



UFUK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ACİL TIP ANABİLİM DALI

ACİL SERVİS HEKİMLERİNİN RADYASYONDAN KORUNMA FARKINDALIĞI

Dr. Başak YILMAZ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Ankara 2018



UFUK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ACİL TIP ANABİLİM DALI

**ACİL SERVİS HEKİMLERİNİN RADYASYONDAN
KORUNMA FARKINDALIĞI**

Dr. Başak YILMAZ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANLARI

Yrd. Doç. Dr. Togay EVRİN

Yrd. Doç. Dr. Ebru ÖZAN SANHAL

Ankara 2018

İÇİNDEKİLER

İçindekiler	i
Kabul ve Onay Sayfası.....	iv
Teşekkür.....	v
Simge ve Kısaltmalar	vi
Özet	vii
Abstract	viii
Tablo Dizini	ix
Şekiller Dizini	x
1. Giriş	1
2. Genel Bilgiler.....	4
2.1. Radyasyon	4
2.1.1. Radyoaktif Bozunma ve Yarı Ömür	5
2.2. Radyasyon Birimleri.....	6
2.2.1. Radyoaktivite Şiddet Birimi.....	7
2.2.2. Radyasyon Enerjisi Birimi	8
2.2.3. Radyasyon Şiddeti Birimi	8
2.2.4. Radyasyon Alan Şiddeti Birimi	8
2.2.5. Işınlama Birimi	8
2.2.6. Fiziki Doz Birimi (Soğurulan Doz Birimi)	9
2.3. Radyasyon Çeşitleri.....	10
2.3.1. Partiküler (parçacıklı) Radyasyon.....	12
2.3.1.1. Alfa (α) ışınları	12
2.3.1.2. Beta (β) partikülü.....	12
2.3.1.3. Nötron (n) partikülü.....	13

2.3.2.	Elektromanyetik Radyasyon	13
2.3.2.1.	Gama ışınları.....	15
2.3.2.2.	X-ışınları	15
2.4.	Radyasyon Kaynakları	17
2.4.1.	Doğal Radyasyon Kaynakları	18
2.4.2.	Yapay Radyasyon Kaynakları.....	20
2.5.	Radyasyonun İnsan Sağlığına Etkileri	20
2.5.1.	Erken Etkiler	22
2.5.2.	Geç Etkiler	23
2.5.3.	Hamilelik Döneminde Radyasyon Maruziyeti.....	24
2.6.	Radyasyondan Korunma İlkeleri.....	24
2.6.1.	Gerekçelendirme	24
2.6.2.	Optimizasyon	25
2.6.3.	Doz Sınırları.....	25
2.7.	Radyasyonun Tıbbi Kullanım Alanları	26
2.7.1.	Radyografi (Röntgen/X- Ray).....	27
2.7.2.	Bilgisayarlı Tomografi (BT)	28
2.7.3.	Manyetik Rezonans Görüntüleme.....	29
2.7.4.	Ultrasonografi	30
2.7.5.	Pantomografi	30
2.7.6.	Anjiyografi	30
2.7.7.	Floroskopi	31
2.7.8.	Mamografi.....	31
2.7.9.	Fotoradyografi.....	31
2.7.10.	Dijital Röntgen	31
2.7.11.	Kemik Mineral Dansitometri.....	32

2.7.12.	Radyoterapi	32
2.7.13.	Radyonüklid Görüntüleme (Nükleer Tıp)	33
2.8.	Radyolojide Radyasyondan Korunma	34
2.8.1.	Radyasyon Alanları	34
2.8.2.	Radyasyon görevlisinin radyasyondan korunması	35
2.8.3.	Hastanın radyasyondan korunması	35
3.	Gereç ve Yöntem	38
4.	Bulgular	41
4.1.	Tanımlayıcı Özellikler	41
4.2.	Katılımcıların Farklı Hasta Profillerinde Radyografik Yaklaşımları	42
4.2.	BT Öncesi Hastayı Radyasyon Dozu ve Radyasyonun Olası Risklerine İlişkin Bilgilendirme Durumu	44
4.3.	Katılımcıların Radyasyondan Korunma İlkeleri ve Tıbbi Işınlama Dozları ile İlişkili Bilgi Durumu	44
4.4.	Katılımcıların Radyasyon Güvenliği ve Radyasyondan Korunma Konusunda Eğitim Alma ve Eğitim İsteme Durumu	45
5.	Tartışma	47
6.	Sonuç	56
	Kaynakça	58
	Ek 1. Veri Toplama Formu	66
	Ek 2. Etik Kurul Beyanı	71

KABUL VE ONAY SAYFASI



UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
Dr.Rıdvan Ege Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi (Hastanesi)
.....Acil Tıp.....ANABİLİM / BİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ JÜRİ TUTANAĞI

ADAYIN
ADI : Basak
SOYADI : YILMAZ
ANABİLİM / BİLİM DALI : ACIL TIP

Tıp FakültesiAcil Tıp..... Anabilim Dalı/Bilim Dalı uzmanlık öğrencilerinden
Dr.....Basak YILMAZ..... tez değerlendirme jürisi toplandı. tez jüri üyeleri tarafından değerlendirildi
ve sözlü savunması yapıldı.

Dr...Basak Yılmaz'un "Acil servis vakalarında
LABYOSKOPİK KORONER SARKİNOİDİ"

uzmanlık tezi jürimiz tarafından başarılı bulunmuştur
Saygılarımızla.

TARİH
15.02.18..

JÜRİ ÜYESİ

Adı-Soyadı :
Anabilim Dalı :
Tarih :
İmzası :

JÜRİ ÜYESİ

Baskent Üniversitesi
Acil Tıp AD
Prof. Dr. Emir KAVALO
Dip. No: 884/18

JÜRİ ÜYESİ

EKLER: Uzmanlık Tezi Değerlendirme formları

TEŞEKKÜR

Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Tıp Anabilim Dalı'nda Acil Tıp Uzmanlık Eğitimim süresince her konuda koşulsuz desteğini hissettiğim, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım kıymetli anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Atila KORKMAZ'a,

Tez danışmanlarım Yrd. Doç. Dr. Togay EVRİN ve Yrd. Doç. Dr. Ebru ÖZAN SANHAL'a,

Eğitimime ve bugünkü kişiliğimin şekillenmesine katkısı olan tüm hocalarıma, birlikte çalışma imkânı bulduğum tüm meslektaşlarıma,

Acil ailemizin gece gündüz beraberce pek çok şey deneyimlediğim her bir üyesine, mezuniyetleri öncesinde tanıma ve beraber çalışma imkânı bulduğum tüm hekim ve hekim adayı kardeşlerime,

Tıp fakültesine başladığımız günden bu yana hayatın her anında olduğu gibi tez çalışmamın planlanması ve ortaya konmasında da varlıkları ve destekleri ile araya giren mesafelere inat asla yalnız olmayacağımızı hatırlatan kıymetli dostlarım Uzm. Dr. Hande BAHADIR ve Dr. Leyla ÖZTÜRK SÖNMEZ'e,

Bana her zaman destek olarak bugünlere ulaşabilmeme katkısı olan kıymetli aileme ve sevgili dostlarıma

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Başak Yılmaz

Şubat 2018

SİMGE VE KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ADBG: Ayakta Direkt Batın Grafisi

ALARA: Mümkün Olan En Düşük Dozun Alınması ilkesi (As Low As Reasonably Achievable)

AP: Ön – arka (anteroposterior)

BT: Bilgisayarlı Tomografi

DÜSG: Direkt Üriner Sistem Grafisi

E-FAST: Travmada Sonografi Odaklı Değerlendirme – Genişletilmiş (Extended - Focused Assessment with Sonography for Trauma)

EURATOM: Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (European Atomic Energy Community)

GKS: Glasgow Koma Skoru

IAEA: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency)

ICRP: Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu (International Commission on Radiological Protection)

MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme

OECD: Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)

PA: Arka – ön (posteroanterior)

PTE: Pulmoner Tromboemboli

RCOG: Kraliyet Kadın Hastalıkları ve Doğum Uzmanlık Derneği (Royal College of Obstetricians and Gynaecologists)

TAEK: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

UNSCEAR: Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)

USG: Ultrasonografi

ÖZET

YILMAZ, Başak. Acil Servis Hekimlerinin Radyasyondan Korunma Farkındalığı, Ankara 2018

Acil hekimlerine hızlı ve doğru tanısal bilgi sağlaması nedeni ile son yıllarda acil servislerde tanısal radyolojik işlemlerin uygulanması artmıştır. Bu çalışma ile Türkiye’de acil servislerde çalışan hekimlerin radyasyondan korunma farkındalığının belirlenmesi amaçlandı.

Ağustos 2017 ile Ocak 2018 tarihleri arasında yürütülen çalışmaya katılma çağrısı ve çalışmaya konu anket hekimler ile online olarak paylaşıldı. Elde edilen veriler SPSS 15.0 Windows bilgisayar programı ile tanımlayıcı istatistik yapılarak belirlendi.

Çalışmaya katılan 226 hekimin yalnızca %31,9’u görüntüleme modalitelerini hastanın maruz kalacağı radyasyon açısından doğru sıralayabilmiştir. Bir toraks BT’nin yaklaşık kaç akciğer grafisine eşdeğer hasta dozu oluşturduğu sorusuna %42,5’i doğru yanıt vermiş; %39,4’ü ise dozu daha düşük tahmin etmiştir. %30,1’i iyonizan radyasyon kullanmayan beyin diffzyon MRG’nin yüksek radyasyon dozu oluşturan bir modalite olduğunu düşünmektedir. Katılımcıların %35,8’i radyasyon güvenliği veya hastanın/çalışanın radyasyondan korunması konusunda herhangi bir eğitim almadığını, %68,6’sı radyasyondan korunma ve hasta dozu ile ilgili bilgisine güvenmediğini, %92’si bu konularda fazla eğitim almak istediğini belirtmiştir.

Çalışmaya katılan hekimlerin radyasyon farkındalığı düşük bulunmuştur, bu konuda farkındalığı artırıcı çalışmalar yapılmalıdır. Eğitim eksikliği üzerinde durulmalı ve çözüm önerileri getirilmelidir.

Anahtar Sözcükler

acil servis, radyasyon farkındalığı, görüntüleme, radyoloji

ABSTRACT

YILMAZ, Başak. Radiation Protection Awareness of Emergency Physicians, Ankara 2018

The use of imaging tests in emergency departments has grown dramatically in recent years, driven in part by the rapid and accurate diagnostic information it can provide to the emergency physician. The aim of the study was to assess the radiation awareness of emergency physicians.

Invitation to take part in our survey has been shared online with emergency physicians from August 2017 to January 2018. Statistical analysis of the data obtained was performed by “SPSS 15.0 for windows” program.

Only 31,9% of the 226 physicians who took part in the survey was able to rank the given imaging tests in order of decreasing ionising radiation exposure. 42,5% of the respondents were aware of the chest x-ray dose equivalent of a chest CT. 39,4% of the participants incorrectly stated that a diffusion-weighted brain magnetic resonance imaging (MRI) entails a larger dose of radiation when compared to the other tests. 35,8% of the respondents stated they have not received any form of education regarding radiation safety or radiation protection. 68,6% of them were not confident with their current level of radiation dose and radiation protection knowledge. 92% of the respondents were willing to be further trained on the subject.

The radiation protection awareness of the physicians is poor and education in this regard can be beneficial.

Key Words:

emergency department, radiation, medical imaging, radiology

TABLO DİZİNİ

Tablo I. Radyasyon ile ilgili eski ve güncel birimlerin birbirlerine dönüşüm değerleri	7
Tablo II. Radyasyondan korunma ilkeleri, tıbbi ışınlama dozları ile ilişkili ifadeler ve yanıtları	39
Tablo III. Acil Serviste Sıklıkla İstenen Radyolojik Tetkikler ve Bir PA Akciğer Grafisine Kıyasla İçerdikleri Radyasyon Dozları	40
Tablo IV. Çalışılan sağlık kurumuna göre dağılım	41
Tablo V. Çalışılan kurumdaki göreve göre dağılım	41
Tablo VI. Çalışılan kurumun günlük ortalama acil servis başvuru sayısına göre dağılım	42
Tablo VII. Çalışılan kurumda bulunan acil görüntüleme modelitelerine göre dağılım	42
Tablo VIII. Karın ağrısı ve fizik muayene bulgusu olmayan, künt batın travmalı, hemodinamik açıdan stabil 14 yaşındaki kız hastada görüntüleme yaklaşımı	43
Tablo IX. Akut sağ yan ağrısı ile acil servise başvuran, muayene ve laboratuvar bulguları ürolitiazis düşündüren 28 yaşındaki bir erkek hastada görüntüleme yaklaşımı	44
Tablo X. BT öncesi radyasyon dozu/radyasyon riski ile ilişkili bilgi verme durumu	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Radyasyon türleri.....	11
Şekil 2. Elektromanyetik spektrum.....	14
Şekil 3. Alfa, β ve γ -ışınlarının penetrasyon dereceleri	15



1. GİRİŞ

Tıpta her geçen yıl yeni ilerlemeler kaydedilmekte ve günlük pratikte radyografik görüntüleme tetkiklerinin kullanımı sıklıkta olup hastalıkların erken tanı ve tedavisinde artan miktarlarda yapılan acil tanısal görüntüleme işlemlerinin önemi bilinmektedir.

Medikal görüntüleme yöntemlerinin kullanımındaki artış sağlık hizmetlerinin kalitesinde de artışa sebep olmuştur; ancak artan bu uygulama miktarı ile orantılı olarak artan bir tıbbi radyasyon maruziyeti de söz konusu olmaktadır.

Başta bilgisayarlı tomografi (BT) olmak üzere tanısal radyoloji tetkiklerinin çeşitliliğinde ve ulaşılabilirliğinde artış olması beraberinde iyonizan radyasyon içeren bu tetkiklerin kullanımında da yaygınlaşmayı getirmektedir [1, 2]. Bu artış özellikle hızlı karar verme, tanı koyma ve tedavi planlama baskısı altında çalışılan; sıklıkla iş yükü yoğunluğu yaşanan acil kliniklerinde belirgindir [3, 4]. ABD’de uygulanan BT sayısı 1980’de yaklaşık 3.6 milyon iken 2006’da 62 milyona ulaşmıştır [2].

Minör kafa travmalı hastalarda uygulanmış olan kranial BT’lerin Kanada Kafa Travmasında BT Kriterleri’ne uygunluğunu retrospektif olarak inceleyen bir çalışmada, çoğunluğu genç hastalarda olmak üzere hastaların %37,3’ünde gereğinden fazla BT inceleme gerçekleştirildiği ortaya konmuştur [5].

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) verilerine göre Türkiye’de her 1000 kişiye ortalama 2 hekim düşmektedir [6]. Yine OECD verilerine göre 2013-2016 yılları arasında her 1000 kişiye düşen BT uygulama sayısına bakıldığında ilk sırada 253,8 ile ABD; son sırada ise Finlandiya (34,2) olup Türkiye 174,8 oranı ile ilk on ülke arasında yer almaktadır [7].

Günlük hasta başvuru sayısı 1000 ve üzerinde olabilen yoğun acillerde, malpraktis kaygısı altında, doğru ve hızlı tanı koyma gerekliliği içinde çalışan hekimlerin defansif tıpa eğilimli olması “bir şey atlamayayım” düşüncesi ile kimi zaman gereğinden fazla tetkik yapmaya yönelmesi maalesef şaşırtıcı değildir. Günlük hayatta maruz kalınan

yapay radyasyonun büyük kısmı tanısal ve tedavi amaçlı tıbbi kullanım kaynaklı oluşmaktadır [8, 9].

Acil serviste görüntülemeler hızlı tanı koymanın yanında önemli ve hayatı tehdit edici durumların ayırıcı tanısının yapılmasında da anahtar bir role sahiptir. Dahası, tanı koydurucu pozitif görüntülemelerin yanında şüpheli serebral enfarktta trombolitik uygulanabilmesi için hemoraji ekartasyonu gerekliliği vb. pek çok durumda belirli bir tedavinin uygulanabilmesi için negatif görüntüleme ile tanı ekartasyonu gerekliliği olabilmektedir [10].

Acil hekimlerine hızlı ve doğru tanısal bilgi sağlaması nedeni ile son yıllarda acil servislerde BT kullanımı giderek artmaktadır. Ancak ileri görüntüleme kararı alacak olan hekimin bu kararında BT ile ilişkili potansiyel kanser riskini mutlaka göz önünde bulundurması gerekir. Yapılan çalışmalara göre popülasyonda BT ile ilişkili malignite yükü tüm kanserler için %0,4-2 aralığındadır. Hastaların genel olarak bu risklerin farkında olmadığı ve BT ile ilişkili risklerin hekimleri tarafından kendilerince yeterince açık anlatılmadığını düşündükleri bildirilmiştir [11].

EURATOM yönergesi uyarınca tıbbi radyodiagnostik ve radyoterapötik işlemlere maruz kalacak hastaların uygun korunmasını sağlayabilmek için tıbbi maruziyet ile ilişkili tüm sağlık profesyonellerinin görev ve sorumluluklarının net bir şekilde tanımlanması yanında yüksek seviyede yeterliğe sahip olmaları esastır [12].

