

TEMEL RADYOLOJİK İNCELEME YÖNTEMLERİNİ TANIMA

Recognition Of Basic Radiological Investigation Methods

Ayşe AYDOĞDU¹, Yıldırım AYDOĞDU², Zehra Deniz YAKINCI³
^{1,2}Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Ankara
³İnönü Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Malatya

ÖZET

Hastalıkların tanı ve tedavisinde tıbbi görüntüleme çok önemli bir yer oluşturmaktadır. Tıbbi Görüntüleme, en basit hali ile insan vücudunun iç yapısının çeşitli yöntemler ile görülebilir hale getirilmesidir. Tanısal radyolojinin röntgen, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) ve ultrasonografiden (US) oluşan dört temel yöntemi vardır. Bir çok ülkede radyolojinin 5. yöntemi konumundaki radyonüklid görüntüleme, ülkemizde nükleer tıp adı altında ayrı bir uzmanlık dalıdır. Radyolojinin diğer kısmı ise tedavi ile ilgilidir ve girişimsel (interventional) radyoloji adını alır. Tüm bu tanı ve tedavi amaçlı kullanılan cihazların bir kısmı iyonizan radyasyon içermektedir. Radyasyon içeren cihazları tanımak ve bilgi sahibi olmak hem hasta hem de sağlık personelleri açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma, Radyolojik incelemelerde kullanılan başlıca cihazları tanıtmak amacıyla hazırlanmıştır. Hastaların tıbbi görüntüleme cihazlarını tanıması ve sağlık personellerinin iyonizan radyasyon içeren tetkiklerin kullanımında ALARA-As low as reasonably achievable- (mümkün olduğunca en az) prensibine uyması hastanın ve radyoloji çalışanının en az dozu alması esas olmak üzere radyasyondan korunma için gerekli bilgiye sahip olmaları gereklidir.

Anahtar kelimeler: görüntüleme cihazları, radyasyon, doz

ABSTRACT

Medical imaging is very important in the diagnosis and treatment of diseases. In its simplest form, medical imaging makesthe internal structure of the human body visible through various methods. Diagnostic radiology has four basic methods: radiography, computed tomography (CT), magnetic resonance (MR), and ultrasonography (US). Radionuclide imaging, the fifth method of radiology in many countries, is a separate speciality under the name of nuclear medicine in our country. The other part of radiology is

related to the treatment and is called as interventional radiology. All of these devices used for diagnostic and therapeutic

purposes contain ionizing radiation. Knowing and having knowledge of radiation containing devices is very important for both the patient and the health personnel. This study was designed to introduce the main devices used in radiological examinations. Patients need to know the medical imaging devices and health personnel should have the knowledge necessary for radiation prevention based on ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle of the usage of the Ionizing radiation-containing examinations -as minimum as possible-.

Key words: Imaging devices, radiation, dose

GİRİŞ

1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgenin x-ışınlarını bulmasıyla başlayan radyoloji tarihi, hastalıkların teşhis ve tedavisinde tıp alanında bir çığır açmış (Kumaş, 2009) ve bugünde olmak üzere hastanelerin temel yapı taşı olmuştur. Hastalıkların saptanmasında ve tedavi edilmesinde radyoloji birimleri oldukça büyük öneme sahiptir (Adrian, Thomas & Arpan, 2013). Hekim hastanın hastalığının tanısını koyma işlemi ile tedavinin tamamlanması süresince radyoloji ünitesinden çeşitli çekim ve incelemeler ister. Bu süreçte hastanın ve temel radyoloji ünitelerinde çalışan sağlık personelleri radyasyondan etkilenme riskiyle karşı karşıyadır. Radyolojik inceleme isteyen sağlık personelinin de hastanın maruz kalacağı radyasyon riskini gözeterek gerekli olduğu kadar (ALARA) prensibini göz önünde bulundurması önemlidir. Temel radyoloji ünitelerindeki cihazları tanımak ve bu cihazlar hakkında bilgi sahibi olmak radyasyondan korunmak anlamında da yararlı olmaktadır.

