

# Bazı Devlet Hastanelerindeki Tomografi, Röntgen ve Mamografi Cihazlarının Üç Farklı Noktada Radyasyon Sızıntı Ölçümleri

## Measurements of Radiation Leakage at Three Different Points of Tomography, Roentgen and Mammography Units of Some State Hospitals

Melike KAYA KARAASLAN,<sup>a</sup>  
Mehmet ERBAKAN,<sup>b</sup>  
Güven BEKTEMÜR,<sup>b</sup>  
Nedim MUZOĞLU,<sup>a</sup>  
Kazım ATAK,<sup>a</sup>  
M. Ali ARICİ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi,  
<sup>b</sup>Genel Sekreterlik,  
İstanbul Beyoğlu Bölgesi  
Kamu Hastaneleri Birliği,  
İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 06.08.2014  
Kabul Tarihi/Accepted: 17.05.2016

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Melike KAYA KARAASLAN  
İstanbul Beyoğlu Bölgesi  
Kamu Hastaneleri Birliği,  
Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi,  
İstanbul,  
TÜRKİYE/TURKEY  
melikekaya08@gmail.com

**ÖZET Amaç:** Tomografi, röntgen ve mamografi cihazlarından ortama yayılan radyasyon dozunun insan sağlığı üzerinde doz değerine bağlı olarak zararlı etkileri bulunabilmektedir. Bu sebeple radyasyonun zararlı biyolojik etkilerini en aza indirebilmek için dünyada "International Commission for Radiation Protection" ve ülkemizde "Türkiye Atom Enerji Kurumu" tarafından yıllık müsaade edilebilir maksimum doz değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmada, röntgen teknikeri, hasta, hasta yakınları ve diğer hastane personellerinin radyoloji ünitelerinde geçirdikleri süre boyunca maruz kalabilecekleri radyasyon doz değerlerinin, radyasyon güvenliğinin sağlanabilmesi için belirlenen yıllık doz limitlerinin üzerinde olup olmadığını tespit etmek amacıyla İstanbul'da bulunan 10 devlet hastanesinin, tomografi, röntgen ve mamografi ünitelerinde radyasyon sızıntı kontrolleri yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. **Gereç ve Yöntemler:** Ölçümler Victoreen 451P iyon odası dedektörü kullanılarak hastanelerin radyoloji ünitelerinin kontrol odalarında, bu ünitelere açılan kapılarda ve ünite bitişiğinde bulunan odalarda gerçekleştirilmiştir. **Bulgular:** Tomografi ünitelerinin; kontrol odalarında ölçülen radyasyon doz değeri 0,21-15,8 msv/yıl, ünitelere açılan kapılarda 0,0056-0,19 msv/yıl, ünite bitişiğindeki çevre odalarda 0,003-0,9 msv/yıl aralığında gözlemlenmiştir. Röntgen ünitelerinin; kontrol odalarında ölçülen radyasyon doz değeri 0,15-11,4 msv/yıl, ünitelere açılan kapılarda 0,001-0,24 msv/yıl, ünite bitişiğindeki çevre odalarda 0,15-0,84 msv/yıl aralığında ölçülmüştür. Mamografi ünitelerinin; kontrol odalarında ölçülen doz değeri 0,13-0,53 msv/yıl, ünitelere açılan kapılarda 0,001-0,0035 msv/yıl ve ünite bitişiğindeki çevre odalarda 0,15-0,33 msv/yıl aralığında ölçülmüştür. **Sonuç:** Tomografi, röntgen ve mamografi ünitelerinde, üç noktada ölçülen radyasyon doz değerlerinin yıllık müsaade edilebilir doz limitinin altında olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Radyasyon; radyasyon dozu; radyasyondan korunma

**ABSTRACT Objective:** Radiation dose emitted from tomography, roentgen and mammography devices has deleterious effects on human health depending on the dose value. Therefore, it was determined the permissible annual dose limits by "International Commission for Radiation Protection" in the world and "Turkish Atomic Energy Authority" in Turkey for reducing the harmful biologic effects of radiation. In this study, radiation dose was measured in tomography, roentgen and mammography units of 10 state hospitals in Istanbul city in Turkey to determine whether these values were high from annual dose limits or not. **Material and Methods:** Measurements were performed in the control rooms of the radiology units of hospitals, the door opening to these units and in the rooms adjacent to the units by using Victoreen 451P ion chamber survey meter. **Results:** In the tomography units: Radiation dose values were between 0.21-15.8 msv/year in the control rooms; 0.0056-0.19 msv/year at the doors opening to the units; 0.003-0.9 msv/year in the rooms adjacent to the units. In the roentgen units: Radiation dose values were between 0.15-11.4 msv/year in the control rooms; 0.001-0.24 msv/year at the door opening to the units; 0.15- 0.84 msv/year in the rooms adjacent to the units. In the mammography units: Radiation dose values were between 0.13-0.53 msv/year in the control rooms; 0.001-0.0035 msv/year at the doors opening to the units, 0.15-0.33 msv/year in the rooms adjacent to the units. **Conclusion:** Radiation dose values measured from three different points were determined below the annual limit of radiation dose.

