdır.

Ekipman ile ilgili olarak, yüksek radyasyon maruziyeti olan prosedürler için yalnızca uygun radyasyon ölçüm ekipmanına sahip odalar kullanılmalıdır.

Hasta Onayı

Girişimsel radyoloji işlemleri ile ilişkili radyasyon riskleri, bu prosedürle ilişkili radyasyon maruziyeti riski yüksek olduğunda veya hasta yüksek risk kategorisinde olduğunda, prosedür onayı alınırken hastayla görüşülmelidir. Prosedür planlaması önceden yapılmalı ve hastaların değerlendirilmesi, mümkün olduğunda iyonlaştırıcı radyasyon kullanımını gerektirmeyen invaziv olmayan kesitsel görüntüleme yöntemleriyle yapılmalıdır. İyonlaştırıcı radyasyon içeren yöntemler kullanılıyorsa, toplam hasta radyasyon dozunu azaltmak için mümkün olan en düşük doz ile işlem yapılmalıdır.

Floroskopi Sırasında Çalışanların Aldığı Dozu Azaltmak İçin Yapılabilecekler

1. Personelin X-ışını maruziyeti hastadan gelen saçılma nedeniyle doğrudan ilişkili olduğundan, yukarıda da ayrıntılandırılan işlemler ile hasta radyasyon maruziyetini azaltmak.
2. Kişisel koruyucu ekipman giymek ve yardımcı radyasyon koruma kalkanları kullanmak.
3. X-ışını tüpünü hastanın/masanın altına yerleştirmek, hastadan saçılan radyasyonu odanın yüzeyine ve çalışandan uzağa yönlendireceğinden, personelin saçılma nedeniyle maruziyetini en aza indirir.
4. Açısal alınan görüntüler için, hastadan saçılan ışının aksi tarafına, **X-ışını tüpünün karşısındaki tarafa geçilmelidir**. Bu sırada X-ışını kolimasyonu ile ışın demetinin hasta vücuduna sınırlı kalması özellikle önemlidir.
5. Mümkün olduğunda, personel X-ışınının hastaya girdiği noktadan en az bir metre uzakta durmalıdır.
6. Personele ışınlamanın floroskopi moduna göre belirgin arttığı sine modu veya dijital subtraksiyon anjiyografi anında, hastadan uzaklaşması, bir kalkanın arkasına geçmesi veya odadan ayrılması yönünde talimat verilmelidir.

Tetkik Sırasında, İşlem Süresince Radyasyonu İzlemek

İzlem, prosedür boyunca yapılmalı ve kullanıcıya önceden tanımlanmış radyasyon dozu eşiği aşıldığında bildirim yapılmalıdır. Düzeltici-önleyici işlem yapmayı uyarıcı (trigger) doz kavramı, floroskopik incelemede görüntü kalitesini iyileştirebilmek için uygulanan belirli bir radyasyon dozunun minimum seviyesidir. Görüntü alınmaya başladıktan sonra sistemin daha fazla doz uygulamasına karar verdiği eşiği belirler. Eğer bu eşik seviyesine ulaşılmazsa, görüntüde netlik elde edilemeyebilir ve işlem tekrarlanabilir. Radyolojik incelemelerde güvenli raporlama sisteminde doz seviyeleri verilmiştir [19].

Tetkikten sonra, doz dokümantasyonu: Radyasyon dozu, IR Topluluğu yönergelerine göre tıbbi kayıtlara kaydedilmelidir [20]. Tablo 2’de verilen öneriler hasta ile ve gerektiğinde, yüksek cilt dozlarına ulaşıldığında, ilgili klinik doktoru ile paylaşarak bilgilendirme yapılmalı, tedavi planlanmalıdır.

Hasta Takibi

Hasta prosedür sırasında önemli miktarda radyasyon alırsa, yapılan prosedürden sonra Tablo 2’deki önerilere göre takip edilmelidir [21, 22].

Sonuç olarak, floroskopi ünitesinde çalışanların dikkat etmesi gereken kurallar şu şekilde sıralanabilir:

1. **Floroskopi süresini en aza indirin**
2. Mevcut hasta doz azaltma teknolojilerini kullanın
3. İyi görüntü zinciri geometrisi kullanın (hasta tüpe uzak, detektöre yakın olacak)
4. Kolimasyon kullanın
5. Prosedürü iyi planlayın
6. Düşük saçılımlı alana kendinizi yerleştirin (tüp masa altında, çalışan hastanın diğer tarafında)
7. Koruyucu örtü/kalkan kullanın (kurşun içeren önlük, tiroid ve göz koruyucuları)
8. Uygun floroskopik görüntüleme ekipmanını kullanın (filtre, grid vb.)
9. Uygun eğitimi alın
10. Dozimetrelerinizi takın ve kendi dozunuzu bilin.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Loose R, Wucherer M. How to measure/calculate radiation dose in patients? *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2021; 44: 835-41. [CrossRef]
2. Fisher RF, Applegate KE, Berkowitz LK, Christianson O, Dave JK, DeWeese L, et al AAPM Medical Physics Practice guideline12.a: fluoroscopy dose management. *J Appl Clin Med Phys*. 2022; 23: e13526. [CrossRef]
3. Leibovic SJ, Caldicott WJ. Gastrointestinal fluoroscopy: patient dose and methods for its reduction. *Br J Radiol*. 1983; 56: 715-9. [CrossRef]
4. McParland BJ. Entrance skin dose estimate derived from dose-area product measurements in interventional radiological procedures *Br J Radiol*. 1998; 71: 1288-95. [CrossRef]
5. McParland BJ. A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures. *Br J Radiol*. 1998; 71: 175-85. [CrossRef]
6. O’Dea TJ, Geise RA, Ritenour ER. The potential for radiation-induced skin damage in interventional neuroradiological procedures: a review of 522 cases using automated dosimetry. *Med Phys*. 1999; 26: 2027-33. [CrossRef]
7. Rosenthal LS, Mahesh M, Beck TJ, Saul JP, Miller JM, Kay N, et al. Predictors of fluoroscopy time and estimated radiation exposure during radiofrequency catheter ablation procedures: a multicenter experience. *Am J Cardiol*. 1998; 82: 451-8. [CrossRef]
8. Mahesh M. Fluoroscopy: patient radiation exposure issues. *Radiographics*. 2001; 21: 1033-45. [CrossRef]