Temel radyoloji ünitesi, tanısal ve girişimsel olarak ikiye ayrılmaktadır;

TANISAL RADYOLOJİ

Röntgen Cihazları

Röntgen cihazları, istenilen sürede, istenilen kalite ve miktarda x-ışınının elde edilmesini sağlayan görüntüleme cihazlardır. X-ışınları iyonizan radyasyondur. İyonizan radyasyon atomları iyonlaştıracak seviyede enerjiye sahip olup tüm canlılar için zararlıdır. Röntgenle görüntüleme, radyolojik tanı yöntemlerinin en eskisidir. Radyasyonun ilk kullanımı tanısal amaçlı 1986 yılında olmuştur (Ron, 2003). Röntgen cihazıyla, vücudu farklı oranlarda

geçen x-ışınları bir fotoğraf plağı ya da floresan ekran üzerine düşürülerek sabit veya canlı görüntüler elde edilir (Rasuli, Mahmoud-Pashazadeh, Ghorbani, Tabari & Naserpour, 2016). X-ışınlarının radyolojide kullanılmasının nedeni dokuyu geçebilme yeteneğidir (Babikir, Hasan, Abdelrazig, Alkhorayef, Manssor, & Sulieman, 2015). İnsan vücudu değişik atom ağırlığında, kalınlık ve yoğunlukta dokulardan oluşur. Bu nedenle x-ışını da dokuları geçerken röntgen filmi üzerine değişik oranlarda yansır. Bu yansıma sonunda siyahtan beyaza kadar değişen gri tonlarda görüntü oluşur. X-ışınlarından fazla etkilenen kısımlar, film üzerinde siyah, az etkilenen kısımlar ise beyaz görünmektedir. X-ışınlarının incelenecek olan vücut bölgesinden geçirildikten sonra film üzerine düşürülerek görüntü elde etme yöntemine radyografi denilmektedir. Görüntüleme kullanılan cihazlar, inceleme yapılacak organ, vücut bölgesi veya inceleme çeşidine göre değişik şekil, büyüklük ve güçte üretilirler. Röntgen cihazları, genel olarak radyografi ve radyoskopi cihazları olmak üzere iki guruba ayrılır. Günümüzde bunlar da kendi aralarında konvansiyonel ve dijital olmak üzere ayrıca ikiye ayrılmaktadır. Radyografi ve fluoroskopi cihazları, gelişmiş bilgisayar teknolojilerinin entegrasyonu ile dijital hale getirilmiştir (dijital röntgen). Bunun için hastayı geçen x-ışınları, röntgen filmi veya fluoroskopi ekranına değil, ışınların miktarının ölçülebildiği bir düzenek üzerine düşürülür. Görüntüler, bilgisayar aracılığı ile bu ölçümlerin değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkar (Kepler, Servomaa & Filippova, 2008).

Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Bilgisayarlı tomografi, Cormak tarafından 1963 yılında teorize edilen kesitsel görüntüleme yöntemidir. Temeli Röntgen cihazına dayanan BT; x-ışını kullanılarak vücudun incelenen bölgesinin kesitsel görüntüsünü oluşturan tanı yöntemidir (Huthwaite & Simonetti, 2013). Bilgisayarlı tomografide, bir nesnenin, değişik açılardan çok sayıda iki boyutlu x-ışını görüntüleri alınarak o nesnenin iç yapısının üç boyutlu görüntüsü elde edilmeye çalışılır (Rasuli vd., 2006). Oluşturulan kesitsel görüntüler, bilgisayar aracılığı ile elde edilir. Görüntü oluşturmak için gerek duyulan bilgiler x-ışınları yardımı ile elde edilir. Konvansiyonel röntgende üst üste düşen anatomik oluşumların görüntüleri, bilgisayarlı tomografi yönteminde kesitsel şekildedir. Konvansiyonel radyografide film üzerinde farklı kontrast sayısı yaklaşık 20 iken, BT de ise bu sayı 2000 i aşar. BT de kontrast sayısının fazlalığı dokuları birbirinden ayırdığı için su, ödem, hematoma gibi yapılar daha iyi görüntülenir. Bilgisayarlı tomografi incelemelerinin büyük bir kısmında lezyonları daha görünür hale getirmek amacı ile kontrast madde kullanılmaktadır; özellikle kafa içi kanamalarında BT ilk başvuru olan yöntemdir.