**Key Words:** Radiation; radiation dosage; radiation protection

doi: 10.5336/intermed.2014-41501

Copyright © 2016 by Türkiye Klinikleri

Türkiye Klinikleri J Intern Med 2016;1(3):119-28

İnsan vücudunun iç yapısının görüntülenebilmesi günümüzde tıp dünyasının vazgeçilmez uygulamalarından biridir. Tomografi, röntgen ve mamografi cihazlarıyla görüntü alınabilmesi X-ışınının doğrudan hastaya uygulanmasıyla sağlanabilmektedir. Radyasyonun tıbbi uygulamalarda bu şekilde yararlı amaçlar için kullanılmasının yanında bilindiği üzere doza bağlı olarak insan sağlığı üzerinde ciddi zararlı etkileri de bulunabilmektedir.<sup>1,2</sup> Bu nedenle, bu ünitelerin bulunduğu ortamlarda; röntgen teknikeri, hasta ve hasta yakınlarının radyasyona karşı korunabilmesi büyük önem taşımaktadır.

Radyasyondan korunmada en önemli üç parametrenin zırlama, zaman ve mesafe olduğu bilinmektedir.<sup>1,3</sup>

### ZIRHLAMA

Radyasyon kaynağı ile kişi arasına kurşun, beton gibi radyasyon şiddetini azaltacak bir materyal kullanılmasıdır. Radyasyondan korunmada zırlama oldukça etkili bir yöntemdir. Kullanılan zırlamanın kalınlığı arttıkça radyasyon tutulumu da artmaktadır.

Ünitelerde kullanılması gereken kurşun kalınlıkları: Cihazın çalışabileceği kVp\* ve mA\*\* değerleri, haftalık tahmini iş yükü, odanın büyüklüğü, oda içerisindeki yerleşim durumu (X-ışın tüpü, dikey statif ile kontrol konsolunun pozisyonu), odanın duvar, kapı ve tabanında kullanılan inşaat materyalleri ve X-ray odası bitişiğindeki alanların kullanım meşguliyeti gibi parametreler göz önüne alınarak hesaplanmalıdır.<sup>4,5</sup>

### ZAMAN

Maruz kalınan radyasyon doz miktarı radyasyon kaynağının yanında geçirilen süre ile orantılı olarak artmaktadır.<sup>1</sup> Işınlama süresi ne kadar kısa tutulursa maruz kalınan doz miktarı o kadar az olacaktır.<sup>6</sup>

### MESAFE

Radyasyon şiddeti, radyasyon kaynağından olan uzaklığına ters orantılı olarak azalmaktadır

(ters kare kanunu).<sup>1,6</sup> Bu sebeple radyasyon kaynaklarından uzak durmak radyasyona karşı korunmada oldukça etkilidir.

Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki zararlı biyolojik etkilerini önlemek amacıyla yıllık müsaade edilebilir maksimum radyasyon doz limitleri saptanmıştır. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonuna [International Commission for Radiation Protection (ICRP)]'na ve ülkemizde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)'nun belirlemiş olduğu radyasyon güvenliği yönetmeliğine göre: Radyasyon görevlileri için tüm vücut doz limiti ardışık beş yılın ortalaması 20 msv\*\*\* (beş yılda toplam 100 msv); herhangi tek bir yılda ise en fazla 50 msv'dir (Beş yılda maruz kalınan ortalama dozun 20 msv olması koşuluyla tek bir yılda maksimum 50 msv'ye kadar izin verilebilir).<sup>7,8</sup> Radyasyon görevlisi olmayan diğer kişiler için ise tüm vücut doz limiti yıllık 1 msv, özel durumlarda ise ardışık beş yılın ortalaması 1 msv'yi geçmemek şartıyla en fazla yıllık 5 msv'dir.

Hastanelerde radyasyon güvenliğinin yeterli şekilde sağlanabilmesi için radyoloji birimlerinde radyasyon sızıntı kontrolleri yapılmaktadır.<sup>9-13</sup>

Bu çalışmada, röntgen teknikeri, hasta, hasta yakınları ve diğer hastane personelinin radyoloji ünitelerinde geçirdikleri süre boyunca maruz kalabilecekleri radyasyon doz değerlerinin, radyasyon güvenliğinin sağlanabilmesi için belirlenen yıllık doz limitlerinin üzerinde olup olmadığını tespit etmek amacıyla bazı devlet hastanelerinde tomografi, röntgen ve mamografi cihazlarının bulunduğu ünitelerde doz ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

İyonize radyasyonun ölçüm ve tespiti amacıyla kullanılan radyasyon ölçüm cihazları başlıca, gazlı dedektörler [iyon odaları, Geiger-Müeller (GM) dedektörü ve orantılı sayıcılar] veya katı-hal dedektörleri (sintilasyon veya yarı iletken dedektörleri) olarak adlandırılmaktadır.<sup>14,15</sup> Düşük enerjili radyasyon doz ölçümlerinde yaygın olarak kullanı-

\* kVp: X-ray tüp potansiyeli (kilovoltpeak).

\*\* mA: Tüp akımı (miliamper).

\*\*\* msv: Milisievert.



mak zorunda kalırlar. Bu durum göz önüne alınarak kontrol odalarında yapılan ölçümler, dedektörün kurşun paravanın en yakın noktasına yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

**Kapılar:** Her bir ışınlamada ortamda bulunan havanın bir kısmı iyonize olmakta ve bu iyonizasyon sonucunda ortamda serbest oksijen radikalleri oluşmaktadır.<sup>2,16</sup> Bu gazların havadan ağır olması nedeni ile zemine doğru yönelmeye yatkın olduğu göz önüne alınarak, ünite kapılarında gerçekleştirilen ölçümler kapının en alt noktasından ve kapıya en yakın yerden alınmıştır.