Tanısal işlemlerde kullanılan iyonizan radyasyon yaşam boyu atfedilebilir kanser riskine görüntülenen bölge, kullanılan frekans ve maruziyet başına düşen doza bağlı olarak katkıda bulunur [10]. Artan radyasyon maruziyeti ile ilişkili riskler göz önüne alındığında bu tetkiklerin yeterli eğitimi olmayan profesyonellerin elinde kontrolsüzce kullanılması hastalara yarardan çok zarar verebileceği açıktır. Yapılan çalışmalara göre radyografik görüntülemeler ile ilişkili kanser riski yadsınamaz [13]. Ancak hastalar, hasta yakınları, sağlık çalışanları ve çeşitli branş hekimleri ile yapılan çalışmalar göstermiştir ki toplumda ve sağlık profesyonelleri arasındaki radyasyon farkındalığı oldukça düşüktür [14–16].

Tıbbi ışınlamaların zararları konusunda sağlık çalışanlarının radyasyon farkındalığını araştıran çalışmalar acil servis doktorları özelinde de radyasyon farkındalığının düşüklüğünü ve hastalara radyasyon riski ile ilişkili yetersiz ve yanlış tavsiye verildiğini

göstermektedir [10]. Günlük pratikte medikal görüntülemeye en sık başvuran branşlardan biri acil tıp olmakla birlikte acil servislerde çalışmakta olan hekimlerin radyasyon farkındalığı ve bilgi düzeyini inceleyen çok az çalışma mevcuttur. Acil servis hekimlerinin radyasyondan korunma farkındalığını ve hasta radyasyon dozu ve riskleri ile ilgili bilgi düzeyini araştıran bilimsel çalışmalar da farkındalık ve bilgi düzeyinin düşük olduğunu göstermektedir [17].

Bu bağlamda düşünüldüğünde acil servislerde çalışan hekimlerin radyasyon farkındalığının artırılması büyük önem taşımaktadır ancak literatürde acil servis hekimlerine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ülkemizde ise bildiğimiz kadarı ile bu çalışma öncesinde acil hekimlerine yönelik yapılmış yalnızca iki çalışma bulunmaktadır [18, 19].

Atçı ve ark. nöroşirürji ve acil branş hekimleri ile pratisyenlerde toplam 100 katılımcıya ALARA prensibi özelinde radyasyon güvenliği farkındalığını belirlemeyi amaçlamıştır. Katılımcılar BT kararını vermede endikasyonsuz hastada hasta talebi, acil servis yoğunluğu nedeni ile nörolojik muayenenin henüz yapılamamış olması gibi faktörleri dikkate aldıklarını belirtmiş; radyasyon farkındalıklarının düşük olduğu ortaya konmuştur [19].

Günalp ve ark. ise bir üniversite acil servisinde çalışanlarda radyasyon farkındalığının ölçülmesi amacı ile 100 intörn, 100 röntgen teknisyeni, 100 asistan (branşlara göre: 10 acil tıp , 10 radyoloji, 40 genel cerrahi ve 40 iç hastalıkları) ile bir çalışma yürütmüş ve radyasyon farkındalığını tüm gruplarda düşük bulmuştur [18].

Bu çalışmada ülkemizdeki acil servislerde çalışan hekimlerin radyasyondan korunma farkındalıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. RADYASYON

Radyasyon kelimesi ışık yaymak anlamına gelmektedir ve madde içinde soğurulan ve transfer edilen; maddenin kendiliğinden veya çevreden aldığı enerji etkisiyle dış ortama parçacık veya foton yapısında dalga türü enerji yayım ve aktarımını ifade eder [20–22].

Işık enerjisi ise foton hareketleri ile oluşur. Işık enerjisini, elektromanyetik dalgaların ışık spektrumu gösterir. Radyo dalgaları (AM, FM, TV), mikrodalgalar, X- ışınları vb. Işık enerjisi örnekleridir [23].

1895'te Alman fizikçi Wilhelm Conrad Roentgen "X-ray" olarak tanımladığı radyasyonu kullanarak insan bedeninin içine bakılabileceğini keşfetmiştir. Roentgen 1901 yılında insanlığa katkıları için ilk Nobel fizik ödülüne layık görülmüştür. Bu keşiften günümüze değin de radyasyonun tıbbi kullanımı artarak devam etmektedir [8].

Roentgen'in keşfini takip eden yıl içinde Henri Becquerel adlı Fransız bilim insanı uranyum içeren minerallerle birlikte çekmeceye konmuş olan plakların radyasyondan etkilendiklerini tespit etmiştir. Bu spontan enerji salınımı radyoaktivite olarak tanımlanmaktadır. Radyoaktif bir maddenin belirli bir zaman aralığındaki bozulma miktarını ifade eden aktivite birimi Becquerel (Bq) adını bu bilim insanından almaktadır. Marie Sklodawska Curie ise radyoaktivite sözcüğünü ilk kullanan kişi olup eşi Pierre Curie ile birlikte uranyumun ışımaya yaptıkça farklı elementlere dönüştüğünü bulmuş ve bu elementleri "polonyum" ve "radyum" olarak tanımlamıştır. Marie Curie bu alandaki çalışmaları ile 1903 yılında eşi Pierre Curie ve Becquerel ile birlikte Nobel fizik ödülünü paylaşarak Nobel alan ilk kadın olmuş, 1911 yılında ise radyasyon kimyası alanında çalışmaları ile ikinci Nobel'ini kazanmıştır. Kızları Irene Joliot Curie ise önceleri kararlı olan elementlerin radyoaktif hale getirilebileceğini 1934 yılında göstermiş ve yapay radyoaktiviteyi keşfetmiştir. Takiben yapay radyoaktiviteye sahip birçok madde oluşturulmuştur [8, 23].

Bu bilim insanlarının arayışı temelde atom ve yapısını anlamak içindi. Bugün biliyoruz ki atomlar negatif yüklü elektron bulutları ile çevrili pozitif yüklü çekirdeklere sahiptirler. Bu çekirdekler boyut olarak çok küçük olsalar da yoğunlukları nedeni ile atom ağırlığının

tamamına yakınına oluşturmaktadırlar. Çekirdekte pozitif yüklü protonlar ile yüksüz nötronlar birbirine sıkıca kenetli halde bulunur ve atomlar proton sayılarına göre sınıflanmaktadırlar.

Bir atomun proton sayısı atom numarasını; proton ve nötronların toplamı ise kütle numarasını ifade eder. Atomların çekirdeklerini meydana getiren proton ve nötronların birbirine olan oranı, hafif elementlerde 1 iken, ağır elementlerde nötronlar lehine artış başlar ve ilerledikçe de çekirdek içindeki kararlılık tamamen bozulur. Atomların kimyasal özellikleri, yörüngedeki elektronların durumuna bağlıdır. Bu neden ile elektron dizilişleri eşit olan atomların tüm kimyasal özellikleri de aynıdır.

Dengeli atomlarda proton sayısı ile elektron sayısı birbirine eşit olduğundan çekirdeklerinde eşit sayıda proton bulunduran atomlar, nötron sayıları farklı bile olsa aynı kimyasal özellikleri taşır. Eşit sayıda protona sahip (atom numarası aynı) ancak farklı sayıda nötrona sahip (kütle numarası/ atom ağırlığı farklı) atomlar izotop olarak tanımlanır. Bir elementin farklı sayıda izotopu olabilir ve bir elementin bütün izotopları aynı kimyasal özellikleri taşır. Ancak; izotopların fiziksel özelliklerini nötronların sayısı belirlediğinden, izotopların fiziksel özellikleri farklıdır. Doğal elementlerin atom numaraları arttıkça, izotop sayıları da çoğalmaktadır. Bazı izotoplar radyoaktif olmadığı halde, bazı izotoplar radyoaktiftir, bunlar “radyoaktif izotop” adını alır. Aynı elementin doğal ve yapay radyoizotopu aynı özellikleri taşır [20, 21, 23].

2.1.1. Radyoaktif Bozunma ve Yarı Ömür

Kimi elementler doğal olarak kararlı halde iken kimileri kararsızdır. Kararsız atomlar kararlı hale gelebilmek için spontan dönüşümler ile enerji salınımları gerçekleştirebilir. Bunun temelinde çekirdekdeki nötron sayısı proton sayısını aştıkça çekirdeğin kararsız konum kazanması ve bu tür kararsız çekirdeklerin kararlı hale geçebilmek için, üzerlerindeki fazla enerjiyi boşaltma ihtiyacı duyması vardır. Kararsız çekirdeklerin kararlı hale geçmesi, çekirdeğin bozularak çevreye partikül (parçacık) veya foton yapısında enerji salınımı ile mümkün olmaktadır. Kararsız çekirdeklere “radyoaktif çekirdek (radyonüklid)” veya “radyoizotop” denir. Kararsız çekirdekler kararlı hale geçinceye kadar kendilerine özgü aktif radyasyon yayarlar. Kararsız haldeki bu çekirdeklerin kararlı hale geçebilmek için bozunma süresince çevreye ışın yayması olayına, “radyoaktivite” denir. Radyoaktif parçalanmanın durması için kararsız çekirdek

yapısının kararlı hale geçmesi şarttır. Kararlı hal sağlanana dek radyoaktif parçalanma (bozunma) olayı hiçbir şekilde kontrol altına alınmaz ve değiştirilemez [20, 21].

Aktivite, birim zamanda bozulan atom sayısını ifade eder ve her radyoaktif elementin kendine özgü bir aktivitesi mevcuttur. Yarı ömür (yarılanma süresi) ise radyoaktif maddenin yarıya inmesi için geçmesi gereken süredir; fiziksel, biyolojik ve etkin (efektif) yarı ömür olmak üzere farklı şekillerde ifade edilebilir.

“Fiziksel yarı ömür” radyoaktif maddelerin bozunarak başlangıç durumunun yarısına inmesi için geçen süredir. Fiziksel yarılanma süresi uzadıkça, birim zamanda yayılan radyoaktivite miktarı azalmaktadır bu nedenle kısa yarılanma ömrüne sahip maddelerin radyoaktiviteleri daha yüksektir. “Biyolojik yarı ömür” vücuda alınmış olan radyoaktif madde miktarının yarısının vücut dışına atılması için geçen süreyi ifade eder. “Etkin (efektif) yarı ömür” ise vücuda verilmiş olan radyoaktif madde miktarının yarısının fiziksel ve biyolojik yarılanma ömürlerinin etkisiyle aktif halde vücutta kaldığı süreyi tanımlar.

Örneğin bir radyoizotopun biyolojik yarı ömrü kısa ise fiziksel yarı ömrü ne kadar uzun olursa olsun, vücuttan daha kısa sürede atılacağı için maruziyet daha kısa olacak ve etkisi görece daha kısa sürede kaybolacaktır. Dolayısı ile yaydığı radyoaktivite yüksek olsa da maddenin vücutta kalma süresi kısılacağı için sağlığa vereceği zarar da kısmen azalmaktadır [20].

2.2. RADYASYON BİRİMLERİ

İyonizan radyasyonun tanısal ve tedavi edici tıp alanında kullanılmaya başlanması ile radyasyon ölçümlerine ihtiyaç duyulmuş ve radyasyon ile ilgili sınırlayıcı birimler geliştirilmiştir. Bu birimlerden ilk olarak 1928 yılında Röntgen (R) tanımlanmıştır ancak 1986 yılından sonra, Uluslararası Birim Sistemi (SI) kullanılmaya başlanmıştır. Bugün ise yeni birimler geçerlidir. Geleneksel ve yeni SI birimleri Tablo I’de verilmiştir [23].

Tablo I. Radyasyon ile ilgili eski ve güncel birimlerin birbirlerine dönüşüm değerleri

Fiziki Büyüklük	Eski Birimi/Sembolü	Yeni Birimi/Sembolü	Dönüşüm Değerleri
Radyoaktivite Şiddet Birimi	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)	1 Ci = 3.7x10 ¹⁰ Bq 1 Bq = 2.7x10 ⁻¹¹ Ci
Işınlama Birimi	Röntgen (R)	Coloumb/kilogram (C/kg)	1 R = 2.58x10 ⁻⁴ C/kg 1 C/kg = 3876 R
Soğurulan Doz Birimi	Rad (rad)	Gray (Gy)	1 Rad = 0.01 Gy 1 Gy = 100 Rad 1 Gy = 100 cGy
Biyolojik Doz Birimi	Rem (rem)	Sievert (Sv)	1 Rem = 0.01 Sv 1 Sv = 100 Rem 1 Sv = 1000 mSv
Radyasyon Şiddeti Birimi	Röntgen / Saat (R/s)	Gray / Saniye (Gy/sn)	1 R/s = 2.425 Gy/sn 1µGy/sn=0.4124 R/s

2.2.1. Radyoaktivite Şiddet Birimi

Radyoaktivite şiddet birimleri Becquerel (Bq) ile Curie (Ci)'dir. Curie; saniyede 3.7 x 10¹⁰ çekirdeğin parçalandığı bir maddede radyoaktivitenin şiddeti 1 Ci'dir. Doğal radyoizotop olan Radyumun 1 gramının 1 saniyelik radyoaktivitesinin ölçümüne 1 Ci denmiştir ve bunun da 3,7 x 10¹⁰ parçalanma/sn değerine karşılık geldiği bulunmuştur.

Radyoaktivite şiddetinin SI'ye göre yeni birimi Becquerel(Bq)'dir. Saniyede 1 çekirdeğin parçalandığı bir maddede radyoaktivite şiddeti 1 Bq'dir. Becquerel- Ci dönüşüm katsayıları Tablo I'de gösterilmiştir [20, 21, 23].

2.2.2. Radyasyon Enerjisi Birimi

Bir elektronun vakum içerisinde ve 1 voltluk (V) potansiyel farkına sahip bir elektriksel alanın etkisi ile hızlandırıldığında kazandığı kinetik enerji Radyasyon enerjisidir. Birimi elektronvolt (eV)'tur. eV çok küçük değerlerde bir enerji birimidir ve bu sebeple genellikle ifade edilirken kilo elektronvolt (keV = 103 eV) veya mega elektronvolt (MeV = 106 eV) şeklinde kullanılır. $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule (J)}$ formülü radyasyon enerjisinin dönüşümünde kullanılır [21, 23].

2.2.3. Radyasyon Şiddeti Birimi

X-ışını ya da γ -ışını kaynaklarının, kaynağın 1 metre uzağında yarattıkları radyasyon şiddetine radyasyon şiddeti birimi denilir. Birimi, 1 metrede Röntgen/saat (R/s) ya da 1 metrede Gray/saniye (Gy/sn)' dir. Bu birimler $1 \mu\text{Gy/sn (mikrogray/sn)} = 0,4124 \text{ R/s}$ veya $1 \text{ R/s} = 2,425 \text{ Gy/sn}$ formülleriyle birbirine dönüşebilir. X-ışını kaynağının, 1 m uzağında yarattığı radyasyon şiddeti, cihazların yapısına ve o andaki miliamper (mA) ve kV değerlerine bağlı olmakla beraber Genelde X-ışını cihazları, radyoizotoplara göre daha yüksek radyasyon çıkışına sahiptir [20, 21, 23].

2.2.4. Radyasyon Alan Şiddeti Birimi

Birim alanda maruz kalınan radyasyon miktarına “radyasyon alan şiddeti” denir. Geleneksel birimi Röntgen/saat (R/s), SI'ye göre olan birimi ise Coloumb/kilogram/saniye (C/kg/sn)' dir [21, 23].

2.2.5. Işınlama Birimi

3 MeV' a kadar olan X-ışınları ya da γ -ışınları için tarif edilmiştir ve bu radyasyonların havada meydana getirdikleri iyonlaşmanın ölçüsünü ifade etmektedir. İlk kez 1928 yılında tanımlanmıştır. Röntgen (R) ile ifade edilmektedir. 0°C , 760 mm Hg basınç altında (Normal şartlar altında, NŞA) 1 cm^3 havada (0,001293 gr), 1 elektrostatik yük birimi oluşturan (1 elektrostatik ünite= $2,08 \times 10^9$ iyon çiftidir) γ ya da x-ışını miktarı 1 Röntgen' dir.

Röntgen birimi, SI'ye uymadığından Coulomb/kilogram (C/kg) şeklinde yeni bir birim tarif edilmiş olup bu birime göre ışınlama birimi; NŞA' da 1kg hava içinde, 1 Coulomb'luk elektrik yüküne eşdeğer iyon çifti oluşturan x veya γ - ışını miktarıdır. Bu iki birimin birbirine $1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$ veya $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ hava formülü ile dönüştürülebilir [21, 23].

2.2.6. Fiziki Doz Birimi (Soğurulan Doz Birimi)

Soğurulan radyasyonun belirlenmesi için radyasyon absorpsiyon dozu veya soğurulan doz olarak bilinen geleneksel “rad” birimi tanımlanmıştır. Rad, bir ışınlama sırasında, ışınlanan maddenin 1 gramının absorbe ettiği enerji 100 erg ($6.2 \times 10^{-7} \text{ MeV}$) olduğunda alınan dozdur. Rad'ın SI'ye göre olan birimi ise Gray (Gy)'dir. Bir ışınlama esnasında, ortama 1 Joule/kilogram (J/kg) enerji aktaran radyasyon dozuna Gray denir. Birimlerin birbirlerine dönüşümü, $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ erg} = 100 \text{ rad}$ denkliği ile gerçekleşir.