Toraks ve batin görüntülemelerde kullanım alanı çok geniştir. Bu bölgelerde kitle var ise sınırları ve çevreye yayılmaları görüntülenebilmektedir. BT anjiyografi ile damar içi darlıklar gösterilebilir. Orta kulak içi kemikçiklerin ve yumuşak dokuların incelenmesi yapılır. Sinüslerin incelenmesinde ilk olarak tercih edilir. Omurgada hem kemiklerin hem de disk gibi yumuşak dokuların incelenmesini sağladığı için özellikle bel fitiklarında önemli yeri vardır. Radyoterapi planlanması da BT ile yapılır. Bu özelliklerinden dolayı BT yöntemi ile görüntüleme, x- ışınları ile tanıda konvansiyonel röntgenden sonra devrim sayılabilen bir gelişmedir (Ofori, Gordon, Akrobortu, Ampene, Emmanuel & Darko, 2014).

Manyetik Rezonans (MR) -MR Spektroskopisi

Manyetik alan ve radyo dalgaları sayesinde vücut içerisinde bulunan organların detaylı görüntüler oluşmasına Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) adı verilir. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) geleneksel görüntüleme yöntemlerinden farklı olarak, insan vücudundaki doğal parametreleri (sıvılardaki ve dokulardaki su moleküllerinde yer alan hidrojen atomlarındaki protonları) kullanarak görüntü oluşturmaktadır. MRG cihazı; büyük bir mıknatıs, radyo dalgaları ve anten kullanarak imajları oluşturur. MRG cihazındaki mıknatısın gücü görüntü netliğini, elde edilen bilgi oranını ve inceleme süresini doğrudan etkilemektedir. Tıpta kullanılmakta olan MR cihazları, 0.2 Tesla ile 3 Tesla arasında manyetik alan gücüne sahiptir. Düşük Tesla gücüne sahip cihazlar, açık MR adı verilen daha küçük sistemler olup genellikle daha sınırlı inceleme özelliklerine sahiptir.

MRG ile organlar, yumuşak doku ve kemikler görüntülenebilir. MRG'de iyonizan radyasyon kullanılmaz (X ışını yoktur). Büyük bir tüp şeklinde magnet hasta etrafında manyetik alan oluşturur. Görüntüsü alınmak istenen bölgeye radyo frekans koil yerleştirilir. Bu yöntemle vücuttaki su moleküllerindeki değişiklikler bilgisayarlar vasıtası ile görüntüye dönüştürülür. Cihaz manyetik alan altında atomların manyetik alan yönüne yönelmesi ve belirli bir frekansta salınım yapması esası üzerine kuruludur. Üzerlerine radyo dalgaları uygulanan atomlar belirli bir frekansta radyo dalgalarını geri yansıtır. Bu yansıyan dalgaları alan Manyetik Rezonans cihazı objenin görüntülerini oluşturur (Yakıncı, 2013).

Ultrasonografi (US) -Doppler US

Yüksek frekanslı ses dalgaları kullanılarak ses enerjisinin görüntüye dönüştürülmesi işlemdir. Ultrasonografide ses üstü (ultra-son) dalgaların “yansıması” söz konusudur. Sesler