**Komşu odalar:** Bilindiği üzere maruz kalınan doz miktarı, radyasyon kaynağına olan uzaklığın karesi ile ters orantılıdır (ters kare kanunu).<sup>1,16</sup> Çevre odalardaki ölçümler radyasyon miktarı ve uzaklık arasındaki ters kare kanunu göz önünde bulundurularak, maksimum doz miktarını belirlemek amacıyla oda ve ünite arasında bulunan duvarın üniteye en yakın noktası referans seçilerek yapılmıştır.

Ülkemizde 5947 sayılı Yasa'nın 9'uncu maddesi ile getirilen düzenlemede "EK MADDE 1-iyonlaştırıcı radyasyonla teşhis, tedavi veya araştırmanın yapıldığı yerler ile bu iş veya işlemlerde çalışan personelin haftalık çalışma süresi 35 saattir" hükmü yer almaktadır. Dolayısıyla radyasyon görevlileri bir iş günü yedi saat; bir hafta beş iş günü; bir çalışma yılı 52 hafta olmasına rağmen dört hafta şua izni ve dört hafta yıllık resmi izin kullandıkları için toplam 44 hafta, yılda 1.540 saat çalışmaktadırlar. ICRP radyasyona maruz kalma süresini, çalışma süresine eşit kabul etmiştir.<sup>17</sup> Çalışmamızda radyasyon görevlileri için ışınlamaya maruz kalma süresi, çalışma süresine eşit olarak kabul edilmiştir. Toplum üyesi kişiler için ise ışınlamaya maruz kalma süresi; bir kişinin yılda iki iş gününü bu ünitelerin birinde hasta bekleme salonunda geçirebileceği kabul edilerek 14 saat olarak belirlenmiştir. Hastane personeli olarak görev yapan ancak radyasyon görevlisi olmayan kişiler için ise ışınlamaya maruz kalma süresi; bir iş günü (yedi saat-cihaz yedi saat çalıştığı için-) ve 48 haftadan (dört hafta resmi izin) 1.680 saat olarak kabul edilmiştir.

## BULGULAR

### A) TOMOGRAFİ CİHAZLARI RADYASYON SIZINTI TESTLERİ

Tomografi cihazlarının bulunduğu ünitelerde ölçüm yapılan noktalar Şekil 1'de görülmektedir. İstanbul'da bulunan 10 devlet hastanesinin yedisinde aktif olarak çalışmakta olan 12 tomografi cihazının 120 kVp ve 350 mAs değerinde şutlama yapılması esnasında kontrol odasında yapılan ölçüm sonucunda elde edilen doz değerleri Tablo 1'de görülmektedir. Aynı ışınlama şartlarında tomografi cihazının tekrar şutlanması ile üniteye açılan kapı çıkışında (hastane koridoruna - hasta bekleme salonuna açılan ve genel olarak hasta giriş kapısı olarak kullanılan kapılarda) alınan ölçüm sonuçları Tablo 2'de ve tomografi ünitelerinin çevre odalarında alınan ölçüm sonuçları ise Tablo 3'te görülmektedir.

Tomografi ünitelerinin kontrol odasında elde edilen değerler, radyasyon görevlileri için belirlenen yıllık tüm vücut doz limiti 20 msv'nin altındadır.

Hasta veya hasta yakınlarının, yılda iki çalışma günü bu ünitelerin hasta bekleme salonunda bulunabileceği kabul edilerek, 14 saat ışınlama süresince maruz kalabileceği etkin doz değeri tespit edilmiştir. Ölçülen değerlerin toplum üyesi kişilerin yıllık doz limitinden (1 msv) oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir.

**TABLO 1:** Tomografi ünitesi kontrol odası doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim yılı	µsv/saat	msv/yıl (1.540 saat)
A	1. cihaz	Siemens	2005	0,96	1,47
	2. cihaz	Toshiba	2013	0,35	0,53
	3. cihaz	Siemens	2011	0,48	0,73
B	1. cihaz	Siemens	2006	10,3	15,8
	2. cihaz	Toshiba	2013	0,3	0,46
	3. cihaz	Philips	2008	9,2	14,1
C	1. cihaz	Shimadzu	2008	0,2	0,3
D	1. cihaz	Siemens	2012	3,1	4,77
E	1. cihaz	Siemens	2011	1,8	2,7
F	1. cihaz	Siemens	2013	0,14	0,21
G	1. cihaz	Siemens	2009	2,4	3,6
	2. cihaz	Siemens	2010	1,03	1,58

µsv: Mikrosievert.

**TABLO 2:** Tomografi odalarına açılan kapı çıkışları doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim yılı	$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl (14 saat)
A	1. cihaz	Siemens	2005	4,3	0,06
	2. cihaz	Toshiba	2013	5,6	0,078
	3. cihaz	Siemens	2011	13,9	0,19
B	1. cihaz	Siemens	2006	9,2	0,12
	2. cihaz	Toshiba	2013	3,5	0,049
	3. cihaz	Philips	2008	0,5	0,007
C	1. cihaz	Shimadzu	2008	0,4	0,0056
D	1. cihaz	Siemens	2012	4,1	0,057
E	1. cihaz	Siemens	2011	4,3	0,06
F	1. cihaz	Siemens	2013	2	0,028
G	1. cihaz	Siemens	2009	13,9	0,19
	2. cihaz	Siemens	2010	7,89	0,11