Bir R'lik X veya γ -ışınına maruz kalan hava 0,88 rad, canlı doku ise 0,98 rad'lık radyasyon soğurur. Röntgen tanımlanırken radyasyon cinsi olarak X ya da γ -ışınları, ortam olarak da hava ifade edilmiştir. Bu yüzden de R birimi yalnızca yukarıda ifade edilen türdeki ışınların ve bu ışınların sadece havadaki iyonlaştırıcı etkilerini kapsar. Alfa ve β -ışınları için R birimi kullanılamaz ve hava dışındaki ortamlarda radyasyon dozu olarak R biriminin ifadesi anlamlı olmaz. Gy ve rad birimleri ise tanımlarında radyasyon cinsi ve belirli bir ortamdan söz edilmediği için her ortamda ve her türlü radyasyonun soğurulma dozu hesabında kullanılabilir [21, 23].

2.2.7. Biyolojik Doz Birimi

Radyasyonun canlı dokularda soğurulan miktarını ifade etmek için “biyolojik doz birimi” kullanılır. Radyasyonun biyolojik etkisi radyasyonun cinsine ve diğer bazı faktörlere bağlıdır. Bu nedenle radyasyonun canlı dokular üzerindeki etkilerini belirlemede kullanılacak doz birimi tüm faktörleri içermelidir. Kalite faktörü (KF) veya rölatif biyolojik etkinlik (RBE) başlıkları altında tüm bu faktörler toplanmıştır. “Roentgen equivalent of man” sözcüklerinin baş harflerinden oluşturulmuş “rem” biyolojik dozun geleneksel birimi olup rad ile KF'nin çarpımından oluşur. Rem'in SI sistemdeki birimi ise sieverttir (Sv) ve gray (Gy)'in KF veya RBE ile çarpımından elde edilir. Değişik radyasyon çeşitlerine, KF olarak değişik sayısal değerler biçilmiştir. Bu amaçla X-ışınının

kalite faktörü 1'dir, diğer radyasyonların RBE değerleri ise olası en kötü zararlı etkilerinin, X-ışınlarıyla kıyaslanmasına göre belirlenmiştir. Buna göre γ ve β -ışınlarının KF'si, bu ışınların biyolojik etkileri x-ışını ile aynı kabul edilerek 1 katsayısı verilmiştir. Buradan hareketle yavaş nötronların katsayısı 4-5, enerjisi 2 MeV olan hızlı nötronların ve protonların katsayısı 10, α -ışınlarının katsayısı ise 20 ile gösterilmiştir. Bu durumda x-ışınları için biyolojik doz birimi, KF değeri 1 olarak kabul edildiğinden fiziksel doz birimi ile eşitlik göstermektedir. Yani:

$$Sv = 1 \times Gy \text{ (Sv = Gy) ya da rem = 1 \times rad (rem = rad)}$$

Bu birimlerin birbirine dönüşümü ise:

$$1 Sv = 100 \text{ rem veya } 10 \mu\text{Sv} = 1 \text{ mrem şeklinde dir [21, 23].}$$

2.3. RADYASYON ÇEŞİTLERİ

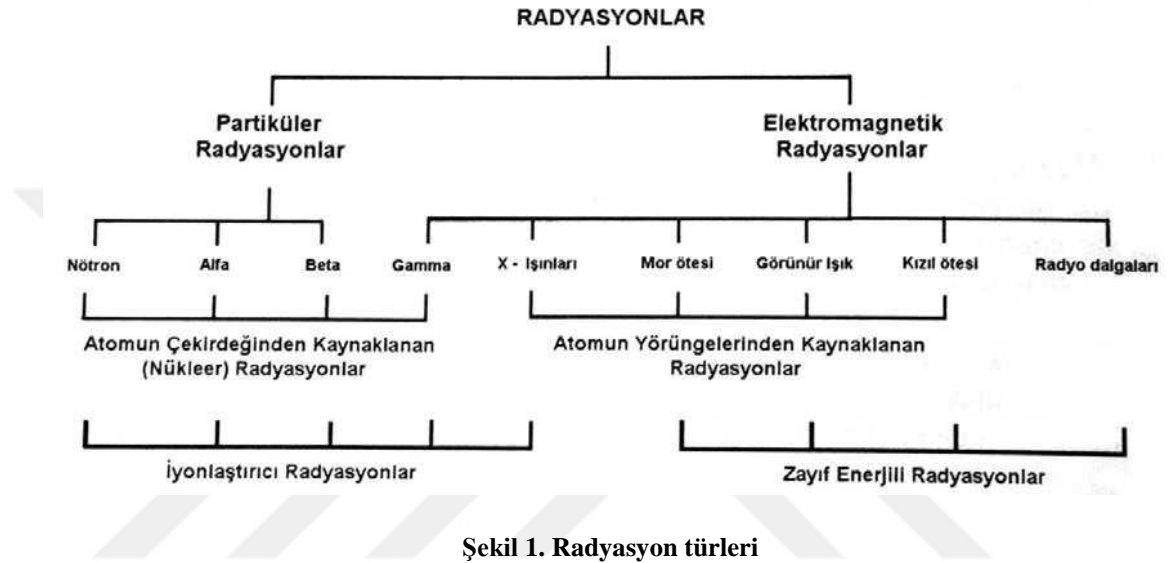
Rutherford 1897 yılında bazı ışınların diğerlerinden daha penetran olduklarının farkına varmış ve penetrasyon derecelerine göre radyasyonların farklı enerjili ve birden fazla türde olabileceğini ileri sürmüştür. 1899'da ise değişik araştırmacılar tarafından, 1897 yılında Thomson'un keşfettiği katot cisimcikleri ile yaklaşık olarak aynı yüklü ve manyetik alanda saptırılabilen ışınlar tespit edilmiştir [23].

Radyasyon yayılırken önüne çıkan atom veya moleküllerle çarpışır. Bu bağlamda, radyasyon fotonu yeterli enerjiye sahipse çarptığı atomdan minimum bir elektron kopartır. Böylece en az bir elektronunu kaybetmiş olan atom iyonize hale gelir ve bu radyasyonlara iyonize edici (iyonizan) radyasyon denilir. Bu grup, radyasyon ailesinin yüksek enerjili grubunu oluşturur. İyonlaşma yaratma yeteneği göstermeyen radyasyonlar ise zayıf enerjili radyasyonlar grubundadır [21, 23].

Kararsız atomların gerçekleştirdiği enerji salınımları maddesel ortamdan geçerken etkileştiği atomların elektronlarını yerinden çıkarabilmekte ve böylelikle atomların yüklü hâle gelmesine (iyonize olmasına) yol açmaktadır. X-ışını, gama ışını gibi elektromanyetik ışınlarla kinetik enerjileri olan yüklü parçacıklar, ağır iyonlar ve serbest nötronlar gibi tanecik karakterli ışınımlar iyonize edici radyasyona örneklerdir.

Radyasyon, atomları iyonize etmeye yetecek enerjiye sahip değilse, iyonize edici olmayan radyasyon olarak isimlendirilmektedir. İyonizasyon sonucunda elektron kazanan ya da kaybeden atomlar yüklü hale gelecektir. İyonize edici radyasyon bu şekilde atomu yüklü hale getirebilecek enerjiye sahipken radyo dalgaları vb. iyonize edici olmayan radyasyonun böyle bir özelliği yoktur [8].

Şekil 1’ de radyasyon türleri ve enerji düzeyleri gösterilmektedir [23].



Şekil 1. Radyasyon türleri

Dalga boyları uzun ve enerjileri düşük olan ışınlar madde ile etkileştiğinde iyonlaşmaya neden olmaz. Işık spektrumunu oluşturan elektromanyetik dalgalar (renkler) ile kızılötesi bölgede yer alan elektromanyetik dalgalar iyonlayıcı madde karakteri taşımamaları nedeni ile iyonlayıcı ışınların sebep olduğu biyolojik zararlara yol açmaz [20].

Madde ile etkileştiğinde, iyonlaşmaya neden olan radyasyonlar madde yapısında olabildiği gibi foton (enerji taneciği) yapısında da olabilir. Alfa, beta (pozitron ve negatron) ve nötron ışınları ile katot ışınları ve hızlandırıcı sistemlerde enerji kazandırılan elektron demeti madde yapısındaki iyonizan radyasyonların başlıcalarıdır. İyonlayıcı ışınlardan hem tıbbi görüntüleme hem de radyoterapi alanında geniş ölçüde yararlanılmaktadır. İyonlayıcı özelliğe sahip ışınlar, canlı organizmalar üzerinde somatik ve genetik biyolojik etkilerde bulunur. Bu nedenle tanısal ve tedavi amaçlı radyasyon uygulamalarında iyonlayıcı radyasyonlardan korunmalıdır [20].

İyonizan radyasyonlar elektromanyetik radyasyon ya da partiküler (korpüsküler) radyasyon yapısında olabilir. İki proton ve nötron salınımı alfa bozunumu; elektron salınımı ise beta bozunumu olarak tanımlanır. Salınan parçacıklar kararsız çekirdeği yatıştırmaya sıklıkla yeterli olmaz ve bunun sonucunda gama ışınları olarak tanımlanan elektromanyetik foton dalgaları şeklinde enerji patlamaları olur [8].

2.3.1. Partiküler (parçacıklı) Radyasyon

Alfa ve beta parçacıkları gibi elektriksel olarak yüklü olan ya da nötronlar gibi elektriksel olarak nötral olan hızlı hareket eden atomaltı parçacıklar ise partiküler radyasyon olarak tanımlanan bir başka radyasyon tipini oluşturur [24].

2.3.1.1. Alfa (α) ışınları

Alfa-ışınları, Rutherford tarafından 1899'da keşfedilmiştir. Esas yapıları ise bulunuşlarından yaklaşık on yıl sonra, Rutherford ve Royd'un ortak çalışmalarıyla anlaşılmuştur [23]. Bu çalışmalarda, α -ışınlarının yaydıkları radyasyon bakımından Helyum (He) atomunun çekirdeğine eşit olduğu görülmüştür. Çekirdek bağlanma enerjisi son derece kararlı olan ve bu nedenle tek bir parçacıkmiş gibi değerlendirilen He'un çekirdeği 2 proton ve 2 nötrondan oluşur ve pozitif yüklüdür [23, 25]. Hızları ortalama 16.000 km/sn'dir. Çekirdekten fırlatıldıklarında enerjileri 9 MeV'tur. α partikülleri doğal ve yapay radyoaktif maddelerden salınabilir. α partiküllerinin havada ve diğer maddeler içinde aldığı yol kısadır ve ince kağıt tabakalar tarafından da durdurulabilir niteliktedir. Hidrojenden dört kat daha ağırdır ve bu nedenle de penetrasyonları azdır. Yüksek derecede iyonlaştırıcı özellikte olduklarından tehlikeli ışınlardır. Vücutta deri tarafından tutulurken, bir şekilde solunum ve sindirim sistemlerine girdiklerinde zararlı etkileri çok daha büyüktür [23].

2.3.1.2. Beta (β) partikülü

Radyoaktif maddelerden salınan β -ışınları, genelde negatif yüklüdür ve proton ve nötron bulundurmaz. Kütleleri elektron kütlesine eşit olduğu için β -partikülü pratikte elektron vasfındadır. Nötron fazlalığı nedeniyle çekirdekten salındığında, klasik negatif yüke sahip olurlar ve negatron adını alırlar, çekirdekteki proton fazlalığı nedeniyle

salındıklarında ise pozitif yüklü olabilirler ve bunlara pozitron adı verilir. β^+ veya e^+ ile gösterilir. β -ışınları, α -ışınları ile kıyaslandığında daha hızlı ve daha penetrandır. Hızları 120.000-299.000 km/sn, enerjileri ise 0,01-5 MeV arasında değişir. Havadaki mesafeleri ise 70-80 cm civarındadır [21, 23].

2.3.1.3. Nötron (n) partikülü

Doğal radyoaktif maddelerin bazılarında kendiliğinden parçalanma sonucunda α , β , γ -ışınlarının dışında, elektriksel yükü bulunmayan ve kütleleri protonlara yakın nötron ($1n0$) salınımı olabilmektedir. Çekirdeklerin bu türden parçalanmalarına kendiliğinden fisyon denilir.

1932' de James Chadwick tarafından, hafif elementlerin α -ışınları ile bombardıman edilmesiyle ortaya çıkan reaksiyonun sonucunda, çekirdek yapısında yer alan nötronların oluştuğu bulunmuştur. Nötron enerjisi 0,03-12 MeV arasında değişir ve enerjilerine göre yavaş, epitermik, hızlı ve çok hızlı olmak üzere 4 gruba ayrılabilir. Yüksüz oldukları için oldukça giricidirler. Çekirdeğin yapısında yer alıyorsa ömürleri açısından bir sınırlama bulunmaz ancak serbest halde bulduklarında yarılanma ömürleri yaklaşık 11,7 dakikadır [21, 23].

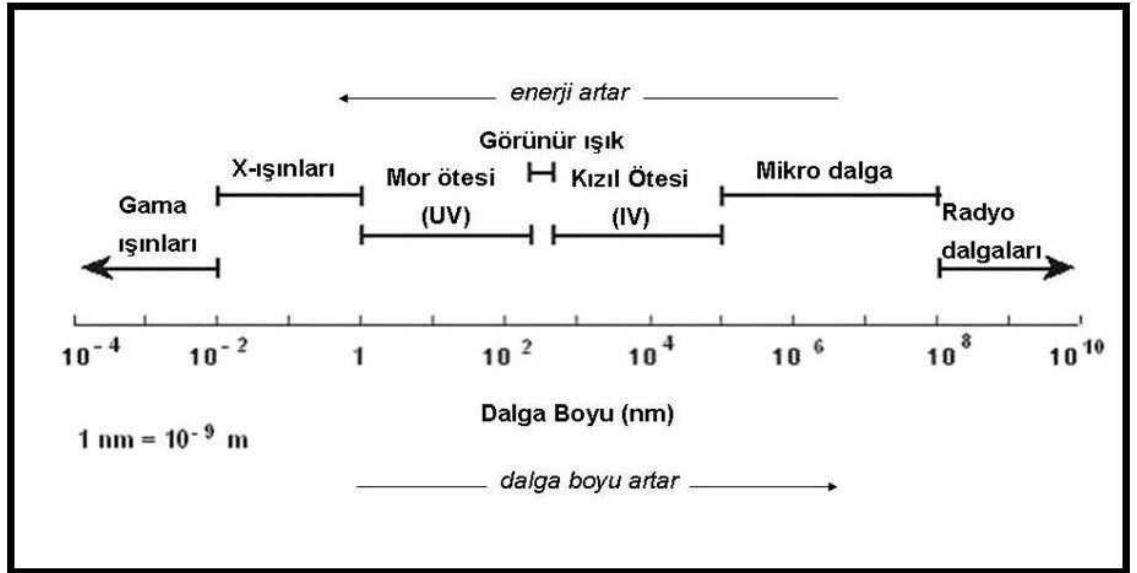
2.3.2. Elektromanyetik Radyasyon

Elektromanyetik radyasyon kütlesi ya da elektriksel yükü olmayan bir enerji formu olup dalga halinde yayılır. Işık, kızılötesi ışınım, x-ışınları ve gama ışınları bu tip radyasyonun örnekleridir. X-ışınları genellikle metal bir hedefin vakumlanmış bir tüpteki elektronlarla bombardımana tutulması ile üretilir. Atomun çekirdeğinden kaynaklanan gama ışınları x-ışınlarına benzer özellik göstermektedir ama genelde daha enerjiktirler [24].

Elektromanyetik dalgaların dalga boyu ile frekansları ters orantılı, frekanslarıyla enerjileri ise doğru orantılıdır. Dolayısı ile elektromanyetik dalgaların dalga boyu kıaldıkça enerjileri artmaktadır. Radyasyonlar geçtikleri ortamlara enerji transfer eder. Elektromanyetik dalgaları oluşturan fotonlar ortamda ilerledikçe enerji kaybeder. Tüm elektromanyetik dalgalar havada ışık hızıyla (300.000 km/sn) ilerler [20].

Foton enerjisi, Planck tarafından 1913 yılında keşfedilmiştir. Planck araştırmaları ile enerji ve radyasyonun frekansı arasında direkt bir ilişki olduğunu göstermiş ve “ $E=h \cdot \nu$ ” eşitliği oluşmuştur. Formülde, E= enerji (eV), h= sabit (Planck sabiti ($6,627 \times 10^{-34}$ joule saniye)), ν =frekans olarak belirtilmektedir.

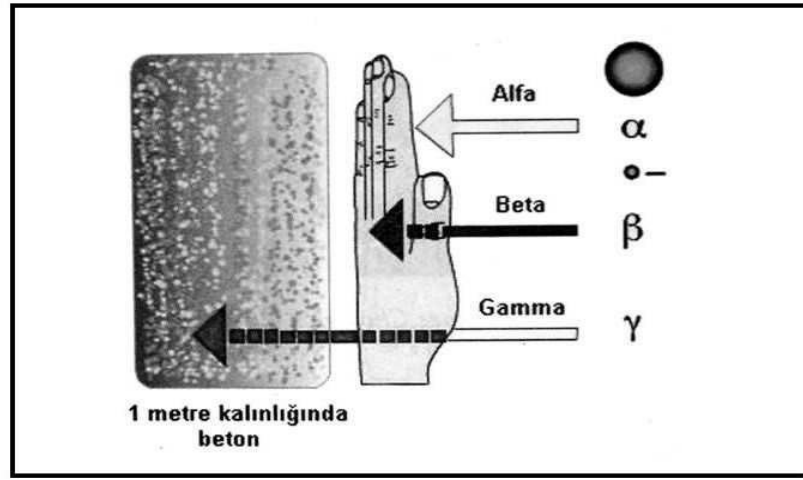
Bütün elektromanyetik dalgalar aynı hıza sahiptir ancak frekansları ile doğru, dalga boyları ile ters orantılı olan enerji seviyelerine göre bir spektruma sahiptirler. J. C. Maxwell tarafından tanımlanan ve elektromanyetik spektrum olarak adlandırılan bu dizilimde dalga boyu en yüksekten en dūřuđe, yani enerji seviyesi en dūřuktan en yūkseđe doğru elektrik dalgaları> radyo dalgaları> mikrodalgalar> kızıl ötesi (infrared)> görülebilir ışık> mor ötesi (ultraviyole)> x-ışınları> γ -ışınları yer sırasıyla yer almaktadır. Őekil 2’ de elektromanyetik spektrum gösterilmektedir [23].