ve ses üstü dalgalar yayılan titreşimlerdir. İnsan kulağının işitebildiği seslerin frekansı 16-20.000 Hz arasındadır; bir başka deyişle ses dalgaları saniyede 16-20.000 kez titreşir. Ses üstü dalgaların frekansı 20.000 MHz den yüksektir (2-10 MHz arası) ve insan kulağıyla algılanamaz. Ses üstü dalgalar yüksek frekanslı alternatif akımları mekanik titreşimlere dönüştüren genellikle kuvars kristalli bir kaynaktan üretilir. Bu aygıt vücut dokularından geri dönen ses üstü titreşimleri de algılar. Tanıya yardımcı bir inceleme olarak ultrasonografinin radyografiye göre en önemli üstünlüğü katı yapılarla sıvı birikimlerini kolayca birbirinden ayırt etmesidir. Ultrasonografide sıvı birikmesi siyah renk verirken organ dokuları daha açık görünür (Zhao, Royer, Owens & Rose, 2011). Ultrasonografide iyonize radyasyon olmadığı için bebeklerde ve gebelerde rahatlıkla kullanılması önemli bir avantajdır. Ultrasonografi, genellikle boyun, tiroid bezi, karaciğer, safra kesesi, böbrekler, dalak, pankreas, mesane, rahim, yumurtalıklar, skrotum, testis ve prostat bezi gibi organların görüntülenmesinde kullanılır. Doppler ultrasonografi, ultrasonografinin özel bir şeklidir. Bu yöntemle incelenen damar yatağındaki kan akımı, akım yönü ve debinin incelenmesi mümkün olur. Ayrıca, alışılmış radyolojik incelemeler ile saptanamayacak kadar küçük lezyonlar, safra taşları ve böbrek tümörleri ultrasonografiyle gözlenebilmektedir. (Duvshani-Eshet & Machluf, 2005). Günümüzde radyolojik incelemelere karşı özellikle duyarlı olan bazı organlarının (yumurtalıklar ve erbezleri) hiçbir olumsuz etkiye yol açmadan ultrasonografi ile incelenmesine olanak vermektedir. Ultrasonografi'nin bilinen bir zararı olmadığı için kısa aralıklarla pek çok kez yinelenebilir; böylece bir hastalığın gelişimi izlenebilir(Tran, Roger, Le Guennec, Tranquart & Bouakaz, 2007). Ultrasonografi, karın içi organlardaki, kadın üreme organlarındaki ve prostattaki çok küçük bozuklukları da görüntüleme imkanı sağladığından, her genel tarama da uygulanan temel bir inceleme yöntemi haline gelmiştir.

Mamografi Cihazı

Mamografi, memedeki yapısal değişiklikleri gösteren bir inceleme yöntemidir. Mamografi yumuşak dokuların radyolojik incelemesine olanak sağlamaktadır. Ancak bu cihaz, direkt ve çok yakın mesafeden x-ışını uygulaması ve uygulanan dokunun çok ince olması nedeniyle limitli bir x-ışını uygular. Bu nedenle mamografi cihazlarında özel alaşımli anot ve filtreler kullanılmaktadır. Mamografide yumuşak doku kontrastının yüksek olması amaçlandığından düşük kilovoltaj (25-35kV), yüksek rezolusyonlu tek emulsiyonlu ince grenli filmler ve hastanın aldığı radyasyonun dozunu düşürmek amacıyla hızlı ranforsatörler

kullanılmaktadır. Günümüzde dijital teknolojinin gelişmesi ile beraber klasik mamografi cihazlarının yerini dijital mamografi cihazları almaktadır ve böylece, görüntü elde etme süresi yarıya düşmektedir. Dijital mamografi'nin, konvensiyonel mamografi'den farkı, görüntünün monitörden izlenebilmesi ve bilgisayarlarda bu alınan verilerin saklanabilmesidir. Dijital mamografide çekim daha net görülebilir ve aynı zamanda gerekli görüldüğünde görüntü büyütülerek daha detaylı inceleme yapılması sağlanabilmektedir.