Tomografi ünitesinin bitişiğinde bulunan odalar, radyoloji birimi personeli dışında hastanenin başka birimlerindeki personelleri tarafından kullanılabilir (Şekil 1). Ünite bitişiğindeki odalarda, radyoloji birimi dışındaki herhangi bir birimde görev yapan hastane personelinin radyoloji cihazının çalıştırıldığı yedi saat boyunca odasında olduğu ve senede dört hafta yıllık iznini kullandığı düşünülürse, 48 çalışma haftası görev yerinde bulunacaktır. Bu durumda bir çalışma yılı 1.680 saat olarak hesaplanmıştır. B hastanesinin 1. cihazının bulunduğu ünitenin bitişiğinde yer alan oda 1, soyunma dolaplarının yer aldığı soyunma odasıdır ve sadece hastane personeli tarafından kul-

lanılmaktadır. Soyunma odasının günde bir saat personel tarafından kullanılması durumunda, yılda 48 hafta ve 240 saat radyasyona maruz kalabileceği kabul edilmiştir. Soyunma dolaplarının radyasyon görevlisi olmayan hastane personeli tarafından da kullanılabilirliği düşünüldüğünden doz limiti yıllık 1 msv doz değerinden değerlendirilmiştir. G hastanesinin 2. cihazının bulunduğu ünitenin bitişiği hastaların bekleme salonudur, bu nedenle ölçümler 14 saatten hesaplanmış ve değerlendirme 1 msv üzerinden yapılmıştır.

## B) RÖNTGEN CİHAZLARI RADYASYON SIZINTI TESTLERİ

Röntgen cihazlarının bulunduğu ünitelerde ölçüm yapılan noktalar Şekil 2'de görülmektedir. Otuz dört tane röntgen cihazının bulunduğu ünitelerde ortam radyasyon doz ölçümleri röntgen cihazlarının sabit 100 kVp ve 250 mAs değerinde şutlama yapılması ile aynı şekilde üç farklı noktadan gerçekleştirilmiştir. Kontrol odasında yapılan ölçümler sonucu elde edilen değerler Tablo 4'te görülmektedir.

Yapılan ölçümler sonucunda gözlemlenen değerler yıllık müsaade edilebilir doz sınırının (20 msv) altındadır.

Röntgen odalarına açılan kapılardan hasta bekleme salonlarına veya hastane koridorlarına gelen radyasyon doz miktarının tespiti için üniteye açılan kapının en alt noktasına dedektörün yerleştirilmesi ile ölçümler yapılmış (Şekil

**TABLO 3:** Tomografi ünitesi bitişik odası doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim yılı	Çevre oda 1		Çevre oda 2	
				$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl (1.680 saat)	$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl (1.680 saat)
A	1. cihaz	Siemens	2005	*	*	0,54	0,9
B	1. cihaz	Siemens	2006	2,3	0,55 (240 saat)	0,2	0,33
	3. cihaz	Philips	2008	0,5	0,84	*	*
D	1. cihaz	Siemens	2012	*	*	0,2	0,33
E	1. cihaz	Siemens	2011	0,47	0,84	0,17	0,3
F	1. cihaz	Siemens	2013	0,09	0,15	0,15	0,25
G	1. cihaz	Siemens	2009	0,3	0,5	0,15	0,25
	2. cihaz	Siemens	2010	0,23	0,003 (14 saat)	*	*

\*: Ünitelerde bulunmayan odayı göstermektedir. Örneğin; A hastanesinde 1. cihazın bulunduğu ünitelerde, bir tane radyoloji birimi dışında başka birimlerin personeli tarafından kullanılan bitişik oda vardır (oda 2).

**TABLO 4:** Röntgen cihazı kontrol odası doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim Yılı	$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl (1.540 saat)
A	1. cihaz	Siemens	2006	0,64	0,98
	2. cihaz	GE	2005	1,05	1,6
	3. cihaz	Sytec	2013	0,4	0,6
	4. cihaz	Philips	2004	3,9	6
	5. cihaz	Siemens	2011	0,13	0,2
	6. cihaz	Villa	1993	1,49	0,75
	7. cihaz	Sedekal	2005	0,97	1,49
	8. cihaz	Villa	2005	0,18	0,27
B	1. cihaz	Diamond	2013	0,17	0,26
	2. cihaz	Siemens	2008	4	6,16
	3. cihaz	Dynamic	2010	1,32	2,03
	4. cihaz	Siemens	2005	4,7	7,2
	5. cihaz	Diamond	2013	4,6	7,08
	6. cihaz	Siemens	2005	1,15	1,7
	7. cihaz	Dynamic	2010	1,71	2,6
	8. cihaz	Protec	2005	1,36	2,09
C	1. cihaz	Philips	2006	2,89	4,45
	2. cihaz	Siemens	1985	1,8	2,7
D	1. cihaz	Shimadzu	2011	5,5	8,47
	2. cihaz	Shimadzu	2011	6,9	10,6
	3. cihaz	Shimadzu	2014	7,4	11,4
	4. cihaz	SG Healthcare	2013	1,16	1,78
	5. cihaz	GE	2005	1,2	1,84
E	1. cihaz	IBIS	2012	0,42	0,64
	2. cihaz	GE	2006	1,36	2,09
F	1. cihaz	US X-ray	2013	3	4,62
	2. Cihaz	Siemens	2001	0,1	0,15
	3. cihaz	GE	2005	0,17	0,26
G	1. cihaz	Diamond	2013	0,17	0,26
	2. cihaz	Diamond	2013	0,18	0,27
	3. cihaz	Philips	2005	2,9	4,46
H	1. cihaz	Imago	1995	0,89	1,3
I	1. cihaz	Imago	1985	1,28	1,97
J	1. cihaz	Philips	2004	1,7	2,6

2). Elde edilen değerler Tablo 5'te görülmektedir.