Şekil 2. Elektromanyetik spektrum

2.3.2.1.Gama ışınları

Spektrum içindeki γ -ışınları, atomun çekirdeğinden kaynaklanan radyasyona örnek teşkil ederken, elektromanyetik spektrumda x-ışını ile kızılötesi ışık bölümleri arasında kalan ışınlar, atomun yörüngelerinden kaynaklanan radyasyonlara örnektir. X ve γ -ışınları, iyonizan radyasyon oluştururken, spektrumdaki diğer dalgalar iyonlaşma yeteneğinden yoksun zayıf enerjili radyasyon etkisi yaratırlar. γ -ışınları genel olarak x-ışınlarına benzer ancak x-ışınlarından daha penetrandır [20, 21, 23]. Şekil 3'te çeşitli radyasyon türlerinin penetrasyon dereceleri gösterilmektedir.



Şekil 3. Alfa, β ve γ -ışınlarının penetrasyon dereceleri

2.3.2.2.X-ışınları

İyonizan radyasyon içeren tanısal radyolojik tetkiklerin temelini x-ışınları oluşturur [4, 6, 9]. Wilhelm Conrad Röntgen, Crookes tüpünü indüksiyon bobinine bağlamış ve tüpten yüksek gerilimli elektrik akımı geçirmiştir ve tüpten oldukça uzakta durmakta olan cam bir kavanoz içindeki baryumlu platin siyanür kristallerinde birtakım pırıltılar oluştuğunu gözlemiştir; bu ışınlar da o tarihe kadar bilinmediği için X-ışınları adını vermiştir. Yine tüpten yüksek gerilimli akım geçirildiği zaman karşısındaki ekranda parıldamalar oluşturan ışınların farklı cisimleri, farklı derecelerde geçebildiği ancak kurşun plaklar tarafından tutulduğunu gözleyen Röntgen, eliyle tuttuğu kurşun levhaların ekrandaki gölgesini incelerken kendi parmak kemiklerinin gölgelerini de fark etmiş ve bunun üzerine, içinde fotoğraf plağı bulunan bir kasetin üzerine eşinin elini yerleştirerek parmak kemiklerinin ve yüzüğünün görüntüsünü elde etmiştir. Röntgen, tespitlerini ve bu

yöntemle elde ettiği görüntüleri ilk defa 28 Aralık 1895' te Würzburg Fiziksel Tıp Derneği' nde sunmuş olup, bu buluşla beraber ilk röntgen cihazları da imal edilmeye başlanmıştır. 1901 yılında ilk kez verilmeye başlanan Nobel Fizik Ödülüne de layık görülen W. C. Röntgen 1923 yılında 78 yaşında ölmüştür [21, 23, 26].

Ülkemizde ise x-ışınlarını ilk üreten kişi Galatasaray Lisesi fizik ve matematik öğretmeni Mösyö Izuar'dır. Mösyö Izuar, cüzdanı içindeki metal paraları x-ışınları kullanarak görüntülemiş, ayrıca 11 yaşındaki oğlunun el grafisini de elde etmiştir. Yaklaşık aynı sıralarda, fotoğrafçı Halit Bey benzer bir yöntemle kurşun kalem içindeki kurşun kırıklarını görüntülemiştir. Ülkemizde x-ışınlarının tıp alanında kullanılması 1896 yılına dayanmaktadır. Mülkiye-i Tıbbiye (Askeri Tıp Mektebi) mezunu Dr. Yüzbaşı Esad-Feyzi asistanı olduğu fizik bölümünde, Crookes tüpü ve Ruhmkoff bobini kullanarak arkadaşları ile beraber gerçekleştirdiği deneylerle ilk radyografileri elde etmiştir [23, 26].

Esad Feyzi' nin çalışmaları sonucunda Dünya Tıp Tarihinde bir ilk olarak ateşli silah yaralanmasına maruz kalmış yaralı askerlerdeki kurşunlar, çekilen radyografiler ile tespit edilmiştir [23].

Standart bir x-ışını tüpü 23-30 cm uzunluğunda ve 15 cm genişliğindedir. Modern tüplerde genellikle yüksek ısıya dayanıklı silindir şeklinde imal edilmiştir. Tüp içinde oluşacak yüksek ısının kompanzasyonu bakımından da anot diski, bakır bir sapa monte edilmiş, cam ile izolasyon tabakası arasına yağ konulmuştur. Tüp bütünü ile bu yağın içinde olup bakır gövde, içerisinden su veya yağ geçirilerek soğutulmaktadır. Yağ, aynı zamanda katot ile anot arasında kısa devreyi önler ve tüpün soğumasına yardımcı olur. Tanısal radyoloji açısından yalnız belirli bir amaçla gönderilen ışınlar yararlı olacağı için x- ışınlarının yalnızca pencere kısmından tüpü terk etmesi amaçlanır. Bir tüpte 5 cm kadar pencere denilen ve x-ışınlarının tüpü terk ettiği daha ince bir cam bölge bulunur. X-ışını tüpü, pencere açıklığı hariç, kurşundan yapılmış ve adına haube denilen bir korunağa yerleştirilerek izole edilmiştir. Buna rağmen, tüpten, çalışma esnasında, bir miktar x-ışını kaçağı olur; buna kaçak radyasyon denilir [21, 23, 26].

X-ışınları, havası boşaltılmış bu tüp içinde, yüksek gerilim altında ısıtılan katottan çıkan elektronların hızlandırılarak anota çarptırılması ile elde edilir. Katottan çıkan elektronlar anota çarptıklarında dururlar ve kinetik enerjileri başka enerji şekillerine dönüşür. Enerjinin korunumu prensibine göre, röntgen cihazlarında, bu enerjinin %99,8' i ısıya

dönüşür ve sadece %0,2'si hedef anot materyalinin atomları ile etkileşime girip x-ışınını oluşturur. Anota çarpan elektronlar farklı enerjili x-ışını demeti oluştururlar ve buna x-ışınının emisyon spektrumu adı verilir. Bu parabolik bir eğri şeklinde dağılır. X-ışınlarının sayısı ile enerjisinin fonksiyonu olarak da ifade edilebilen emisyon spektrumu, tüp akımı, tüpün potansiyel farkı, filtrasyon, anot materyalinin yapısı ve voltajın dalga şekli ile ilişkilidir. Tüp akımı ve tüpün potansiyeli arttıkça elde edilen x-ışını miktarı da artar [21–23, 26].

X-ışınlarının dalga boyları 0,04-1000 Ao (Angstrom) arasında değişebilir ancak tanınan alanda kullanılanları 0,5 Ao dalga boyundadır. Elde edildikleri enerji düzeyleri farklıdır, bu nedenle de aynı demet içinde farklı dalga boyunda x-ışınları bulunabilir. Bu bağlamda, x-ışınları heterojen bir ışın demeti şeklindedir ve polikromatik özellik gösterirler. X-ışınının ağırlığı yoktur ve manyetik alanda sapmazlar. X-ışınlarının şiddeti mesafeye bağlı olarak azalır. Noktasal bir kaynaktan çıkan x-ışını şiddeti mesafenin karesi ile ters orantılı olarak azalır. X-ışını, geçtiği ortamda iyonizasyona neden olduğundan bulunduğu ortamdaki hava negatif ve pozitif yüklü iyonlara dönüşür, böylece oksijen (O₂) radyasyon ile iyonize olur ve ozon (O₃) gazına dönüşür. Tahriş edici özelliği nedeniyle O₃ ortamdan uzaklaştırılmalıdır ve özellikle de zemine yakın bölgelerde yeterli havalandırma sağlanmalıdır. X-ışını gümüş tuzlarının kararmasına yol açar, bu özellik sayesinde röntgen filmlerinin çekimi sağlanmaktadır. X-ışınlarının floresans özelliği vardır ve bu özellikle floroskopik incelemelerin yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Maddeden geçerken x-ışınının bir kısmı soğurulur ve bir kısmı saçılıma uğrar. Saçılıma uğrayan kısım sekonder radyasyon olarak etkileşime devam eder. X-ışını biyolojik etkilere sahiptir bu nedenle çok güçlü X-ışınlarının canlı hücreleri yok etme özelliğinden de faydalanılmakta ve radyoterapide kullanılmaktadır. X-ışını kimyasal etkiye de sahiptir ve maddenin kimyasal yapısını değiştirebilir. Suda iyonlaşma sonucunda serbest radikaller oluşur. X-ışınının fotografik, floresans ve absorpsiyon özellikleri tanınan radyolojide kullanılmasını sağlayan temel özelliklerdir [22, 23, 25, 26].

2.4. RADYASYON KAYNAKLARI

Radyasyonun evrende doğal olarak var olduğu düşünülürse günlük hayatımızda farklı kaynaklardan daimî olarak radyasyona maruz kalmakta oluşumuz hayatın bir gerçeğidir.

Doğada var olan çok uzun ömürlü radyoaktif elementler normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen bir doğal radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır. Bu doğal düzey, nükleer bomba denemeleri ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımı ile geçtiğimiz ve bulunduğumuz yüzyılda artmıştır. Dünya üzerindeki tüm türler bu kaçınılmaz doğal arka plan radyasyonu varlığında gelişmiştir. Son yüzyıl içinde yapay radyasyon kaynakları da ortaya çıkmış olsa da maruziyetimizin %80'den fazlası halen doğal kaynaklardan gelmektedir. Geriye kalan %20'lik kısım ise tıbbi radyasyon uygulamaları başta olmak üzere insan yapımı yapay kaynaklarla oluşmaktadır [27].

Çevresel radyasyon radyoaktif maddelerin bir kısmı bedenimizi dıştan etkilerken; solunarak, yiyecek ve içecekler ile yutularak, ciltten ve yaralardan emilerek vücudumuza giren maddeler de içten etkilemektedir. İç ve dış maruziyet dozlarının yaklaşık eşit olduğu kabul edilmektedir.

Maruz kalınan doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü yaşanılan yer, yerin toprak yapısı, binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve yağmur, kar, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgâr yönü gibi hava şartları şeklinde birçok faktör belirler. Radyasyon kaynakları, yapay ve doğal olmak üzere iki sınıfa ayrılır [25].

UNSCEAR'a göre bir bireyin yıllık maruz kaldığı ortalama efektif doz 3mSv kadardır. Doğal kaynaklardan yıllık maruz kalınan doz ortalama 2,4mSv olup bunun üçte ikilik kısmı havada, yiyecekler ve içeceklerle alınan radyoaktif maddelerden gelir. Yapay kaynaklar arasında başlıca maruziyet kaynağı ise yıllık ortalama 0,62mSv'lik efektif doz ile tıbbi uygulamalardır. Bu oran UNSCEAR'a göre sanayileşmiş ülkelerde ortalama 1,9mSv; sanayileşmemiş ülkelerde ise 0,32mSv düzeyindedir. Ancak unutulmamalıdır ki tıbbi radyolojik maruziyet bölgeye, ülkeye ve sağlık sistemine göre değişmektedir. Örneğin ABD'de 3mSv, Kenya'da 0,05mSv düzeyindedir [8].

2.4.1. Doğal Radyasyon Kaynakları

Dünya gerek dış uzaydan gerekse yeryüzündeki radyoaktif maddelerden gelen radyasyona her zaman için açık olmuştur. Bu doğal kaynaklara maruziyetten kaçınmak mümkün değildir. Günümüzde kişi başına düşen yıllık ortalama efektif doz yaklaşık 2,4mSv olup bu miktar bireyin yaşadığı yere göre 1-10mSv aralığında değişebilmektedir.

Kaynaklar doğal olsa da maruziyet miktarımız ne yiyip içtiğimiz, nerede ve nasıl yaşadığımız gibi tercihlere göre şekillenmektedir [28].

Kozmik radyasyon ve yeryüzündeki kayalar ve toprakların yapısında bulunan radyoaktif elementlerin yaydığı radyasyon dış kaynaklı radyasyonlardır.

Kozmik ışınların büyük bir kısmı atmosferden geçiş aşamasında tutulur ancak az bir miktarı yerküreye ulaşmayı başarır. Yerküreden olan yükseklik arttıkça maruz kalınan kozmik ışın miktarı da artar. Günlük hayatta, kozmik ışınlar nedeniyle maruz kalınan radyasyon dozunun ortalaması 0.39 mSv/yıl'dır. Fosil yakıtlar içerdikleri doğal ve uzun ömürlü radyoaktif elementler nedeniyle, yakıldıklarında doğal radyasyon düzeyinde minimal bir artışa neden olur. Doğadaki kısa ömürlü radyoaktif elementlerin yaydığı γ -ışınları ile beraber topraktan maruz kaldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,46 mSv/yıl'dır [8, 25].

Yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin (Ra226) bozunması sırasında salınan radon gazı, doğal radyasyon düzeyini arttıran en büyük nedenlerden biridir. Ra226 bozunması sırasında oluşan diğer radyoaktif maddeler toprak içerisinde kalır ancak radon toprak yüzeyine doğru yükselir. Bu gaz, yayılmalar sonucu seyrelirse sorun oluşturmaz fakat, radon gazının yayıldığı yüzey üzerinde bulunan evlerde iyi bir havalandırma sistemi gereklidir. İçinde yaşadığımız binalar uygun şekilde havalandırılmadığında radon tuzaklanarak birikebileceği gibi binaların inşalarında kullanılan kimi yapı malzemeleri de radyasyon maruziyetini artıran radyonüklidler içerebilmektedir. Bu gazlar solunduğu zaman akciğerlere yerleşerek tüm dokuların radyasyona maruz kalmasına neden olabilir [8, 29].

İç kaynaklı radyasyon kaynakları organizmanın yapısında doğal olarak bulunan yahut yiyecek, içecek ve solunan hava yolu ile maruz kalınan potasyum-40, karbon-14, radyum-226 gibi radyoaktif izotopların yaydığı radyasyondur. İç kaynaklı radyasyon dozunun ortalaması yaklaşık 0,25 mSv/yıl'dır. Kabuklu yiyecekler daha fazla radyoaktif madde içerirler [8].

2.4.2. Yapay Radyasyon Kaynakları

Yapay radyasyon kaynakları da tıpkı doğal radyasyon kaynakları gibi belli miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalınmasına neden olur. Genellikle miktar doğal kaynaklardan alınan doza göre çok daha düşüktür. Doğal radyasyon kaynaklarının aksine tamamen kontrol altında olmaları da maruz kalınacak doz miktarı açısından önemli bir özelliktir. Tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan x-ışınları, yapay radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpintiler, nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ve tüketici ürünlerinde kullanılan bazı radyoaktif maddeler bilinen başlıca yapay radyasyon kaynaklarıdır [25].

İyonizan ışın kullanan tanısal radyolojik işlemler ise tıbbi radyasyonun en önemli kaynağı olmakla birlikte en büyük pay bilgisayarlı tomografidedir [2, 22, 30].

Şu an için dünya çapında takip edilebilen yaklaşık 23 milyon çalışan olduğu tahmin edilmekte olup bunların yaklaşık 10 milyonu yapay kaynaklara maruz kalmaktadır. Yapay kaynaklara maruz kalan her dört çalışandan üçü tıp alanında çalışmakta ve çalışan başına yıllık 0.5mSv efektif doz almaktadır [8].

2.5. RADYASYONUN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Radyasyonun olumsuz etkileri, x-ışınlarının tıbbi amaçlı kullanılmaya başlamasından kısa bir süre sonra bulunmaya başlanmış, 1902 yılında da x-ışınlarına bağlı ilk kanser vakası bildirilmiştir. X-ışınları haricinde; Radium, Uranyum, Polonyum gibi radyoaktif maddelerin bulunması, bunların kullanıldığı işlerde çalışan işçilerde ortaya çıkan ve geçmeyen el ve vücut yaraları cilt kanserleri ve hematopoetik sistem bozuklukları, esrarlı ölüm vakaları göstermiştir [21].

20. yy. radyasyon maruziyeti ile ilişkili risklerin farkına varılması ile birlikte radyasyonun insan ve çevre üzerine etkisinin derinlemesine araştırılmasına sahne olmuştur. α -ışını yayan torotrast kontrast maddesi anjiyografi için kullanıldığında, karaciğer kanseri ile; atom bombası lösemi ve solid kanserler ile; radyoterapi lösemi ve tiroid kanseri ile; postpartum mastitis için yapılan meme ışınlanması meme kanseri ile; tüberküloz tedavisinde iatrojenik pnömotoraks yapılan hastalarda yapılan akciğer floroskopileri akciğer kanseri ile ilişkilendirilmiştir. Radyasyonun keşfinden bu yana yüz yılı aşkın

süredir yapılan çalışmalarla radyasyonun sağlığı etkileyen biyolojik mekanizmaları üzerine çokça bilgi edinilmiştir. Radyasyonun hücresel düzeyde etki ederek DNA zincirinde doğrudan hasara yol açabildiği, hücre ölümü ve/veya modifikasyonu yapabildiği biliniyor. Hasarlanan ve/veya ölen hücre sayısı miktarının fazla olması durumunda organ yetmezlikleri, hatta ölüm gerçekleşebilmektedir. DNA’da oluşan hasar ölüme yol açmıyor ancak tamir de edilemiyorsa hücresel mutasyon olarak bilinen modifikasyonlara yol açabilmektedir [8, 31].