GİRİŞİMSEL RADYOLOJİ

Girişimsel radyoloji, cerrahi kesisi oluşturmadan, iğne deliği küçüklüğündeki yollarla vücuda girilerek gerçekleştirilen tanı ve tedavi yöntemlerini içerir. Biyopsi, drenaj ve anjiyografi gibi tanısal işlemler ve stent takılması, anevrizma tedavisi, trombolitik tedavi, anjiyoplasti, embolizasyon, tümör embolizasyonu, tümör ablasyonu, skleroterapi ve anevrizma gibi tedavi amaçlı işlemleri sayılabilir. Bu ünitelerdeki çekimlerde iyonizan radyasyon adını verdiğimiz zararlı ışınların olduğunu ve x-ışınları olarak bildiğimiz ışınların kullanıldığı cihazlar mevcuttur (Dağdaş, 2010). Girişimsel radyolojide tedavi edilen hastalıkların bazılarını sayacak olursak;

Atardamardarlık ya da tıkanıklıklarının tedavisi : Vücutta damar sertleşmesi ya da diğer sebeplere bağlı gelişen damar darlık ve tıkanıklıkları anjiyografi sırasında balonlama ya da stent (kafes şeklinde yapay damar) yerleştirilmesiyle tedavi edilebilir.

Torakal ve abdominal aort anevrizma (TAA, AAA) tedavisi : Bu tedaviler göğüs ve karın bölgesindeki vücudun en büyük atar damarlarında gelişen anevrizma (balonlaşma) tedavileridir. Tedavi herhangi bir cerrahi kesi gerektirmeden kasıktan girilerek yapılabilmektedir.

Beyin Damarı Hastalıklarının Tedavisi: Beynin içindeki damarlarda görülen anevrizma tabir edilen küçük balonlaşmalar, duvarları normal damardan ince oldukları için çatlayıp beyin içine ya da beynin içinde bulunduğu sıvıya kanama yapabilir. Bu durumda öncelikle görüntüleme yöntemleriyle (MR, anjiyografi gibi) bu balonlaşmanın tespiti, ameliyat ya da damar içinden iletilen maddelerle tıkanması ya da kapanması anjiyografi eşliğinde kasıktan atar damara girilerek yapılmaktadır.

Varis tedavisi (Endovenöz lazer ablasyon, EVLA ya da EVLT): Damar içi lazer yöntemiyle yapılan tedavi başarı oranı yaklaşık %97'dir. Bacakta görülen varisler tedavi edici etkisi en yüksek yöntem olan damar içi lazer yöntemiyle tedavi edilmektedir. İşlemden önceki en önemli basamak, bacak toplardamarlarının Renkli Doppler ultrasonografi ile detaylı olarak değerlendirilmesidir. Renkli Doppler ultrasonografi ile değerlendirmeden sonra tedavi yapılabilmektedir (O'Donnell, Passman, Marston, Ennis, Dalsing&Kistner, 2014).

Biyopsi ve drenajlar: Görüntüleme teknolojisindeki tüm gelişmelere rağmen bazı hastalıkların tanısı için doku örneği almak gerekmektedir. Guatr gibi hastalıklarda tiroid nodüllerinden "ince iğne", karaciğer böbrek gibi organların hastalıkları ya da diğer çoğu kitlede "kalın iğne" tabir edilen iğnelerle biyopsi alınması için görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır. Ultrason, tomografi gibi görüntüleme yöntemlerinin varlığıyla vücut içi derin ya da yüzeysel dokulardan ameliyata gerek olmaksızın bir iğne yardımıyla doku örneği almak mümkündür (Shaunagh, Diane & Ronald, 2012).

Tümör tedavisi : Girişimsel radyoloji özellikle karaciğer tümörleri olmak üzere akciğer böbrek ve diğer organlardaki bazı tümörler için tedavi yöntemleri içerir. Bu yöntemler temel olarak tümör dokusuna atardamarından ulaşılarak kemoterapi ilaçları verilmesi ya da tümöre deri yoluyla bir iğne ile girilerek tümörü yok etmeye yöneliktir (Allison, Sibata & Mang, 2004).

Ağrı tedavisi : Çeşitli hastalıklarla birlikte olan ağrının girişimsel yöntemler kullanılarak hasta konforunu sağlamak için kısmen ya da tamamen kontrolü mümkündür. Bu daha çok US ya da BT kullanarak ağrıyı taşıyan sinir ya da sinir paketi komşuluğuna uyuşturucu (anestetik) madde enjeksiyonu ile geçici olabildiği gibi, alkol gibi yakıcı maddeler kullanılarak uzun süreli olarak ta yapılabilmektedir (<http://www.dicle.edu.tr /radyoloji-bolumu-girisimsel-radyoloji>, erişim tarihi:10.11.2017).