Röntgen ünitelerinin bitişiğinde bulunan çevre odalarda (Şekil 2) yapılan ölçüm sonuçları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Röntgen odalarının bitişiğinde bulunan odalarda yapılan ölçüm sonucuna göre gözlemlenen değerler yıllık doz sınırı 1 msv'nin altında saptanmıştır. I hastanesindeki röntgen odasının yanında röntgen teknisyeni dinlenme odası bulunmaktadır. Bu odanın röntgen teknikerleri tarafından günde

bir saatten yılda 220 saat kullanıldığı kabul edilmiştir. Röntgen teknisyenlerinin dinlenme süresi boyunca herhangi bir koruyucu kıyafet giymedikleri göz önüne alınarak, dinlenme odalarında buldukları süre boyunca toplum üyesi kişiler olarak kabul edilip, alacakları yıllık doz limitinin üst sınırını 1 msv/yıl üzerinden değerlendirilmiştir.

### C) MAMOGRAFİ CİHAZLARI RADYASYON SIZINTI TESTLERİ

Mamografi cihazlarının bulunduğu ünitelerde ölçüm yapılan noktalar Şekil 3'te görülmektedir.

**TABLO 5:** Röntgen odalarına açılan kapı çıkışları doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim yılı	$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl (14 saat)
A	1. cihaz	Siemens	2006	0,33	0,0046
	2. cihaz	GE	2005	4,4	0,06
	3. cihaz	Sytec	2013	2,2	0,03
	4. cihaz	Philips	2004	8	0,1
	5. cihaz	Siemens	2011	0,18	0,002
	6. cihaz	Villa	1993	0,27	0,0037
	7. cihaz	Sedekal	2005	0,17	0,0023
	8. cihaz	Villa	2005	0,09	0,001
B	1. cihaz	Diamond	2013	0,38	0,005
	2. cihaz	Siemens	2008	2,9	0,04
	3. cihaz	Dynamic	2010	4,7	0,06
	4. cihaz	Siemens	2005	1,05	0,014
	5. cihaz	Diamond	2013	1,22	0,017
	6. cihaz	Siemens	2005	1,8	0,02
	7. cihaz	Dynamic	2010	10,8	0,15
	8. cihaz	Protec	2005	0,22	0,003
C	1. cihaz	Philips	2006	2,22	0,03
	2. cihaz	Siemens	1985	0,17	0,002
D	1. cihaz	Shimadzu	2011	0,11	0,0015
	2. cihaz	Shimadzu	2011	0,73	0,01
	3. cihaz	Shimadzu	2014	4,1	0,05
	4. cihaz	SG Healthcare	2013	17,2	0,24
	5. cihaz	GE	2005	0,5	0,007
E	1. cihaz	IBIS	2012	1,63	0,02
	2. cihaz	GE	2006	0,33	0,0046
F	1. cihaz	US X-ray	2013	3,39	0,047
	2. cihaz	Siemens	2001	0,13	0,0018
	3. cihaz	GE	2005	0,28	0,004
G	1. cihaz	Diamond	2013	0,68	0,01
	2. cihaz	Diamond	2013	0,68	0,01
	3. cihaz	Philips	2005	8,8	0,12
H	1. cihaz	Imago	1995	0,136	0,002
I	1. cihaz	Imago	1985	1	0,014
J	1. cihaz	Philips	2004	0,34	0,0047

**TABLO 6:** Röntgen ünitesi çevre odaları doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim yılı	$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl
					(1.680 saat)
A	8. cihaz	Villa	2005	0,18	0,3
B	3. cihaz	Dynamic	2010	0,2	0,33
	4. cihaz	Siemens	2005	0,47	0,78
H	1. cihaz	Imago	1995	0,09	0,15
I	1. cihaz	Imago	1985	0,9	0,19
D	1. cihaz	Shimadzu	2011	0,42	0,7
	2. cihaz	Shimadzu	2011	0,14	0,23
C	1. cihaz	Philips	2006	0,39	0,65
	2. cihaz	Siemens	1985	0,28	0,47
G	1. cihaz	Diamond	2013	0,5	0,84
	2. cihaz	Diamond	2013	0,2	0,33
	3. cihaz	Philips	2005	0,22	0,36

Mamografi cihazı ünitelerinde de benzer şekilde üç farklı noktada ölçümler alınmış ve kontrol odası sonuçları Tablo 7'de, kapı çıkışı değerleri Tablo 8'de, çevre odaları doz ölçümleri ise Tablo 9'da görülmektedir.

**TABLO 7:** Mamografi cihazı kontrol odası doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim yılı	$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl
					(1.540 saat)
A	1. cihaz	Siemens	2010	0,091	0,14
	2. cihaz	Siemens	2011	0,1	0,15
B	1. cihaz	Hologic	2009	0,11	0,16
C	1. cihaz	Giotto	2006	0,091	0,14
E	1. cihaz	Siemens	2009	0,09	0,13
F	1. cihaz	Siemens	2012	0,09	0,13
G	1. cihaz	GE	2002	0,35	0,53

Mamografi kontrol odası röntgen ve tomografi cihazlarındaki gibi ayrı bir oda şeklinde değil, sadece kurşun bir paravandan oluşmaktadır. Ölçümler bu paravanın arkasında gerçekleştirilmiştir.