Radyasyondan korunma gerekliliğini bilinmiyorken uzun süreli radyasyon maruziyeti yaşayan Wilhelm C. Roentgen ve Marie S. Curie de dahil yüzlerce araştırmacı, bilim insanı ve hekimin radyasyonla doğrudan ilişkili sebeplerle ölmüş olması tesadüf değildir.

Radyasyon maruziyetine bağlı etkilerin çoğu temelde iki şekilde olur. Bunlardan deterministik etki (zararlı doku reaksiyonu) yüksek dozlarda radyasyon maruziyetini takiben hücrelerin ölmesi ya da hasarlanması ile oluşur. Sitokastik etkiler arasında ise maruz kalan kişide somatik hücrelerin mutasyonuna bağlı kanser indüksiyonu ve üreme hücrelerinde mutasyona bağlı olarak sonraki nesillerde gelişebilecek kalıtsal hastalıklar sayılabilir [32].

İyonizan radyasyonun insan sağlığına böylesine zararlar verebileceğinin anlaşılması üzerine Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi oluşturulmuştur. 1928 yılında faaliyete geçen komite, 1950 yılında Radyolojik Korunmada Uluslararası Komisyon (ICRP) adı altında yeniden şekillendirilmiş ve güncel halini almıştır. Bu komisyonun yaptığı çalışmalarda tanı ve tedavi amaçlı radyasyonun doza bağımlı etkileri olduğu ve sitokastik etkilere yol açtığı ve bu zararlı etkilerin oluşması için bir latent periyot geçmesi gerektiği bildirilmiştir [32, 33].

Radyasyon, vücudun her doku veya organı üzerinde farklı etkiler yaratır ve radyasyonun zararlı etkileri vücudun tümü veya bir bölümünün ışınlanmasına göre de değişiklik gösterir. Dokular radyosensitif, radyoresponsif ve radyorezistif özellik gösterebilir. Hücre tiplerinin radyasyon duyarlılığı farklı olup sık bölünen indiferansiye over ve testisin germinal hücreleri, hematopoetik sistem hücreleri, gastrointestinal sistem epitel hücrelerinin duyarlılığı fazla iken, bölünmeyen ve üst diferansiyasyon gösteren karaciğer, böbrek, kıkırdak, kas, sinir hücrelerinin duyarlılığı daha azdır. Bir sonraki nesle herediter

bilgi aktaracak üreme hücrelerinde değişiklik olması halinde genetik bozukluklar da gelişmektedir [22, 29].

Radyasyonun oluşturduğu biyolojik hasarda hem absorbe olan total enerji miktarı (doz) hem de ışının biyolojik hasar oluşturma etkinliği etkindir. Farklı tipte radyasyonların biyolojik hasar oluşturma etkisinin kıyaslanabilmesi için görece biyolojik etkinlik terimini kullanır [22].

Radyasyon maruziyetini takiben gelişen bulgular akut ve kronik sağlık etkileri şeklinde ikiye ayrılabilir. Erken etkiler genelde bireylerde klinik sendromun tanısının konması ile fark edilirken kronik etkiler popülasyondaki vaka artışlarının izlendiği epidemiyolojik çalışmalar ile tespit edilir. Kalıtsal etkilerin takibi için ise çocuklara, embriyo ve fetuslara yönelik takipler yapılması gerekmektedir. Biyolojik mekanizmalar ve kalıtılabilir etkilere dair bilgiler genellikle laboratuvar çalışmaları ile elde edilmektedir.

2.5.1. Erken Etkiler

Uzun zamana yayılmış küçük dozlardaki radyasyon, insanda kısa dönemde belirgin bir rahatsızlık tablosu veya hastalık belirtisi yaratmaz ancak ani ve yüksek doz ışınlama, ışınlanan vücut parçasına göre ölümle dahi sonuçlanabilen tablolar oluşturabilir. Ani doz kavramı Türkiye Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nde bir kişinin 50 mSv (5 rem) den fazla ani bir vücut dozu alması şeklinde tanımlanır ve bildirim zorunludur [34].

Erken etkiler hücre hasarı/ölümü ile ilişkilidir ve vücudun tamamının veya büyük bir bölümünün yoğun radyasyona maruz kalması ile gelişen akut radyasyon sendromu ya da cilt yanıkları, saç dökülmesi, fertilité kaybı vb. bölgesel radyasyon hasarlarını içerir. Genelde radyasyon kazalarını takiben ortaya çıkan bu deterministik etkilerin görülebilmesi için kısa sürede görece yüksek bir eşiğin aşılması gerekmektedir. Eşiğin ne kadar üstünde maruziyet söz konusuysa hasar da o kadar fazla olur. Çok büyük dozlardaki radyasyon, birkaç saat veya birkaç hafta içerisinde sağlık üzerinde zararlı etki gösterebilir ve ölümcül olabilir. 50Gy üstünde akut dozlarda santral sinir sistemi öyle kötü etkilenir ki birkaç gün içinde ölüm gerçekleşebilir [35].

8Gy altındaki dozlarda bile akut radyasyon sendromu olarak tanımlanan radyasyon hastalığının bulantı, kusma, ishal, karın ağrısı, dehidratasyon, ateş, baş ağrısı, tansiyon

düşüklüğü, bitkinlik, halsizlik, apati, terleme, salya artışı vb. bulguları izlenebilir. Akut terimi hemen maruziyeti takiben gelişen tıbbi sorunları tanımlamaktadır. Ancak ilk maruziyeti sağ atlatan kurban oluşan gastrointestinal sistem hasarı nedeni ilke birkaç hafta içinde hayatını kaybedebilir. Daha düşük dozlarda gastrointestinal sistem hasarı gelişmese de oluşacak kemik iliği hasarı nedeni ile birkaç ay içinde ölüm gerçekleşebilir. 2Gy'lik bir doza maruz kalan kişilerin yaklaşık yarısında üç saat içinde bulantı ve kusma gelişirken 1Gy ve altında dozlarda bu durum nadirdir.

Lenfositler radyasyon hasarına en duyarlı hücrelerden olup yüksek dozlarda radyasyon maruziyeti immün sistemi baskılayabilmektedir. Lenfosit miktarında azalma akut maruziyet sonrası radyasyon dozu hesaplamada erken bir belirteç olarak kullanılmaktadır [8].

2.5.2. Geç Etkiler

Düşük dozlarda maruz kalınan radyasyonun etkileri yıllar sonra ortaya çıkabilir. Sıklıkla karşılaşılan geç etkiler sitokastik etkiler olup radyasyon maruziyetini takiben hücresel genetik materyalde oluşan modifikasyonların bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Radyasyon maruziyet öyküsü bulunan kişilerde onarılamayan hasarlı hücrelerin giderek artması sonucu uzun süre sonra solid tümörler ve lösemiler ya da doğacak çocuklarında genetik değişiklikler izlenmesi bu duruma örnek gösterilebilir. Geç dönemde sonuçları izlenebilecek deterministik etkiye bir örnek ise yüksek doz radyasyon maruziyetini takiben yıllar sonra katarakt oluşumudur [27].

Doz artışı ile görülecek etkilerin şiddeti artmasa da görülme sıklığı artmaktadır. Radyasyon maruziyeti sonrası ortaya çıkan geç etkilerin anlaşılmasında epidemiyolojik çalışmalar önemlidir. Bu tip çalışmalar kanser gibi bir sağlık sorununun ortaya çıkışını istatistiksel yöntemlerle radyasyon maruziyet öyküsü olan ve olmayan popülasyonlarda karşılaştırır, maruziyet olan popülasyonda anlamlı artış izlenmesi radyasyon maruziyeti ile olası ilişkiyi düşündürür. Bu gibi çalışmalara en önemli örnek atom bombasından sağ kurtulanlarla yapılan uzun dönem çalışmalarıdır.

Günümüzde artan oranda kanser olguları görülmektedir. Radyasyon maruziyeti olmayan popülasyonlarda dahi her on kişiden dördünün yaşam boyu kanser gelişme ihtimali öngörülmekte olup maligniteler gelişmiş ülkelerde kardiyovasküler hastalıkları takiben

en sık ikinci ölüm sebebidir. Kanser gelişimi çeşitli basamaklara sahip karmaşık bir süreçtir; etkilenmiş tek bir hücre ile başlar ancak bu hücrenin malign hale gelmesi ve tümör oluşumu için bir dizi olay gerekir. İlk hasarı takiben uzun bir latent dönem sonrasında ortaya çıkar. Pek çok kanser tipi radyasyon maruziyeti sonrası onlarca yıl bulgu vermese de lösemi, tiroid ve kemik kanseri birkaç yıl içinde ortaya çıkabilmektedir. Kanser ve radyasyon maruziyeti arasındaki ilişkiyi ortaya koymada tıbbi radyasyon maruziyeti, mesleki maruziyet ve nükleer felaket yaşayan kişilerle yapılan çalışmalar oldukça önemlidir. Belirli radyasyon dozlarını takiben kanser gelişme olasılığını hesaplamak maruziyet limitlerini bilimsel bir temele dayanarak oluşturabilmek için çok önemlidir [8].

2.5.3. Hamilelik Döneminde Radyasyon Maruziyeti

Hamilelik döneminde radyasyon maruziyeti yaşanması fetüs için ciddi riskleri beraberinde getirir ve özel dikkat gerektirir. Maruz kalınan doz ve maruziyetin gebeliğin hangi aşamasında gerçekleştiği gibi faktörlere bağlı olarak embriyo veya fetüsün kaybına, ciddi hasarlara, zekâ geriliğine ve çocukluk dönemindeki kanser riskinin artmasına da neden olabilir. 15 yaşına kadar ölümcül kanser riskinin yaklaşık olarak $3,0 \times 10^{-2}$ Sv-1 veya Sv başına 30'da 1 ve toplam kanser riskinin de bu değer yaklaşık iki katı olduğu tahmin edilmektedir. ICRP, en hassas dönem olan 8-15 haftaları arasındaki ışınlanmada, eşik doz değeri olmadan, doğrudan doza bağlı olarak IQ'da (zekâ seviyesi) azalma olacağını ve Sv başına IQ'da 30 puanlık bir kaybı varsayar. Örneğin, hamileliğin bu döneminde fetüsün 5 mSv'lik dozla ışınlanmasının, IQ'da tespit edilemeyecek olan 0,15 puanlık kayba neden olacağını varsayar [27, 32].

2.6. RADYASYONDAN KORUNMA İLKELERİ

2.6.1. Gerekçeleştirme

ESR'ye göre gerekçeleştirme tıbbi radyasyon korunmasında en önemli basamaklardan biridir. X-ray görüntülemenin potansiyel etkilerinin anlaşılması ile radyasyon maruziyeti etkileri konusunda farkındalık yaratmak bu yönde atılacak ilk adım olmalıdır. Klinisyenler planladıkları tetkiklerin tanısal potansiyelini ve biyolojik etkilerini iyi

kavramalıdır. Buna dayanarak en uygun tanısal yolu seçerek belki de ultrason, MRG gibi alternatif görüntüleme yöntemlerini, farklı tanısal araçları yahut uygun olabilecek X-ray temelli görüntülemeyi tercih ederek radyasyon maruziyetini azaltabilirler [36].

2.6.2. Optimizasyon

Tedavi amaçlı tıbbi ışınlamalar hariç, radyasyona maruz kalmayı gerektiren uygulamalarda bireysel dozun büyüklüğü, ışınlanacak kişilerin sayısı, olası tüm ışınlamalar için, ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurularak mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanmalıdır. Radyolojik incelemelerde, tanısal bilgiyi verecek en düşük radyasyon dozunun uygulanması prensibi ALARA (as low as reasonably achievable) şeklinde tanımlanmıştır.

Radyolojik bir tetkik gerekçelendirildikten sonra sıradaki basamak optimizasyon olup optimizasyon da ALARA prensibine uygun olmalı; her duruma ve radyolojik prosedüre göre adapte edilmelidir.

2.6.3. Doz Sınırları

Yıllık doz sınırları sağlığa zarar vermeyecek şekilde uluslararası standartlara uygun olarak, TAEK tarafından radyasyon görevlileri ve toplum üyesi kişiler için ayrı ayrı belirlenmiştir. Radyasyondan korunma da optimizasyonun sağlanması için kişisel dozlar, yıllık doz sınırları altında kalmak koşuluyla kaynak ve uygulama özelliklerine bağlı olarak kısıtlanır [27, 34].

Yıllık toplam doz aynı yıl içindeki dış ışınlama ile iç ışınlamadan alınan dozların toplamıdır. Kişilerin, denetim altındaki kaynaklar ve uygulamalardan dolayı bu sınırların üzerinde radyasyon dozuna maruz kalmalarına izin verilemez ve bu sınırlara tıbbi ışınlamalar ve doğal radyasyon nedeniyle maruz kalınacak dozlar dahil edilemez.

Radyasyon görevlileri için etkin doz ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv'i, herhangi bir yılda ise 50 mSv'i geçemez. El ve ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv, göz merceği için 150 mSv'dir.

Toplum üyesi kişiler için etkin doz yılda 1 mSv’i geçemez. Özel durumlarda; ardışık beş yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere yılda 5 mSv’e kadar izin verilir. Cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 50 mSv, göz merceği için 15 mSv’dir.

18 yaşından küçükler radyasyon uygulaması içinde çalıştırılmazlar. Eğitimleri radyasyon kaynaklarının kullanılmasını gerektiren 16-18 yaş arasındaki stajyerler ve öğrenciler için etkin doz, herhangi bir yılda 6 mSv’i geçemez. Ancak el, ayak veya deri için yıllık eşdeğer doz sınırı 150 mSv, göz merceği için 50 mSv’dir [34].

Hamile radyasyon görevlileri için çalışma şartları yeniden düzenlenmeli ve doğacak çocuğun alacağı dozun mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutulması sağlanmalıdır. Hamileliğin kalan süresi boyunca fetusun alacağı doz 1 mSv’i aşmamalıdır. Emzirme dönemindeki kadın çalışanlar, radyoaktif kontaminasyon riski taşıyan işlerde çalıştırılmamalıdır [24, 34]. Hamileliği belirlenmiş olan radyasyon görevlileri ancak gözetimli alanlarda çalıştırılabilir.

Doğal radyasyon (2-3 mSv/yıl) nedeniyle ışınlanmalar ve tıbbi ışınlanmalardan alınan dozlar, doz sınırlarına ilave edilmez.

2.7.RADYASYONUN TIBBİ KULLANIM ALANLARI

Radyoloji radyasyonun, hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanımını ve bu amaçla geliştirilen teknik ve yöntemleri konu alan bilim dalıdır [37]. Radyolojinin tanı ile ilgili dalına diyagnostik (tanısal) radyoloji, tedavi ile ilgili dalına ise radyoterapi adı verilmiştir. Kanser tedavisinde geçerli bir yöntem olan radyoterapi radyasyon onkolojisi isimli ayrı bir bilim dalıdır.

Radyan enerji ile radyoaktif maddelerin tanı alanında kullanılmasının en temel örneği röntgendir. Sintigrafi Radyonüklid Görüntüleme(RG) adı ile de anılmaktadır ve 1950’li yılların başında kliniğe girmiştir ve ülkemizde Nükleer Tıp adında ayrı bir ana bilim dalınca uygulanır. X-ışınlarının bilgisayar teknolojisiyle birleşmesi 1972 yılında Bilgisayarlı Tomografi (BT) cihazlarının klinik kullanıma girmesiyle beraber görüntülerin dijital ortamda oluşturulduğu bir dönem başlamıştır. Yine görüntü oluştururken radyo frekans enerjisi ve manyetizmanın kullanıldığı Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) de tanısal amaçlı kullanılan görüntüleme yöntemlerindedir. BT,

MRG, USG ve RG' de görüntüler bilgisayarlar aracılığıyla oluşturulur. Bilgisayar teknolojisi röntgene de entegre edilmiştir, böylece görüntünün dijital olarak elde edildiği dijital röntgen geliştirilmiştir. Röntgen haricindeki diyagnostik radyoloji yöntemleri başlangıçta 'imaging' kelimesinin Türkçe karşılığı olan "Görüntüleme" başlığı altında toplanır [22].

Yıllar içinde radyolojik yöntemlerin gelişmesi ve lezyonların detaylı şekilde görüntülenebilmesi ile tanı yanında tedavi amacına da yönelik çeşitli ince cerrahi girişimin uygulandığı Girişimsel Radyoloji dalı geliştirilmiştir. Girişimsel radyolojide radyolojik yöntemlerin kılavuzluğunda tanı amacıyla biyopsi, tedavi amacıyla da abse drenajı, damar darlıklarını genişletilmesi ve embolizasyon gibi uygulamalar majör cerrahilere kıyasla daha az travmatize edici şekilde yapılabilir [22].