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Hastalıkların teşhis ve tedavisinde hastanelerin radyoloji üniteleri çok büyük öneme sahiptir. Bu ünitelerin güvenli ve verimli kullanılmaları da oldukça önemlidir. Günümüzde birçok hastalığın tıbbi tanı ve tedavisinde kullanılan görüntüleme yöntemlerinin bazıları iyonizan radyasyon içermektedir (Yaren & Karayılanoğlu, 2005). İyonizan radyasyon, zararlarından dolayı hem hasta hem tekniker anlamında dikkat edilmesi gereken oldukça

önemli bir husustur (Benatar, Cronin & O'doherty, 2000; Chiesa, De Sanctis, Crippa, Schiavini, Fraigola & Bogni, 1997).

X-ışınlarının ölçülmesi , gönderilen ultrason dalgalarının çeşitli dokulardan yansiyarak dönmesi ve ölçülmesi , Damara enjekte edilen radyoaktif maddelerden yayılan gama ışınlarının ölçülmesi , Vücuttaki hidrojen atomlarının yüksek manyetik alana maruz bırakılması esasına dayanan nükleer magnetik rezonans , Termal görüntüleme yöntemleri gibi, tümüne baktığımızda iyonize olan ve olmayan radyasyon kullanılmaktadır.

Tanısal radyolojide maruz kalınan iyonizan radyasyon sitokastik (rastgele) etkileri vardır, bu etki son derece nadirde olsa kanser riski olarak düşük dozlarda bile ortaya çıkabilir. Tedavide kullanılan yüksek doz iyonizan radyasyon ise deterministik (belirlenimci) etki gösterebilir. İnsanda belli doz seviyeleri için kan ve kromozom hasarı oluşumundan ani ölüme kadar oluşabilecek etkiler net olarak ortaya konabilir (Hart, Hillier & Wall, 2009). Görüntüleme cihazlarındaki ışınların var olan etkileri, kişilerin yaşlarına, sağlık sorunlarına, organların durumlarına ve bağışıklık sistemine göre değişkenlik göstermektedir ve insanlarda kanser veya genetik hasar oluşturacak eşik radyasyon dozunun ne olduğu bilinmemektedir (Dağdaş, 2010). Bu nedenle tıbbi uygulamalarda iyonizan radyasyon içeren tetkiklerin bilinçli yapılması çok önemlidir (Arslanoğlu, Bilgin, Kubalı, Ceyhan & İlhan, 2007).

Radyasyonun canlı organizmalar üzerindeki olumsuz biyolojik etkileri bilinmektedir (Osovets, Azizova, Day, Wald & Moseeva, 2012). Bu nedenle, hasta, hekim ve teknikerin radyolojik çekimlerde radyasyondan korunması ve güvenliği dikkat edilmesi gereken en önemli noktalarlardır. İyonizan radyasyon içeren tetkiklerin kullanımında ALARA(As low as reasonably achievable-mümkün olduğunca en az) prensibi gereği hastanın ve radyoloji çalışanının en az dozu alması esas olmalıdır (Borders, Barnes , Parks , Jacobsen J, Zhou, Hasselquist & Betz , 2012; Strauss & Kaste, 2006; Wrzesień & Napska, 2015). Tanıya önemli katkısı bulunmayan radyasyon içeren tetkikler hasta ve personel açısından risk oluşturmaktadır (Koçyiğit, Kaya, Çetin, Kurban & Erbaş, 2014). Bu nedenle radyasyon güvenliği konusunda hastane personeline hizmet içi eğitimlerin verilmesi, sağlık personellerinin iyonizan radyasyon içeren tetkikleri isterken daha bilinçli ve dikkatli olmaları gereklidir (Linnet, Kim & Miller, 2010). Günümüzde hasta bilgi sistemi ve radyoloji bilgi sistemi yazılımları ülkemizde hemen hemen tüm hastanelerde kullanılmaktadır. Arslanoğlu ve ark.(Arslanoğlu, Bilgin, Kubal, Ceyhan, İlhan, & Maral, 2007)'nın yaptıkları çalışmada,