Tablolardaki değerlerden de görüldüğü gibi, mamografi ünitelerinde yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen değerler personel için 20 msv/yıl, diğer kişiler için ise 1 msv/yıl olan yıllık doz sınırının oldukça altında saptanmıştır.

Yaptığımız bu çalışmanın yöntem ve sonuçları ile literatürdeki benzer çalışmaların karşılaştırması Tablo 10'da görülmektedir.<sup>9-13</sup>

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, İstanbul'daki bazı devlet hastanelerinin radyoloji ünitelerinde bulunan tomografi, röntgen ve mamografi cihazlarının radyasyon sızıntı testleri; bu ünitelerin kontrol odalarında, ünitelere açılan kapılarda ve ünite bitişiğinde bulunan odalarda gerçekleştirilmiştir.

**TABLO 8:** Mamografi odalarına açılan kapı çıkışları doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim yılı	$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl
					(14 saat)
A	1. cihaz	Siemens	2010	0,17	0,0023
	2. cihaz	Siemens	2011	0,1	0,0014
B	1. cihaz	Hologic	2009	0,12	0,0016
C	1. cihaz	Giotto	2006	0,12	0,0016
E	1. cihaz	Siemens	2009	0,08	0,001
F	1. cihaz	Siemens	2012	0,08	0,001
G	1. cihaz	GE	2002	0,25	0,0035

**TABLO 9:** Mamografi ünitesi çevre odaları doz ölçüm sonuçları.

Hastane	Cihaz	Marka	Üretim yılı	Çevre oda 1		Çevre oda 2	
				$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl	$\mu\text{sv/saat}$	msv/yıl
					(1680 saat)		(1.680 saat)
C	1. cihaz	Giotto	2006	0,2	0,33	*	*
E	1. cihaz	Siemens	2009	0,12	0,2	0,09	0,151
F	1. cihaz	Siemens	2012	0,09	0,151	0,091	0,152

\*: Ünitelerde bulunmayan odayı göstermektedir. C hastanesinde 1. cihazın bulunduğu ünitenin sadece bir tane bitişiği odası vardır (oda 1).

Yapılan ölçümler sonucunda bir radyasyon görevlisinin, toplum üyesi bir kişinin ve radyasyon görevlisi dışındaki bir hastane personelinin bu ünitelerde geçirebileceği süre boyunca maruz kalabileceği etkin doz değeri belirlenmiştir. Hesaplamalarımızda, yıllık maruz kalınabilecek ışınlama süresi bir radyasyon görevlisi için 1.540 saat; toplum üyesi bir kişi için 14 saat ve hastane personeli olup radyasyon görevlisi olmayan bir kişi için ise 1.680 saat olarak kabul edilmiştir. Ölçümleri yapılan ünitelerde elde edilen sonuçlara bakıldığında, bu ünitelerde bulunan personel, hasta ve hasta yakınlarının maruz kalabileceği doz seviyelerinin belirlenen yıllık müsaade edilebilir doz limitinin altında olduğu görülmektedir. Bu kontrollerin rutin aralıklarla tüm hastanelerin radyoloji, nükleer tıp ve radyoterapi ünitelerinde yapılması ve gerekli görüldüğü takdirde önlemlerin alınması, bu ünitelerde radyasyon güvenliğinin sağlanabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle radyasyon güvenliğinin yeterli şekilde sağlanabilmesi amacıyla, benzer ölçümlerin radyasyon kaynaklı çalışan diğer görüntüleme cihazlarında (floroskopi, mobil X-ray), nükleer tıp ve radyoterapi ünitelerinde de yapılması planlanmaktadır.

Hastanelerin radyoloji ünitelerinin çevre odalarında (ultrason odası, uzman doktor odası, aynı-

yat odası, idari işler odası vb.) görev yapan hastane personeli, bu cihazlara yakın konumdaki odalarda çalışmaktan dolayı gereksiz yere radyasyon dozuna maruz kalıp kalmadıkları yönünde daima endişe taşımaktadırlar. Yaptığımız ölçümler sonucunda radyoloji ünitelerinin bitişiğinde bulunan ve başka birimlerdeki personel tarafından kullanılan odalarda ölçülen değerler yıllık izin verilebilen doz sınırlarının altında bulunsa da tespit edilen değerlerin bazılarının sınıra yakın, hatta sınırda olduğu görülmektedir. Özellikle tomografi gibi yüksek dozda radyasyon verilerek çalışan cihazların bitişiğindeki odaların radyoloji birimi personeli dışında başka birimlerin personeli tarafından kullanılacağı durumlarda bu üniteleri diğer odalardan ayıran duvarların kurşunlamasının maksimum seviyede tutulması büyük önem taşımaktadır. Çünkü bitişik odalarda çalışan personel cihazın çalışma süresince cihazdan gelebilecek doza maruz kalabilmekte ve hiçbir korunma kıyafeti giymemektedirler. Bu sebeple bu odalar, radyasyon görevlisi dışında başka birimlerin personeli tarafından kullanılacaksa, kullanım öncesinde radyasyon sızıntı testleri yapılmalıdır. Ölçülen değer toplum üyesi bir kişi için belirlenen yıllık doz limiti 1 msv/yıl'ın altında saptanırsa başka birimler tarafından kullanılmalıdır.