2.7.1. Radyografi (Röntgen/X- Ray)

Kullanılan enerji vücudu geçerek görüntü oluşturduğundan radyografinin temel prensibi transmisyondur. Halen temel tanı yöntemi konumundadır.

X-ışını kaynağından çıkan X-ışınları incelenecek objeyi geçer ve bir röntgen filmi üzerine objenin gölgesini düşürerek görüntü oluşmasına neden olur. Buna radyogram ya da röntgenogram denir. Radyografi kontrastlı ya da kontrastsız (düz) yapılabilir. Radyografide kullanım amacına göre farklı teknikler kullanılabilir. Özefagus- mide-duodenum grafisi (ÖMD), kolesistografi, intravenöz piyelografi (İVP), anjiyografi gibi adlandırılan sindirim borusunun, safra yollarının, üriner sistemin ve damarların radyografik incelemeleri kontrastlı radyografiye örnek gösterilebilir.

X-ışınlarının geçişleri, geçtikleri yapıların atom ağırlıkları, yoğunlukları ve kalınlıklarına göre farklı oranlardadır. X-ışını oranındaki bu farklılıklar sayesinde konvansiyonel(analog) ya da dijital görüntü oluşturulur. Röntgen incelenen bölgenin iki boyutlu görüntüsünü verir ve belirli bölgelerin üst üste görüntü oluşturması değerlendirmeyi zorlaştırır. Konvansiyonel röntgende alınan görüntü, obje ile film arasındaki mesafe yüzünden oluşan büyüme göz önüne alınmadığında, incelenen bölge ile benzer boyutlardadır. Dijital röntgende ise görüntü bilgisayarlarla oluşturulduğu için görüntü boyutu ayarlanabilir [22].

2.7.2. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT’de röntgende karşımıza çıkan süperimpozisyon kaldırılmıştır ve istenen vücut kesitinin incelenmesine olanak tanır. Çalışma prensibinde, incelenecek bölge merkez alınır ve birbirine bağlanan tüp ve kaset, zıt yönlerde hareket ettirilir. Böylece merkeze alınan görüntü görüntü film üzerinde net bir şekilde belirir ve alt ve üst düzeydeki yapılar film üzerinde farklı yerlere düşer ve bulanıklaşarak görünmez hale gelir. Bu yöntem “lineer” tomografi adı verilir. X-ışını kaynağı, kaset ve b objeyi değişik şekillerde hareket ettirerek farklı tomografi yöntemleri de geliştirilmiştir ve bunlara konvansiyonel tomografi denilmiştir [21–23].

BT tarayıcı, bilgisayar ve görüntüleme ünitesi şeklinde 3 bölümden oluşur. Tarayıcı, hasta masası ve gantridir. Gantri ise içerisinde tüp ve dedektör sistemi bulunan cihazdır. Masa, gantri boşluğu içerisine girip çıkabilecek şekilde tasarlanmıştır, alınacak kesite göre hareket ettirilir ve bu sayede hastanın incelenen bölgesinden ardışık kesitler alınabilir. Kaynaktan çıkan x-ışınları sınırlandırılır ve yelpaze şeklinde bir demet haline getirilir. Işın demetinin kalınlığını operator belirler. Hasta vücudundan geçirilen x-ışını demeti ise diğer uçta bir dedektöre ulaşır. Dedektörlere ulaşan x-ışınları vücuttan geçerken farklı dokularda değişen oranlarda zayıfladığı için, bu zayıflama miktarı bilgisayarlarla değerlendirilir. Kompleks bir işlem süreci sonunda, x-ışınlarının taradığı alanın her bir noktasının x-ışınını zayıflatma değeri hesaplanır. Bu değerler saptandıktan sonra görüntü kolayca oluşturulur [22].

BT ile vücut kesitleri halinde görüntülediği için süperpozisyon görülmez. İyi sınırlandırılmış x-ışını ile saçılma minimale indirilmiş ve doku yoğunluğu farklılıkları daha net hale getirilmiştir. Dijital olduğundan, ilgilenilen yapıları daha iyi gösteren değişik düzlemlerde görüntüler de oluşturulabilir. BT teorisinin sahibi A. M. Cormak’tır. Dr. G. N. Hounsfield ise 1972 yılında BT’yi alanına sokmuştur. X-ışınının keşfinden sonra radyolojideki en büyük ilerleme olarak kabul edilen BT ile iki bilim adamı da Nobel ödülü kazanmıştır. İlk defa beyin incelenmesinde kullanılan ve Komputeze Aksiyal Tomografi olarak adlandırılan bu yöntem Türkiye’de ise ilk defa 1975 yılında Hacettepe Üniversitesi’nde uygulanmaya başlanılarak Bilgisayarlı Beyin Tomografisi (BBT) adı verilmiştir. Zamanla tüm vücudu inceleyebilen aygıtlar geliştirilmiş ve yöntemin Bilgisayarlı Tomografi (BT/ Computerised Tomografi) olmuştur [22].

Birinci nesil cihazlarda tek dedektör derece derece dönüşler yaparak 180 derecelik tek bir dönüşü yaklaşık 4,5 dakikada tamamlıyordu. Yedinci nesilde ise çok sayıda dedektör kullanılır ve buna çok dedektörlü BT (multiple dedector array-MDCT) adı verilir. Yöntem aynı anda çok sayıda kesit alabilir, bu nedenle de yöntemi adı “çok kesitli BT (ÇKBT/ multislices CT)’ dir.

Helikal tarama 1989 yılından sonra geliştirilmiştir. 1991’de 1 mm’nin altında kesit alabilen cihazlar üretilmiştir ve yine 1991’ de ikiz detektörlü Helikal BT geliştirilmiştir. 1993’te gerçek zamanlı BT kullanıma girmiş ve BT floroskopi altında biyopsi işlemlerine olanak veren damar yapıları ya da organlar içindeki kontrastlanmanın monitörizasyonu (otomatik bolus yakalama programları) sağlanmıştır. 1995’te Gantri rotasyon zamanı 1 sn’nin altına indirilebilmiştir. İlk multislice sistemleri 1998 yılında kullanıma girmiştir. 2000’li yıllarda ise 2, 4, 8, 12, 16, 24, 32 ve 64 sıra dedektör dizili cihazlar ve ayrıca ikiz tüplü multidedektörlü sistemler üretilmiştir [21, 23].

ÇKBT’de gantri dönüş süresinin kısalması ile hareket artefaktları belirgin ölçüde azalmış ve daha geniş bölgelerin taranabilmesi olanaklı hale gelmiştir. Ek olarak da longitudinal (z) eksen çözünürlüğü Alınabilen kesit kalınlığı azaldıkça üç boyutlu görüntüleme yapmak mümkün hale gelmiştir [22, 23, 38, 39].

2.7.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme

MR cihazında sinyal kaynağı, manyetik özellik gösteren ve dışarıdan uygulanan manyetik alandan etkilenen hidrojen molekülleridir. Güçlü bir manyetik alanla incelenecek olan organlar ile dokulardaki hidrojen atomlarının çekirdeklerinde bulunan protonlar, manyetik etki altına alınır ve üzerlerine radyo dalgaları gönderilir. Hidrojen atomlarının çekirdeklerinde bulunan protonların radyo dalgalarının etkisiyle yaptığı hareketler sonucunda alternatif akım sinyalleri oluşur. MR cihazındaki alıcılar bu sinyalleri ölçer ve kaydeder. Sinyaller bilgisayar sistemleri tarafından işlenerek dijital görüntüye dönüştürülür. Elde edilen görüntüler sağlıklı doku görüntüleri ile karşılaştırılır. MRG ile radyo frekans dalgaları kullanıldığından iyonize edici radyasyonların yol açtığı biyolojik zararlar söz konusu değildir. Özellikle beyin, beyincik, omurilik, kas vb. yumuşak dokudan oluşan organlar ayrıntılı olarak görüntülenebilmektedir [37, 40].

Görüntüleme manyetik alan kullanıldığı için vücut içinde veya dışında herhangi bir metal bulunmamalıdır. Bu nedenle kalp pili olan kişilerin MR cihazıyla görüntüleme yaptırması uygun değildir.

2.7.4. Ultrasonografi (USG)

Yüksek frekanslı ses dalgalarının kullanıldığı ultrason cihazlarının çalışma prensibi, mekanik bir dalga olan ses dalgalarının farklı doku ve organlardan farklı şekilde yansması özelliğine dayanmaktadır. Ultrason dalgalarının vücut içinde ilerleyebilme özelliğinden dolayı cihaz, tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tıpta kullanılan ultrason cihazının probunda bulunan kuartz kristalleri, piezoelektrik özellikleri sayesinde ultrasonik dalgalar üretir. Ultrasonik ses dalgaları gönderildikleri maddelerin özelliklerine göre maddelerin içinde ilerler ve yansıyarak geri döner. Kuartz kristalleri, yansıyan dalgaları algılayarak elektrik akımına çevirir ve eş zamanlı bir şekilde ultrason cihazının monitöründe görüntü oluşmasını sağlar. Eş zamanlı görüntü oluşumu ultrason cihazının önemli avantajlarından biridir. Diğer avantajı ise X-ışınları gibi iyonize edici ışınlar içermediği için canlılarda güvenli bir şekilde kullanılmasıdır. Bugüne kadar yapılan araştırmalarda ses dalgalarının canlı dokuları üzerinde bilinen bir zararı olmadığı sonucuna varılmıştır.

2.7.5. Pantomografi

Eğri-kavisli yüzeylerin panoramik radyogramlarını elde etmek amacıyla kullanılır. Hasta hareketsiz iken X-ışını tüpü ve film-ekran taşıyıcısı hastanın çevresinde döner. Taşıyıcı parça klasik kasetlerden daha farklı olarak kavisli dizayn edilmiştir. Diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılır [23].

2.7.6. Anjiyografi

Anjiyografi damar görüntüleme işlemidir. Damar içine enjekte edilen kontrast maddelerle damarlar film üzerinde görünür hale gelir; böylelikle damar hastalıkları ve bu damarlardan beslenen organlar hakkında bilgi edinilir. Ayrıca bazı durumlarda anjiyografi tedavi amaçlı olarak da kullanılır [21, 23]. Anjiyoplasti (Balonla daralmış damarları açma)

bunun klasik bir örneğidir. Bu sayede cerrahi tedavi gerektiren birçok hastalık, cerrahi ve genel anestezinin riskleri olmaksızın tedavi imkanı bulmaktadır [22].

2.7.7. Floroskopi (Skopi)

X-ışınlarının floresans özelliğinden faydalanılan dinamik bir görüntüleme biçimidir. Objeyi geçen x-ışınları çinko-kadmiyum-sülfid kaplı ekran üzerine düşürülür ve sarı-yeşil dalga boyunda parıldama oluşturulur [23].

Bu yöntem sindirim sistemi, idrar yolları, kadın üreme organları ve vücudun daha birçok bölümünün incelenmesinde kullanılır [21–23].

Kontrast maddeler, baryum ve iyot gibi radyopak maddeler içerir. Kontrast maddeler, uygulanacak inceleme alanına göre, oral, lavman şeklinde, idrar sondası ile veya enjeksiyonla verilebilir [22].

2.7.8. Mamografi

Mamografi röntgen ışınlarıyla meme dokusunun görüntülenmesidir [22]. Meme kanserinin erken tanısında en iyi görüntüleme yöntemidir [23]. Genel amaçlı radyoloji tüplerinde yapılan değişikliklerle mamografi ilişkili radyasyon maruziyeti azaltılmıştır [22]. Kullanılan cihaza bağlı olarak otururken veya yatarken meme dokusu sıkıştırılarak memenin değişik yönlerden görüntüleri alınır [22, 23].

2.7.9. Fotoradyografi

Mikrofilm olarak bilinir ve floroskopi ekranında oluşan görüntünün fotoğrafının çekilmesi işlemidir. Çok sayıda hastanın filmi arka arkaya çekilebilir olması, film kalitesinin yüksek ve kullanılan cihazın taşınabilir olması ve maliyetinin düşüklüğü gibi avantajları vardır [23].

2.7.10. Dijital Röntgen

Dijital Röntgen, bilgisayar ortamında oluşturulan sayısal bir görüntüleme yöntemidir. Görüntü kalitesi konvansiyonel tekniğe benzerdir. Görüntünün elde edilme şekli farklıdır ancak görüntü elde edildikten sonra işlenebilme ve arşivleme gibi avantajları vardır. Dijital röntgen sistemi ile çekilen dijital radyografi, dijital floroskopi ve dijital subtraksiyon anjiyografi (DSA) yöntemleri vardır. Dijital radyografide hastadan geçen x-ışınları

dedektör sistemlerince algılanır ve bilgisayar aracılığıyla görüntü haline getirilir. Bu görüntü x- ışınlarının doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılması ile elde edilebilir. Dijital Röntgen teknikleri röntgen filmini harcamasını ortadan kaldırdığı için analog görüntüleme daha ekonomiktir [22].

DSA'de intravenöz kontrast madde ile aorta ve ana dalları gösterilebilir. İntraarteriyel şekli ise konvansiyonel anjiyografiye göre, küçük kateter ve az kontrast madde kullanılarak hastanın daha az travmatize edilmesi ve daha az ışın açısından daha avantajlıdır [22, 23].

2.7.11. Kemik Mineral Dansitometri

Kemik yoğunluğundaki azalma fraktür riskini artırır. Kemik yoğunluğundaki azalmanın derecesi, osteoporozaya yönelik tanı ve tedavinin düzenlenmesi için uygulanabilecek çeşitli kantitatif yöntemler mevcuttur.

Enerji kaynağı olarak γ -ışınları SPA (single foton absorpsiyometri) ve DPA (dual foton absorpsiyometri)'da X-ışınları ise SXA (single enerji x-ray absorpsiyometri), DEXA (dual enerji x-ray absorpsiyometri) ve kantitatif BT'de kullanılır. Işınlardan kemiği geçerken, absorbe edilmeyen radyasyon miktarı ölçülür ve kemiğin birim alan ya da hacimde absorpsiyona neden olan mineral içeriği tahmin edilir.

DEXA incelemelerinde hastalar μSv 'ler gibi düşük dozda radyasyona maruz kalırlar. Kantitatif BT' de ise diğer kemik mineral dansitometri yöntemlerine göre daha yüksek doz maruziyeti söz konusudur [23, 26].

2.7.12. Radyoterapi

Radyoterapi; radyoloji biliminin tedavi ile ilgili dalı olup iyonlayıcı radyasyonların biyolojik etkisinden yararlanarak organizmadaki zararlı hücrelerin doğrudan öldürülmesi (%30) veya bu tür hücrelerin bölünüp çoğalmasını önlemeye (%70) yönelik yöntemleri konu alır [37]. Özellikle kanser tedavisinde kemoterapi ve cerrahi yöntem gibi birçok yöntem mevcut olmakla birlikte radyoterapi tek başına veya diğer yöntemlerle birlikte uygulanarak malign tümörler önemli ölçüde yok edilerek hastaların yaşam süreleri uzatılmakta ve yaşam kalitesi artırılmaktadır.

Bu amaçla x-ışınları yıllarca tek başına tedavi yöntemi olarak kullanılmıştır; ancak günümüzde radyoterapi uygulamalarında x-ışınlarından ziyade gamma ışınları daha geniş

bir uygulama alanı bulmuştur. Radyoterapi uygulamalarında teleterapi cihazı olarak kobalt-60 ve yüklü parçacık hızlandırıcıları (akseleratörler) kullanılmaktadır. Brakiterapi yönteminde ise doku içi radyoterapi vücut boşluklarına tedavi ve kontak radyoterapi yöntemleri uygulanmaktadır. Ayrıca sistemik selektif radyoterapi yönteminde damar yoluyla verilen radyoaktif maddelerle hipertermik radyoterapi yönteminde ise yüksek ısı dalgalarıyla tedavi yapılmaktadır.

Belirtilen yöntemler tek başına veya birlikte uygulanarak kanserli hücreler yok edilmeye çalışılmakta veya tümörler küçültülerek hastaların belirli bir süre rahatlatılması sağlanmaktadır [37].

2.7.13. Radyonüklid Görüntüleme (Nükleer Tıp)

Organizmalara verilen radyoaktif maddeler sayesinde tüm vücut veya kalp, tiroid, böbrek ve beyin gibi organlar taranmakta; tanı ve tedavi sağlanmaktadır. Radyonüklid tanısal tetkikler organların sintigrafik görüntülenmesini kapsar.

Radyolojik görüntüleme yöntemleri anatomiye dayalı iken nükleer tıp fonksiyona dayalıdır. Single Photon Emisyon Computed Tomography (SPECT) ve Pozitron Emisyon Tomografisi (PET)'nin bulunuşu ile, radyolojinin yüksek çözünürlüklü anatomik görüntüleri ile nükleer tıbbın aynı duyarlılıktaki fonksiyonel görüntüleri birleştirilerek biyokimyasal ve biyolojik süreçler moleküler düzeyde incelenebilmektedir [22, 37].

Nükleer tıpta tanı ve tedavide kullanılan radyoaktif maddelere radyofarmasötik denilir ve %95'i tanı, %5'i tedavi uygulamalarında kullanılmaktadır. Radyofarmasötik sadece radyonüklidden ($^{99m}\text{Tc-O}_4$, ^{131}I , ^{67}Ga) oluşabilir ya da radyonüklid biyolojik olarak aktif bir madde ile birleştirilerek oluşturulabilir ($^{99m}\text{Tc-DTPA}$). Bu birleştirilme işlemine işaretleme denir. Radyofarmasötik madde, incelenecek doku ya da organda toplanır ve radyonüklidden yayılan ışınlar sayesinde dokudaki birikmeler ve hareketler izlenebilir. Radyofarmasötiğin incelenecek dokudaki birikimi bazal aktiviteye göre ne kadar çok ise radyasyon dozimetresi o kadar istenilen düzeyde olur. Bu özellikler radyofarmasötiğin kimyasal yapısı ve radyoaktivitenin organizmadan atılımının düzenlenmesi ile kontrol edilebilir [22].