radyolojik tetkik isteyen hekim istem ekranında, hangi tetkikte hastanın ne kadar radyasyon dozu aldığı konusunda bilgi sahibi olarak tetkik öncelik sıralaması ve tercihlerini değiştirebileceğini belirtmişlerdir (Hauptmann, Mohan, Doody, Linet & Mabuchi, 2003) ve hekim tanı için gerekliliğine çok inanmadığı tetkikten vazgeçebilir ya da aynı seviyede bilgi elde edebileceği radyasyon içermeyen tetkike öncelik verebilir ve özellikle hastanın geçmişte yapılan tetkiklerine bakarak hastaya göre isteyeceği tetkikleri değiştirebilir önerisinde bulunmuşlardır (Koçyiğit vd., 2014). Radyoloji birimlerindeki görüntüleme cihazları konusunda bilgi sahibi olmak, radyasyonun zararları konusunda bilgi ve duyarlılığı artırmak ve korunma—yolları— konusunda eğitimler yapmak yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Adrian MK. Thomas and Arpan K, *The History of Radiology*. Banerjee Publisher: Oxford University Press Print Publication Date: May 2013 Print ISBN-13:9780199639977. Published online: Jul 2013 DOI: 10.1093/med/9780199639977.001.0001.
- Allison RR, Sibata C, Mang TS, *Photodynamic therapy for chest wall recurrence from breast cancer* 1 (2) (2004), 157-171
- Arslanoğlu A, Bilgin S, Kubal Z, Ceyhan MN, İlhan MN, Maral I. *Doctors' and intern doctors' knowledge about patients' ionizing radiation exposure doses during common radiological examinations. Diagn Interv Radiol* 2007;13: 53-55.
- Babikir E, Hasan H.A, Abdelrazig A, Alkhorayef M.A, Manssor E, Sulieman A. *Radiation dose levels for conventional chest and abdominal x-ray procedures in elected hospitals in Sudan. Radiat. Prot. Dosim.* 2015; 165 (1-4), 102-106.
- Benatar N, Cronin B, O'doherty M. *Radiation dose rates from patients undergoing positron emission tomography: implications for technologists and waiting areas. Eur J Nucl Med.* 2000;27:583-9.
- Borders HL, Barnes CL, Parks DC, Jacobsen JR, Zhou Y, Hasselquist BE, Betz BW, *J Am Coll Radiol.* 2012 May;9(5):340-3. doi: 10.1016/j.jacr.2011.12.027.
- Chiesa C, de Sanctis V, Crippa F, Schiavini M, Fraigola CE, Bogni A, et al. *Radiation dose to technicians per nuclear medicine procedure: comparison between technetium-99m, gallium-67, and iodine-131 radiotracers and fluorine-18 fluorodeoxyglucose. Eur J Nucl Med.* 1997;24:1380.
- Dağdaş S. *İyonlaştırıcı radyasyonlar ve kanser. Dicle Tıp Dergisi.* 2010;37:2;177-85.
- Duvshani-Eshet M, Machluf M., *Therapeutic ultrasound optimization for gene delivery: a key factor achieving nuclear DNA localization, J. Control Release.* 2005; 108 (2-3) 513-528.
- Hart D, Hillier M.C, Wal, B.F, *National reference doses for common radiographic, fluoroscopic and dental X-ray examinations in the UK. Br. J. Radiol.* 2009; 82, 1-12.
- Hauptmann M, Mohan AK, Doody MM, Linet MS, Mabuchi K. *Mortality from diseases of the circulatory system in radiologic technologists in the United States. Am J Epidemiol.* 2003; 157: 239-248.
- Huthwaite P, Simonetti F, "High-resolution guided wave tomography", *Wave Motion*, 2013: 50: 5, 979-993