TABLO 10: Benzer çalışma yöntem ve sonuçlarının karşılaştırılması.

	A dhikari ve ark. <sup>9</sup>	Giri ve ark. <sup>10</sup>	Ali <sup>11</sup>	Bari ve ark. <sup>12</sup>	Oluwatoye ve ark. <sup>13</sup>	Yapılan çalışmamız
Ölçüm yapılan hastane sayısı	28	13	4	7	1	10
Tomografi ünitesi kontrol odası ölçüm sonuçları	<0,057 msv/hafta <sup>a</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	0,21-15,8 msv/yıl <sup>b</sup> (0,0049-0,36 msv/hafta)
Tomografi ünitesinden hasta bekleme salonuna açılan kapı çıkışları ölçüm sonuçları	<0,057 msv/hafta <sup>a</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	0,0056-0,19 msv/yıl <sup>b</sup> (0,0056-0,19 msv/hafta) <sup>a</sup>
Tomografi ünitesi çevre odaları ölçüm sonuçları	<0,057 msv/hafta <sup>a</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	0,003-0,9 msv/yıl <sup>b</sup> (0,003-0,018 msv/hafta)
Tomografi cihazının bulunduğu X-ray odası ölçüm sonuçları	Ölçüm yapılmamış	2773,26 msv/yıl <sup>d</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmadı
Tomografi ünitesinden kontrol odasına açılan kapı çıkışları ölçüm sonuçları	0,057 msv/hafta <sup>a</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmadı
Ölçüm yapılan tomografi cihazı sayısı	10	1	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	12
Röntgen ünitesi kontrol odası ölçüm sonuçları	Sonuç belirtilmemiş <sup>b</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	0,22-12,98 msv/yıl <sup>b</sup>	4 µsv/saat	0,15-11,4 msv/yıl <sup>b</sup>
Röntgen ünitesine açılan kapı çıkışları ölçüm sonuçları	Sonuç belirtilmemiş <sup>b</sup>	Ölçüm yapılmamış	0,077-3,123 µsv/saat <sup>e</sup>	0,20-82,48 msv/yıl <sup>b</sup>	Ölçüm yapılmamış	0,001-0,24 msv/yıl <sup>b</sup> (0,09-17,2 µsv/saat)
Röntgen ünitesi çevre odaları ölçüm sonuçları	Sonuç belirtilmemiş <sup>b</sup>	Ölçüm yapılmamış	0,077-0,99 µsv/saat <sup>e</sup>	Ölçüm yapılmamış	4-8 µsv/saat <sup>e</sup>	0,15-0,84 msv/yıl <sup>b</sup> (0,09-0,5 µsv/saat)
Röntgen cihazının bulunduğu X-ray odası ölçüm sonuçları	Ölçüm yapılmamış	2,61-5,50 msv/yıl <sup>b</sup>	0,089-11,75 µsv/saat <sup>e</sup>	Ölçüm yapılmamış	8 µsv/saat	Ölçüm yapılmadı
Ölçüm yapılan röntgen cihazı sayısı	44	13	7	7	1	34
Mamografi ünitesi kontrol odası ölçüm sonuçları	Sonuç belirtilmemiş <sup>c</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	0,13-0,53 msv/yıl <sup>b</sup>
Mamografi ünitesine açılan kapı çıkışları ölçüm sonuçları	Sonuç belirtilmemiş <sup>c</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	0,001-0,0035 msv/yıl <sup>b</sup>
Mamografi ünitesi çevre odaları ölçüm sonuçları	Sonuç belirtilmemiş <sup>c</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	0,15-0,33 msv/yıl <sup>b</sup>
Ölçüm yapılan mamografi cihazı sayısı	2	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	7
C-kollu röntgen cihazı ortam doz ölçüm sonuçları	Masa altı ölçüm sonucu: >0,4 msv/hafta	301,69-486,68 msv/yıl <sup>f</sup>	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmadı
Ölçüm yapılan C-kollu röntgen cihazı sayısı	2	2	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmadı
Tüp sızınması testi	0,0075msv/hafta	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmamış	Sonuç belirtilmemiş	Ölçüm yapılmamış	Ölçüm yapılmadı
Dedektör tipi	TBM-IC mark V İyon odası	LB120RATO/F Geiger Mülller	PALM RAD 907 Geiger Mülller	GAMMA SCOUT Geiger Mülller	MINIRAD1000+ Geiger Mülller	Victoreen 451p İyon odası
Radyasyon görevlisi, halk ve çevre odada çalışan hastane personeli için X-ray ünitesinde yıllık bulunma süresi	Belirlenmemiş	Belirlenmemiş	Belirlenmemiş	Radyasyon görevlisi: 1.560 saat/yıl Halk: Belirlenmemiş	Belirlenmemiş	Radyasyon görevlisi: 1.540 saat/yıl Halk:14 saat/yıl <sup>h</sup>
Ölçüm yapılan ülke	Nepal	Nepal	Irak	Irak	Nijerya	Türkiye
Ölçüm yılı	2012	2007	2013	2015	2009	2014
Kabul edilen doz limiti	Radyasyon görevlisi : 0,4msv/hafta Halk: 0,02 msv/hafta	Radyasyon görevlisi : 20 msv/yıl Halk: 1 msv/yıl	Radyasyon görevlisi : ICRP Publication: 60 ve NCRP	Radyasyon görevlisi: 20 msv/yıl Halk: 1 msv/yıl	Referans standart: ICRP ve NCRP	Radyasyon görevlisi: 20 msv/yıl Halk: 1 msv/yıl