^{99m}Tc , enerjisi, yarı ömrü ve birçok farmasötik ile bağlanabilme özelliği sayesinde nükleer tıp uygulamalarının %85'inde kullanılan radyonükliddir [23]. Radyonüklid

görüntülemelerde γ -ışını kullanılır. Radyofarmasötüğün incelenecek dokuda dağılımı sonucu yayılan γ -ışını gama kamera tarafından tespit edilir. Vücutta yayılan γ -ışınlarını gama kamerada sintilasyon olarak görüldüğünden bu yöntem sintigrafi de denilir. İncelemede, organın sintilasyonlardan oluşan haritası ya da radyoaktivite birikimi- zaman grafiği ortaya çıkarılır. Radyonüklid görüntüleme bir çeşit emisyon metodudur. İncelenen dokudan yayılan γ -ışınları organın 2D (2 boyutlu) resmini oluşturur; 3. boyuttaki radyoaktivite görüntüde superpoze olur. Bu nedenle derin yerleşimli küçük lezyonlar sintigrafi ile saptanamayabilir. Süperpozisyonu ortadan kaldırmak için BT teknolojisi ile entegre edilen yöntem ise SPECT denilmiştir [22].

Yine, pozitron kaynağı radyonüklidlerin kullanıldığı ve dokuda aynı anda çift γ -ışınının olduğu diğer bir tomografik sintigrafi medodu da pozitron emisyon tomografi yani PET'tir. PET yönteminde, pozitron kaynağı radyonüklidlerle işaretlenen metabolitler (örneğin glukoz) dolaşıma verilir ve dokudaki tüketimi saptanarak lezyonlar tanımlanır [16]. PET'te kullanılan radyoaktif maddeler organizmadaki değişiklikleri biyokimyasal aşamada gösterir [14].

2.8.RADYOLOJİDE RADYASYONDAN KORUNMA

2.8.1. Radyasyon Alanları

Maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlar radyasyon alanı olarak nitelendirilir. Radyasyon kaynakları ile çalışılan alanlar radyasyon kaynaklarının özelliklerine ve riskin büyüklüğüne uygun olarak; denetimli ve gözetimli alanlar olarak sınıflandırılır.

Denetimli alanlar radyasyondan korunmayı sağlamak veya radyoaktif bulaşmanın yayılmasını önlemek amacı ile özel kuralların uygulandığı, giriş çıkışların denetime bağlı olduğu alanlardır. Denetimli alanların girişlerinde ve bu alanlarda radyasyon alanı olduğunu gösteren temel radyasyon sembelleri, radyasyona maruz kalma tehlikesinin büyüklüğünü ve özelliklerini anlaşılabilir şekilde göstermek üzere gerekli bilgi, simge ve renkleri taşıyan işaretler, denetimli alanlar içinde radyasyon ve bulaşma tehlikesi bulunan bölgelerde geçirilecek sürenin sınırlandırılması ile koruyucu giysi ve araçlar kullanılması gerekliliğini gösteren uyarı işaretleri bulunması gereklidir.

Denetimli alan olarak değerlendirilmeyen ancak çalışanların radyasyona maruz kalma potansiyelinin bulunması nedeniyle radyasyon seviyelerinin sürekli izlenmesini gerektiren alanlar ise gözetimli alan olarak sınıflandırılır. Kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen fakat çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır [34].

2.8.2. Radyasyon görevlisinin radyasyondan korunması

Uygulanan işlem sırasında görevi gereği odada bulunması zorunlu olan kişilerin dışında kimse bulunmamalıdır. Görevli kişiler radyasyon ve radyasyondan korunma konusunda eğitilmiş/bilgilendirilmiş olmalıdır. Görevlilerin dozimetre kullanması gereklidir [36].

Işınlama süresi mümkün olduğunca kısa tutulmaya çalışılmalı ve hastadan saçılan radyasyondan korunabilmek amacıyla hasta ile görevliler arasında mümkün olduğunca fazla mesafe bırakılmalıdır. Uygulama sırasında ellerin birincil demete doğrudan maruz kalmamasına dikkat edilmelidir. Radyasyon görevlileri ile hasta arasında saçılan radyasyona karşı korunmayı sağlayacak boyut ve tasarımda kurşun paravan veya kurşun eşdeğerli cam koruyucular kullanılmalıdır. Görevliler mutlaka kurşun önlük, tiroit ve gonad koruyucu ve kurşun eşdeğerli camdan yapılmış gözlük kullanmalıdır. Kurşun tabakaların çatlamasını önlemek amacıyla kullanılmadığı zaman önlükler katlanmamalı, askıya asılmalıdır. Belli aralıklarla skopi cihazı kullanarak önlüklerin sağlamlığı kontrol edilmelidir. Kurşun önlük üzerinde kullanılan dozimetreye ilaveten önlük altında ikinci bir dozimetre ile parmak, el veya bilek dozimetreleri de kullanılması da tavsiye edilir. Radyasyondan korunma sorumlusundan izin almak ve bilgilendirilmek şartıyla ışınlama sırasında odada bulunması gereken diğer kişilere de mutlaka koruyucu giysiler kullandırılmalı, aktif dozimetre temin edilmelidir ve doz sonuçları kayıt altına alınmalıdır [24, 41].

2.8.3. Hastanın radyasyondan korunması

Hekim tarafından gerekli ve uygun görülmedikçe ve yazılı kararı olmadan hiçbir ışınlama yapılmamalıdır. Tıbbi ışınlama öncelikle alternatif tekniklerle karşılaştırılmalı, radyasyonla yapılacak tanının yararlarının alınan riskten daha fazla olduğu durumlarda uygulanmalıdır. Her türlü radyolojik uygulama öncesinde hasta ve hasta yakınları yapılacak tetkik, alınabilecek radyasyon dozu ile risk ve faydaları açısından bilgilendirilmelidir [33].

Radyolojik tetkiki yapan hekim ile radyolojik tetkiki isteyen hekim arasında iletişim ve uyum sağlanmalıdır. Prosedürün yararının, aciliyetinin, ışınlamanın karakteristiğinin, birey olarak hastanın özelliklerinin ve önceki prosedürlerinin irdelenmesi gerekmektedir. Hastaya ait çekim sonuçları hastaneler veya bölümler arasında veya hasta beraberinde gönderilerek tekrarlanan ışınlamalardan kaçınılmalıdır. Hastalara ilişkin kayıtlar, çekim yapılan radyoloji cihazları ve tetkiki yapan radyasyon görevlisinin kayıtları tutulmalı ve saklanmalıdır.

Çocuk hastalar için uygulamanın gerekliliğinin değerlendirilmesi ve çocuğun vücut ağırlığı ile ışınlama alanı göz önüne alınarak gerekli ve yeterli doz ayarlaması yapılmalıdır. Işınlama sırasında üreme organlarının korunması sağlanmalıdır.

Çekim sırasında görevli personel hiçbir şekilde hastaları elle tutmamalıdır. Eğer gerekiyorsa, özellikle çocuk hastaların ve ağır hastaların çekim esnasında hareket etmelerini önlemek için hareket sınırlayıcı ekipman kullanılmalı veya hasta sahiplerinden yardım istenmelidir. Bu esnada hastayı tutan şahsa kurşunlu önlük ve eldiven giydirilmelidir.

Çekim esnasında çekime engel teşkil etmedikçe hastanın radyasyona duyarlı bölgeleri kurşun koruyucularla korunmalıdır. Kaza durumlarından (yanlış hasta, yanlış doz) kaçınılması için gerekli önlemler alınmalıdır. Doz sınırları veya doz kısıtlamalarının aşılmasına neden olabilecek olayları veya kazaları önlemek ve olası sonuçlarını sınırlandırmak, herhangi bir olay veya kaza sonrasında alınan dozların belirlenmesi, değerlendirilmesi ve benzer olayların tekrarlanmasının önlemek için önceden bu tip durumlarda ne yapılacağına dair yazılı talimatlar hazırlanmalıdır.

Işınlamanın istenen nicelik ve nitelikte yapıldığının doğrulanması için cihazların düzenli olarak kalite kontrolleri yapılmalı ve bu kontrollerin kayıtları tutulmalıdır. Hasta çekiminde görev alan personel cihaz ayarlarını ve hasta pozisyonlamasını dikkatli yapmalı, tekrar çekimlerden kaçınılmalıdır. Hasta dozunun azaltılması için kV, mA ve zaman parametrelerin seçimi, ışınlama süresinin kısa tutulması, hastanın doğru pozisyonlanması, X-ışını kolimatör ayarının uygun şekilde yapılması, uygun film-kaset kombinasyonunun kullanılması sağlanır. Uluslararası kabul edilen diagnostik referans seviyelerine uyulmalı, istenmeyen dozların (fazla/az doz) uygulanmasından kaçınılmalıdır [42, 43].

Doğurma çağındaki hastaların hamilelik olasılığının sorgulanmalı, şüphe durumunda ve hamilelik durumunda uygulamanın gerekliliği tekrar değerlendirilmeli ve önemli bir klinik gereklilik olmadıkça hastaya radyolojik tetkik yapılmamasının sağlanması için önlemler alınmış olmalıdır.

Hamile olduğu bilinen hastalarda, radyolojik tetkikler mümkün olduğunca ilk üç ay içinde planlanmamalıdır. Hastaya radyolojik tetkik yapılması planlanıyorsa sorumlu hekim ve radyologlar durumu tekrar gözden geçirmelidir. Eğer çekimin yapılması zorunlu ise mümkün olduğunca az radyografi çekilmeli ve karın kısmı kurşun örtü ile korunmalıdır. Radyolojik incelemelerden sonra fetal doz hesaplaması radyasyon fizikçisi (yoksa radyoloji uzmanları) tarafından yapılır [28, 34].



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu kesitsel ve tanımlayıcı çalışma ile Türkiye’de acil servislerde çalışan hekimlere ulaşılması planlanlandı.

Acil serviste çalışan hekimlerin, radyasyondan korunma farkındalığını değerlendirmek üzere bu teze özel olarak bir veri toplama formu hazırlandı. Araştırmaya başlamadan önce 15 hekim ile bir pilot çalışma yapılarak veri toplama formuna son hali verildi. Pilot çalışmaya ait veri seti istatistiki değerlendirmede kullanılmadı.

Acil servis çalışanları arasında yapılan bir çalışmada uzman hekim ve asistanlarda genel radyasyon bilgi düzeyi %23,53 olarak bulunmuştur [44]. Ülkemiz acil servislerinde ise acil tıp branş uzmanları ve asistanlarının yanı sıra sıklıkla pratisyen hekimler, zaman zaman da diğer branş uzmanları ve asistanları görev yapmaktadır. Aktif çalışan acil servis hekimi sayısı net olarak hesaplanamadığı için en küçük örnek büyüklüğü hesaplamasında büyüklüğü bilinmeyen evrenler için kullanılan formülden yararlanıldı. Epi Info Statcalc programıyla büyüklüğü bilinmeyen evrende %23,53 sıklık, %5,0 sapma, %95 güven düzeyi ve %10 yedek ile ulaşılması gerekli en küçük örnek büyüklüğü 305 olarak hesaplandı.

Çalışmaya katılma çağrısı ve çalışmaya konu anket Ağustos 2017 ve Ocak 2018 tarihleri arasında hekimler ile kişisel e-mail adresleri, acil hekimi dernek ve haberleşme grupları yanında sosyal medya hesapları (facebook, twitter, whatsapp vb.) üzerinden paylaşıldı. Çalışmaya dahil olmayı kabul eden 516 hekimden 226’sı anket içindeki tüm soruları tamamladı.

Veri toplama formunda 18 soruya yer verildi. İlk yedi soru katılımcının demografik bilgileri, mezuniyet sonrası kaç yıldır görev yaptığı, branşı, çalıştığı kurum ve acil kliniği ile ilişkili idi. Üç adet çoktan seçmeli olgu sorusu ile hekimlerin farklı hasta profillerinde radyografik yaklaşımlarını değerlendirmek amaçlandı. Takip eden dört soru ise hekimlerde radyasyondan korunmanın temel ilkeleri, tıbbi ışınlamalardan kaynaklanan hasta dozu ve radyasyonun olası zararlı etkileri ile ilgili farkındalık ve bilgi düzeylerini ölçülmesinin yanında hekimin kendi ifadesine göre mevcut bilgilerini günlük pratiğinde hastaları ile ne ölçüde paylaştığını belirlemeye yönelik düzenlendi.

Katılımcılardan 12 numaralı soruda kendilerine sunulan radyasyondan korunma ile ilgili dokuz ifadeden doğru olduğunu düşündükleri tüm cümleleri işaretlemeleri istendi. Soruda yer verilen ifadeler ve yanıtları Tablo II’de gösterilmiştir.

Tablo II. Radyasyondan korunma ilkeleri, tıbbi ışınlama dozları ile ilişkili ifadeler ve yanıtları

Radyasyon içeren incelemeler gerekçelendirilmeli; elde edilecek fayda ve olası zarar hesaplanmalı, fayda üstün ise istenmelidir [32–34, 45]	Doğru
USG ve MRG iyonizan radyasyon içermeyen görüntüleme modaliteleridir [32, 46]	Doğru
Pediyatrik hastada radyasyon duyarlılığı (radyosensitivite) erişkinden farksızdır [32, 47]	Yanlış
Radyoloji uygulaması tanısal görüntü oluşturacak en düşük rasyonel doz ile gerçekleştirilmelidir [32, 45, 46]	Doğru
Pediyatrik hastalarda BT çekilirken erişkin çekim protokollerinden farklı protokol kullanılmasına gerek yoktur [32, 47]	Yanlış
Radyasyon zararını azaltmak için belirli bir süre dinlenmek gereklidir [9, 32]	Yanlış
Toplumun tıbbi ışınlama kaynaklarından maruz kaldığı radyasyonun en büyük bölümünü BT oluşturur [2, 30, 48]	Doğru
Proteinli ve bol mineralli besinler radyasyon etkisini azaltmak için kullanılır [9, 32]	Yanlış
Radyasyon içeren incelemelerin oluşturduğu hasta dozları, ulusal ve uluslararası standartlarla belli aralıklarla karşılaştırılmalı ve gerekli düzenlemeler yapılmalıdır [12, 41, 43, 46]	Doğru

Çalışmada tanısal radyoloji görüntüleme yöntemlerinde hastaların maruz kaldığı radyasyon doz miktarları ve sayısal olarak kaç PA akciğer grafisine karşılık geldiği karşılaştırılmaları için Avrupa Komisyonu’nun görüntüleme isteyen sağlık çalışanlarına yönelik oluşturduğu yönlendirme rehberi temel alındı. Çalışmamızda kullanılan değerler Tablo III’de gösterilmiştir [46].

Tablo III. Acil Serviste Sıklıkla İstenen Radyolojik Tetkikler ve Bir PA Akciğer Grafisine Kıyasla İçerdikleri Radyasyon Dozları

Görüntüleme Modalitesi	Efektif doz (mSv)	Eşdeğer AC grafisi sayısı	Yaklaşık doğal arkaplan radyasyon periyot karşılığı*
Tek Yön AP Akciğer Grafisi	0,02	1	3 gün
AP Pelvis Grafisi	0,7	35	4 ay
Beyin BT	2	100	10 ay
Toraks BT	8	400	3,6 yıl
Abdomen/Pelvis BT	10	500	4,5 yıl

*Rehberde doğal arkaplan radyasyonu 2,2mSv/yıl (= İngiltere ortalaması) kabul edilmiş olup bölgesel ortalamalar 1,5 – 7,5 mSv/yıl aralığında değişebilmektedir.

Son üç soru ile katılımcıların radyasyon güvenliği ile ilgili bilgilerine dair özgüvenleri, görev yaptıkları kurumda hangi kaynaklardan destek aldıkları, konu hakkında daha önceki eğitimlerini nereden aldıkları ve daha fazla eğitim alma ihtiyacı hissedip hissetmedikleri sorgulandı. Katılımcıların bir cevap seçmeden, sonraki soruya geçmesine izin vermeyen bir anket yazılımı bir online anket sitesi üzerinden tasarlandı. Veri toplama formunun sonunda katılımcıların ek görüş ve önerileri alındı (Ek 1).

Veriler SPSS 15.0 paket programı ile değerlendirilmiştir. Tanımlayıcı bulgular için sayımla belirtilen değişkenler sayı ve yüzdelerle, ölçümle belirlenen değişkenler, ortalama±standart sapma, minimum değer, maksimum değer ve ortanca ile belirtilmiştir. Ölçümle belirtilen değişkenlerin dağılım özelliği Kolmogorov-Smirnov testi ve basıklık ve çarpıklık katsayıları ile değerlendirilmiştir. Katsayıların -1,5 ile +1,5 arasında olması durumunda verinin normal dağıldığı varsayılmıştır.