- Kepler K, Servomaa A, Filippova I, Preliminary reference levels for diagnostic radiology in Estonia. *IFMBE proceedings, 13th Nordic Baltic Conference on Biomedical Engineering and Medical Physics. Umea, Sweden, 2008.*
- Koçyiğit A, Kaya, F, Çetin, T, Kurban, I, Erbaş, T, Ergin, A, Ağladioğlu, K, Herek, D, Karabulut, N, Radyolojik tetkikler sırasında maruz kalınan radyasyon hakkında sağlık personelinin bilgi düzeyleri, *Pam. Tıp Derg;* 2014;7(2):137-142.
- Kumaş A. *Radyasyon Fiziği ve Tıbbi Uygulamaları. 2. Baskı, Palme Yayıncılık, 2009.*
- Kumaş A. *Radyoloji ders kitabı, , ISBN 975-95746-0-8 tamer matbacılık. 1997;7.*
- Linnet MS, Kim KP, Miller DL, et al, Historical review of occupational exposures and cancer risks in medical radiation workers. *Radiat. Res.* 2010;174, 793–808.
- O'Donnell TF Jr, Passman MA, Marston WA, Ennis WJ, Dalsing M, Kistner RL, Lurie F, Henke PK, Gloviczki ML, Eklöf BG, Stoughton J, Raju S, Shortell CK, Raffetto JD, Partsch H, Pounds LC, Cummings ME, Gillespie DL, McLafferty RB, Murad MH, Wakefield TW, Gloviczki P, Management of venous leg ulcers: clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery® and the American Venous Forum Society for Vascular Surgery., *American Venous Forum. J Vasc Surg.* 2014 ; 60(2 Suppl):3-59.
- Ofori K, Gordon SW, Akrobortu E, Ampene A., Emmanuel A, Darko O, Estimation of adult patient doses for selected X-ray diagnostic examinations. *J. Radiat. Res. Appl. Sci.* 2014;7 (4), 459–462.
- Osovets SV, Azizova TV, Day RD, Wald N & Moseeva MB. Direct and indirect tasks on assessment of dose and time distributions and thresholds of acute radiation exposure. *Health Phys,* 2012;102(2):182-95.
- Rasuli B, Mahmoud-Pashazadeh A, Ghorbani M, Tabari Juybari R, Naserpour M, Patient dose measurement in common medical X-ray examinations in Iran. *J. Appl. Clin. Med. Phys.* 2016;17 (1), 5860.
- Ron E. Cancer risks from medical radiation. *Health Phys.* 2003;85(1):47-59.
- Shaunagh McDermott, Diane A. L, Ronald S. A, Approaches to the Difficult Drainage and Biopsy Semin Intervent *Radiol.* 2012 ; 29(4): 256–263.
- Shiralkar S, Rennie A, Snow M, Galland RB, Lewis MH, Thomas KG. Doctors' knowledge of radiation exposure: questionnaire study. *BMJ.* 2003;327;371-2.
- Strauss KJ, Kaste SC. The ALARA (as low as reasonably achievable) concept in pediatric interventional and fluoroscopic imaging: striving to keep radiation doses as low as possible during fluoroscopy of pediatric patients--a white paper executive summary. *Radiology.* 2006;240:621.
- Tran TA, Roger S, Le Guennec J.Y., Tranquart F, Bouakaz A, Effect of ultrasound-activated microbubbles on the cell electrophysiological properties, *Ultrasound. Med. Biol.* 2007; 33 (1),158–163.
- Wrzesień M, Napolska, K, Investigation of radiation protection of medical staff performing medical diagnostic examinations by using PET/CT technique. *J. Radiol. Prot,* 2015; 35 (1), 197–207.
- Yaren H, Karayılanoğlu T. Radyasyon ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni* 2005;4(4):199-208.
- Yakıncı ZD. Süperiletkenlik ve Manyetik Rezonans Cihazı. *Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi,* 2013; (2) 4-9. Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/inonusaglik/issue/22778/243131>
- Zhao X, Royer R. L, Owens S. E, Rose J. L, "Ultrasonic Lamb wave tomography in structural health monitoring", *Smart Mater. Struct.,* 2011; 20(10), pp. 105002.