<sup>a</sup> Tomografi ünitesinde yapılan ölçümlerde tespit edilen maksimum değer 0,057 msv/hafta olarak kontrol odasına yakın noktada bulunan kapı çıkışında tespit edildiği belirtilmiştir. Tespit edilen maksimum değer 0,057 msv/hafta olduğu için, diğer noktalarda yapılan ölçümler 0,057 msv/hafta'dan küçük olarak ifade edilmiştir. <sup>b</sup> X-ray ünitesinin güvenli olduğu ve radyasyondan korunma standartlarına göre inşa edildiği belirtilmiştir. <sup>c</sup> Mamografi ünitesinin güvenli olduğu ve radyasyondan korunma standartlarına göre inşa edildiği belirtilmiştir. <sup>d</sup> Ölçümler dört farklı noktada alınmış olup, değer ortalaması ifade etmektedir. <sup>e</sup> Minimum ve maksimum doz değerlerini göstermektedir. <sup>f</sup> Ölçümler üç farklı noktada alınmış olup, tablodaki değerler iki hastanenin iki cihazının ortalaması ölçüm sonucudur. <sup>g</sup> Hasta veya hasta yakınlarının serinle 2 çalışma günü-14 saat X-ray ünitesinde bulunabileceği kabul edilmiştir, bu iki gününü bir hafta içerisinde bu ünitede geçirme ihtimali olduğundan yıllık değerler hesaplanmıştır. <sup>h</sup> Yaptığımız çalışmada X-ray ünitesinde yıllık bulunma süresi: radyasyon görevlileri için 4 hafta şua izni ve dört hafta yıllık resmi izin kullanıldıkları için toplam 44 hafta, yılda 1540 saat; halk için yılda iki iş gününü bu ünitede geçirebileceği kabul edilerek 14 saat ve hastane personeli olarak görev yapan, ancak radyasyon görevlisi olmayan kişiler için ise 1 iş günü (yedi saat-saat-yedi saat çalıştığı için-) ve 48 haftadan (dört hafta resmi izin) 1.680 saat olarak kabul edilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Yaren H, Karayılanoğlu T. [Radiation and effects of on human health]. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni 2005;4(4):199-208.
2. Pacheco R, Stock H. Effects of radiation on bone. *Curr Osteoporos Rep* 2013;11(4):299-304.
3. Rehani MM, Ciraj-Bjelac O, Vaňó E, Miller DL, Walsh S, Giordano BD, et al. Annals of the ICRP. Radiological protection in fluoroscopically guided procedures performed outside the imaging department. ICRP Publication 117. *Ann ICRP*; 2010. p.23-8.
4. Turkish Atomic Energy Authority. Tıbbi Radyoloji Laboratuvarlarının Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar ve Zırhlama Koşulları, 2013. p.1-18.
5. T.C. Resmi Gazete (06.05.1939, Sayı: 4201) 2/10857 sayılı Radyoloji, Random ve Elektrikle Tedavi Müesseseleri Hakkında Nizamname; 1939. p.333-41.
6. Grover SB, Kumar J, Gupta A, Khanna L. Protection against radiation hazards: Regulatory bodies, safety norms, does limits and protection devices. *Indian J Radiol Imaging* 2002;12(2):157-67.
7. ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann ICRP*; 2007. p.36.
8. T.C. Resmi Gazete (24.03.2000 Sayı: 23999) Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği; 2000. p.6-44.
9. Adhikari KP, Jha LN, Galan MP. Status of radiation protection at different hospitals in Nepal. *J Med Phys* 2012;37(4):240-4.
10. Giri K, Giri D, Murty KV. Radiation measurement at X-Ray centers of a few hospitals in Kathmandu City, Nepal. *Kathmandu University Journal of Science Engineering and Technology* 2007;3(2):31-4.
11. Ali TR. Environmental survey and quality control tests of X-Ray diagnostic facility of hospitals in Iraqi Kurdistan Region. *IJERSTE* 2013;2(11):64-70.
12. Bari DS, Amin PM, Abdulkareem NA. Measurement of the effective dose radiation at radiology departments of some hospitals in Duhok Governorate. *Journal of Modern Physics* 2015;6(5):566-72.
13. Oluwafisoye PA, Olowookere CJ, Obed RI, Efunwole HO, Akinpelu JA. Environmental survey and quality control tests of X-ray diagnostic facility of a Large Nigerian Hospital. *Int J Res Rev Applied Sci* 2009;1(2):157-62.
14. Ceklic S, Arandjic D, Zivanovic M, Ciraj-Bjelac O, Lazarevic D. Performance of radiation survey meters in X- and gamma-radiation fields. *Radiat Prot Dosimetry* 2014;162(1-2):139-43.
15. Rajan G, Izewska J. Radiation monitoring instruments. In: Podgoršak EB, ed. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. 1<sup>st</sup> ed. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2005. p.101-12.
16. Sagstuen E, Hole OE. Radiation produced radicals. In: Brustolon M, Giamello E, eds. *Electron Paramagnetic Resonance*. 1<sup>st</sup> ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2009. p.325-82.
17. Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. *International Commission on Radiological Units 1950*. National Bureau of Standards Handbook 47. 1<sup>st</sup> ed. Washington, D.C.; 1951. p.18.