9. Ruiz-Cruces R, Pérez-Martínez M, Martín-Palanca A, Flores A, Cristófol J, Martínez-Morillo M, et al. Patient dose in radiologically guided interventional vascular procedures: conventional versus digital systems. *Radiology*. 1997; 205: 385-93. [\[CrossRef\]](#)
10. Shrimpton PC, Wall BF, Jones DG, Fisher ES. The measurement of energy imparted to patients during diagnostic x-ray examinations using the Diametor exposure-area product meter. *Phys Med Biol*. 1984; 29: 1199-208. [\[CrossRef\]](#)
11. Le Heron JC. Estimation of effective dose to the patient during medical X-ray examinations from measurements of the dose-area product. *Phys Med Biol*. 1992; 37: 2117-26. [\[CrossRef\]](#)
12. Strauss KJ. Clinical radiation dose monitoring. In: Batler S, Shope TR, editors. Syllabus: a categorical course in physics - physical and technical aspects of angiography and interventional radiology Oak book III: Radiologic Society of North America 1995: 171-87. [\[CrossRef\]](#)
13. Geise RA, O'Dea TJ. Radiation dose in interventional fluoroscopic procedures. *Appl Radiat Isot*. 1999; 50: 173-84. [\[CrossRef\]](#)
14. Wagner LK, Eifel PJ, Geise RA. Potential biological effects following high X-ray dose interventional procedures. *J Vasc Interv Radiol*. 1994; 5: 71-84. [\[CrossRef\]](#)
15. Padovani R, Bernardi G, Quai E, Signor M, Toh HS, Morocutti G, et al. Retrospective evaluation of occurrence of skin injuries in interventional cardiac procedures. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005; 117: 247-50. [\[CrossRef\]](#)
16. Lee WJ, Bang YJ, Cha ES et al Lifetime cancer risks from occupational radiation exposure among workers at interventional radiology departments. *Int Arch Occup Environ Health*. 2021; 94: 139-45. [\[CrossRef\]](#)
17. ACR-AAPM technical standard for management of the use of radiation in fluoroscopic procedures. 2023. [\[CrossRef\]](#)
18. Nicholson R, Tuffee F, Uthappa MC. Skin sparing in interventional radiology: the effect of copper filtration. *Br J Radiol*. 2000; 73: 36-42. [\[CrossRef\]](#)
19. International Atomic Energy Agency (IAEA). Last Accessed Date: 20.02.2025 [\[CrossRef\]](#)
20. Miller DL, Balter S, Dixon RG, Nikolic B, Bartal G, Cardella JF, et al. Quality improvement guidelines for recording patient radiation dose in the medical record for fluoroscopically guided procedures. *J Vasc Interv Radiol*. 2012; 23: 11-8. [\[CrossRef\]](#)
21. Garg T, Shrigiriwar A. Radiation protection in interventional radiology. *Indian J Radiol Imaging*. 2021; 31: 939-45. [\[CrossRef\]](#)
22. Jasieniak J, Kuchcińska A, Podgórska J, Cieszanowski A. Summary of radiation dose management and optimization: comparison of radiation protection measures between Poland and other countries. *Pol J Radiol*. 2023; 88: 12-21. [\[CrossRef\]](#)

1. Aşağıdaki dozimetrelerden hangisi ile hastanın dozu - en pratik şekilde öngörülebilir?
 - a. Termoluminesans dozimetre
 - b. Gafchromic EBT
 - c. Fotografik film
 - d. OSL dozimetre
 - e. "Dose area product" metre
2. Tetkikte hasta dozunu azaltmak için hangisi yapılmalıdır?
 - a. Yüksek bir floroskopik puls oranı kullanmak
 - b. Elektronik magnifikasyon modunu sürekli kullanmak
 - c. Primer ışıdan ışın alan doku hacmini sınırlamak için ışını incelenecek alan kadar kolime etmek
 - d. Görüntü alıcısını hastaya mümkün olduğunca uzak yerleştirmek
 - e. X-ışını tüpü çıkışında filtre kullanmamak
3. Floroskopi ünitesinde çalışanların dikkat etmesi gereken kuralların birincisi nedir?
 - a. Floroskopi süresini en aza indirin
 - b. Floroskopik görüntü sayısını en aza indirin
 - c. İyi görüntü zinciri geometrisi kullanın
 - d. Kolimasyon kullanın
 - e. Sürekli olarak aynı alanda ışınlama yapın
4. Anjiyografi ünitelerinde doktor tüpün ne tarafında bulunmalıdır?
 - a. Tüp yanında-tarafında
 - b. Tüpten uzakta-karşısında
 - c. Hasta yanında
 - d. Teknisyen yanında
 - e. Tüpün altında
5. Floroskopi sırasında ekrandaki imajı magnifiye etmek hasta dozunu nasıl etkiler?
 - a. Azaltır
 - b. Değiştirmez
 - c. Artırır
 - d. Çok azaltır
 - e. Hiçbiri