4. BULGULAR

4.1.TANIMLAYICI ÖZELLİKLER

Araştırmaya 226 hekim katılmış olup bunların %61,1'i (n=138) erkek, %38,9'u(n=88) kadındı. Yaş ortalaması $33,53\pm 0,42$ (minimum değer: 24-maksimum değer: 62, ortanca yaş: 32) ve Tıp Fakültesi mezuniyeti sonrası ortalama çalışma yılı $8,73\pm 0,43$ (minimum değer: 0-maksimum değer: 34, ortanca yıl: 7) olarak hesaplandı.

Araştırmaya katılanların çalışmakta oldukları sağlık kurumuna göre dağılımına bakıldığında 93'ü (%41,2) Üniversite, 70'i (%31) Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 47'si (%20,8) Devlet Hastanesi ve 13'ü (%5,8) Özel Hastanede görev yapmaktadır (Tablo IV).

Tablo IV. Çalışılan sağlık kurumuna göre dağılım

Kurum	n	%
Üniversite	93	41.2
Eğitim ve Araştırma Hastanesi	70	31.0
Devlet Hastanesi	47	20.8
Özel Hastane	13	5.8
Diğer sağlık kurumları *	3	1.3

* Diğer sağlık kurumları: OSGB, TSM

Çalışmamıza katılan hekimlerin çalıştıkları kurumda görevine göre dağılımı Tablo V'te görülmektedir.

Tablo V. Çalışılan kurumdaki göreve göre dağılım

Görev	n	%
Acil tıp uzmanı	74	32.7
Acil tıp araştırma görevlisi	73	32.3
Acil tıp öğretim üyesi veya acil servis klinik şefi	40	17.7
Pratisyen	22	9.7
Diğer uzman hekim	12	5.3
İntörn doktor	5	2.2

Katılımcıların çalışmakta oldukları kuruma günlük ortalama acil servis başvuruları Tablo VI'da gösterilmiştir.

Tablo VI. Çalışılan kurumun günlük ortalama acil servis başvuru sayısına göre dağılım

Günlük başvuru sayısı	n	%
<100	23	10,2
101-250	49	21,7
251-500	62	27,4
501-1000	51	22,6
>1000	41	18,1

Katılımcıların çalıştıkları kurumda hangi acil görüntüleme modaliteleri olduğu sorgulandığında direkt grafi %99,1 (n=224); BT %93,4 (n=211); USG %92 (208); MRG %83,6 (n=189); anjiyografi – floroskopi imkanının ise %45,6 (n=103) mevcut olduğu ifade edilmiştir.

Tablo VII. Çalışılan kurumda bulunan acil görüntüleme modalitelerine göre dağılım

Görüntüleme Modaliteleri	n	%
Direkt grafi	224	99.1
BT	211	93.4
USG	208	92.0
MRG	189	83.6
Anjiyografi-floroskopi	103	45.6

4.2.KATILIMCILARIN FARKLI HASTA PROFİLLERİNDE RADYOGRAFİK YAKLAŞIMLARI

Karın ağrısı ve fizik muayene bulgusu olmayan, künt batın travmalı, hemodinamik açıdan stabil 14 yaşındaki kız hastada görüntüleme ilk yaklaşımlarının nasıl olacağı sorgulandığında hekimlerden 125'i (%55,3) genişletilmiş acil travma ultrasonunu tercih edeceğini belirtirken 55'i (%24,3) radyoloji kliniğinden abdominal ultrasonografi isteyeceğini, 30'u (%13,3) ilk etapta görüntüleme gerekliliği olmadığı ve hastanın gözleme alınmasının yeterli olacağını belirtti (Tablo VIII).

Tablo VIII. Karın ağrısı ve fizik muayene bulgusu olmayan, künt batın travmalı, hemodinamik açıdan stabil 14 yaşındaki kız hastada görüntüleme yaklaşım

	n	%
Görüntüleme ya da gözleme gerek yoktur	1	0,4
Görüntülemeye gerek yoktur, bir süre gözlem yeterlidir	30	13,3
Genişletilmiş acil travma ultrasonu (EFAST) yaparım	125	55,3
Ayakta direk batın grafisi isterim	6	2,7
Radyoloji bölümünden abdominal USG isterim	55	24,3
I.V. kontrastlı batın BT isterim	7	3,1
I.V. kontrastsız batın BT isterim	1	0,4
MRG isterim	1	0,4

Yine Soru-8’de hastanesinde USG kullanma imkânı olan katılımcıların %57,2’si (n=119); hastanesinde USG olmayanların ise %33,3’ü (n=6) doğru yanıt olarak E-FAST’i işaretlemiştir ancak aralarındaki fark anlamlı değildir (p>0,05).

Akut plöretik göğüs ağrısı ve nefes darlığı şikâyeti ile acil servise başvuran 40 yaşında SAT’a göre 15 haftalık ilk gebeliğinde olan bir hastada akciğer grafisi ve alt ekstremitte venöz Doppler USG incelemesi ile anlamlı veri sağlanamaması halinde pulmoner emboli araştırmak amacıyla toraks BT anjiyografi tetkiki isteyip istemeyecekleri sorgulandığında 44 hekim (%19,5) “evet” yanıtını işaretlerken 182 hekim (%80,5) hayır diyerek BT görüntüleme tercih etmeyeceğini belirtti.

Akut sağ yan ağrısı ile acil servise başvuran, muayene ve laboratuvar bulguları ürolitiazis düşündüren 28 yaşındaki bir erkek hastada görüntüleme yaklaşımlarının nasıl olacağı sorgulandığında hekimlerden 58’i (%25,7) herhangi bir radyolojik tetkik istemeyeceklerini belirtirken 63’ü (%27,9) üriner USG, 54’ü (%23,9) direkt üriner sistem grafisi, 31’i (%13,7) taş protokolü batın BT isteyeceğini belirtti (Tablo IX).

Tablo IX. Akut sağ yan ağrısı ile acil servise başvuran, muayene ve laboratuvar bulguları ürolitiazis düşündüren 28 yaşındaki bir erkek hastada görüntüleme yaklaşımı

	n	%
Radyolojik tetkik istemem	58	25,7
Direk üriner sistem grafisi (DÜSG)	54	23,9
Ayakta direk batın grafisi (ADBG)	5	2,2
Üriner USG	63	27,9
Tüm abdomen USG	14	6,2
I.V. kontrastsız batın BT (taş protokolü)	31	13,7
MR Ürografi	1	0,4

4.2.BT ÖNCESİ HASTAYI RADYASYON DOZU VE RADYASYONUN OLASI RİSKLERİNE İLİŞKİN BİLGİLENDİRME DURUMU

Hastalara BT görüntüleme öncesi radyasyon dozu/ radyasyon riski ile ilişkili ne sıklıkla bilgi verdikleri sorulduğunda 67 (%29,6) hekim zaman zaman, 61 (%27) hekim nadiren, 47 (%20,8) hekim çoğu zaman, 34 (%15) hekim her zaman bilgilendirmede bulunduğunu belirtirken 17 (%7,5) hekim hiçbir zaman bilgi vermediğini ifade etti.

Tablo X. BT öncesi radyasyon dozu/radyasyon riski ile ilişkili bilgi verme durumu

	Hiçbir zaman	Nadiren	Zaman zaman	Çoğu Zaman	Her zaman
n	17	61	67	47	34
%	7,5	27	29,6	20,8	15

4.3.KATILIMCILARIN RADYASYONDAN KORUNMA İLKELERİ VE TIBBİ İŞINLAMA DOZLARI İLE İLİŞKİLİ BİLGİ DURUMU

Soru-12’de hekimlerden kendilerine sunulan cümleler içinde doğru olduğunu düşündükleri tüm ifadeleri işaretlemeleri istendi.

Hekimlerin %96,7’si “Radyasyon içeren incelemeler gerekçelendirilmeli ve elde edilecek fayda-olası zarar hesaplanmalı, fayda üstün ise istenmelidir”, %90,7’si “USG ve MRG

iyonizan radyasyon içermeyen görüntüleme modaliteleridir”, %12,4’ü “Pediatrik hastada radyasyon duyarlılığı (radyosensitivite) erişkinden farksızdır”, %85,8’i “Radyoloji uygulaması tanısal görüntü oluşturacak en düşük rasyonel doz ile gerçekleştirilmelidir”, %8’i “Pediatrik hastalarda BT çekilirken erişkin çekim protokollerinden farklı protokol kullanılmasına gerek yoktur”, %17,3’ü “Radyasyon zararını azaltmak için belirli bir süre dinlenmek gereklidir”, %16,4’ü “Proteinli ve bol mineralli besinler radyasyon etkisini azaltmak için kullanılır”, %70,8’i “Toplumun tıbbi ışınlama kaynaklarından maruz kaldığı radyasyonun en büyük bölümünü BT oluşturur”, %89,4’ü “Radyasyon içeren incelemelerin oluşturduğu hasta dozları, ulusal ve uluslararası standartlarla belli aralıklarla karşılaştırılmalı ve gerekli düzenlemeler yapılmalıdır” ifadelerinin doğru olduğunu düşündüğünü belirtti.

Katılımcıların %31,9’u (n=72) hastanın maruz kalabileceği radyasyon açısından görüntüleme modalitelerini (1) abdominopelvik BT, (2) toraks BT, (3) beyin BT, (4) AP pelvis grafisi, (5) PA akciğer grafisi, (6) diffüzyon MRG sırası ile doğru sıralamıştır.

Yapılan sıralamalara göre katılımcıların %61,9’u tüm batın BT’nin; %30,1’i beyin diffüzyon MR’ı; %4,4’ü beyin BT’yi; %4’ü PA akciğer grafisini; %2,7’si toraks BT’yi; %2,2’si AP pelvis grafisini seçenekler arasında en yüksek radyasyon maruziyetine sebep olan modalite olarak ilk sıraya yerleştirmiştir.

Bir standart toraks BT incelemesinin yaklaşık olarak kaç akciğer radyografisine eşdeğer hasta dozu oluşturduğu sorgulandığında katılımcıların %42,5’i (n=96) doğru yanıt vererek 400’ü işaretlemiş; %39,4’ü (n=89) olduğundan daha düşük, %8,8’i (n=20) ise olduğundan daha yüksek doz tahmininde bulunmuş; %9,3’ü (n=21) bilmiyorum seçeneğini işaretlemiştir.

4.4.KATILIMCILARIN RADYASYON GÜVENLİĞİ VE RADYASYONDAN KORUNMA KONUSUNDA EĞİTİM ALMA VE EĞİTİM İSTEME DURUMU

Katılımcıların %35,8’i radyasyon güvenliği veya hastanın/çalışanın radyasyondan korunması konusunda herhangi bir eğitim almadığını belirtmiştir.

Radyasyon güvenliği veya hastanın/çalışanın radyasyondan korunması konusunda eğitimlerini nereden aldıkları sorgulandığında katılımcıların %54’ü tıp fakültesinde;

%18,1'i ihtisas ve yan dal eğitimleri sırasında; %9,3'ü çalıştığı kurumda hizmetiçi eğitimler ile; %8,4'ü katıldığı kongre ve kurslarla; %16,8'i çeşitli kitap ve yayınlardan kendi imkanlar ile, %3,5'i sosyal medya ve internetten yanıtlarını vermiştir.

Katılımcıların %68,6'sı (n=155) radyasyondan korunma ve hasta dozu ile ilgili bilgisine güvenmediğini belirtmiştir.

Katılımcıların %92'si (n=208) radyasyondan korunma ve hasta dozu konusunda daha fazla eğitim almak istediğini belirtmiştir.

Katılımcılara görev yaptıkları kurumda radyasyon güvenliği ile ilgili sorularını ve sorunları konusunda kimlerden/nereden yardım aldıkları sorulmuştur. Katılımcıların %25,7'si (n=58) kurumunda danışabileceği kimse olmadığını ifade etmiştir. %51,3'ü (n=116) radyoloji kliniğinin öğretim üyeleri, uzmanları ya da asistanlarından; %23'ü (n=52) acil tıp kliniğinin öğretim üyeleri, uzmanları ya da asistanlarından; %8'i (n=18) radyoloji teknisyenlerinden; %6,2'si (n=14) nükleer tıp kliniğinin öğretim üyeleri, uzmanları ya da asistanlarından; %4,9 (n=11) kadın hastalıkları ve doğum kliniğinin öğretim üyeleri, uzmanları ya da asistanlarından; %2,7'si (n=6) kurumları dışındaki profesyonellerden; %4'ü (n=9) Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) web sitesinden yardım aldığını belirtmiştir. Katılımcıların %17,3'ü (n=39) ise “danışma ihtiyacı duymuyorum” seçeneğini işaretlemiştir.

5. TARTIŞMA

Acil servislerde sıklıkla kullanılmakta olan iyonlaştırıcı radyasyon, tanısal amaçlı kullanımda yeterli eğitimi olmayan profesyonellerin elinde hastalara yarardan çok zarar verebilir [49]. Bu nedenle hekimlerin radyasyon farkındalığının ve tanısal radyolojik işlem gerektiren olgulara yaklaşımının iyi tanımlanması ve anlaşılması önemlidir.

Özellikle genel durumu BT'ye giremeyecek denli kötü hastalarda yatak başı uygulama kolaylığı sebebi ile kullanılması önerilen FAST, erişkin hastalarda travma sonrası değerlendirmede hemoperiton tespitindeki yüksek sensitivitesi ve spesifitesi nedeni ile kıymetli bir araçtır. Künt travmalı hipotansif çocuklarda ileri radyolojik çalışma yapılmaksızın laparotomi gerekliliğini belirlemede FAST'ın duyarlılığı oldukça yüksektir [50, 51]. Ancak batin içi serbest sıvı izlenmeksizin de solid organ yaralanması olabileceği, uygulayıcıya bağlı sebeplerle de yanlış negatiflik olabileceği akılda tutulmalıdır. Düşük sensitivitesi nedeni ile batin içi yaralanmayı göstermede; dolayısı ile künt karın travması olan pediatrik vakaların abdominal BT ihtiyacını belirlemede uygun bir yöntem değildir. Normal fizik muayene ve/veya FAST değerlendirmesine rağmen batin içi yaralanma için yüksek risk grubunda olan olgularda BT ihtiyacı olabilir. Solid organ yaralanmalarının tespitinde BT altın standarttır ve FAST uygulamasının aksine kanama odağını da gösterebilmektedir [52, 53]. BT ile ilişkili radyasyon risklerinin farkında olunmalı, görüntüleme karar ve yöntemlerinde temel radyasyon ilkeleri göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılması planlanan tetkik güncel rehberler takip edilerek gerekçelendirilmeli, hastaya uygun doz optimizasyonu sağlanmalıdır [47].

Künt karın travmalı hastada karın duvarında travma bulgusu ya da emniyet kemeri izi olmaması; GKS >13 olması; karın hassasiyeti olmaması; göğüs travması bulgusu olmaması, karın ağrısı olmaması; solunum seslerinde azalma olmaması; travma sonrası kusma olmaması durumunda girişim gerektiren travma yönünden düşük riskli kabul edilebilirler [54]. Batin içi yaralanma için düşük riskli olan hastalarda ise izleme ek olarak tanısal test olarak, tek başına FAST düşünülebilir.

Hemodinamik olarak stabil olan künt karın travmalı; karın ağrısı ve fizik muayene bulgusu izlenmeyen bir kız çocuğunda ilk görüntüleme yaklaşımlarının nasıl olacağı

sorulduğunda katılımcıların %55,3'ü genişletilmiş acil travma ultrasonunu tercih edeceğini belirtirken %24,3'i radyoloji kliniğinden abdominal ultrasonografi isteyeceğini, %13,3'ü ilk etapta görüntüleme gerekliliği olmadığı ve hastanın gözleme alınmasının yeterli olacağını belirtti. Acil serviste USG erişimi olan katılımcıların %57,2'si; hastanesinde USG olmayanların ise %33,3'ü doğru yanıt olarak E-FAST'i işaretlemiştir ancak aralarındaki fark anlamlı değildir ($p>0,05$).

Menaker ve ark. künt batın travmalı hastalarda batın içi yaralanma şüphesi arttıkça hekimlerin FAST uygulama oranlarının da arttığını göstermiştir; ancak negatif FAST bulguları hekimin BT planlama kararını etkilememektedir. Öte yandan bizim çalışmamızdaki örneğe benzer şekilde düşük risk grubu hastalarda FAST'ın tek başına yeterli olabileceği ve uygulanan BT sayılarını azaltabileceğini bildirmiştir [51]. Scaife ve ark. çalışmasında ise cerrahların %48'si düşük riskli hastalarda fizik muayene ve FAST bulgularına dayanarak BT görüntüleme istemini iptal etmiştir [55].

Pediyatrik künt batın travmalarında kullanımına düşük sensitivitesi nedeni ile şüphe ile yaklaşılan FAST'ın düşük riskli hastalarda kullanımı BT kullanımını azaltmada faydalı olabilir. Ancak konu ile ilgili randomize kontrollü çalışmalar yapılarak künt batın travmalı çocuklarda FAST'ın tek başına kullanımının fayda sağlayıp sağlamayacağı araştırılmalıdır.

PTE şüphesi bulunan gebe hastalar için ACR'nin ilk basamak görüntüleme önerisi pnömoni, tanı almamış olan akciğer parankim hastalıkları ya da tümörlerin ayırıcı tanısını yapabilmeye en hızlı, kolay ve zararsız görüntüleme yöntemi olması; sağlayacağı faydaya karşılık verilecek radyasyon dozunun düşüklüğü ile akciğer grafisidir. Devamında Doppler USG ve gereği halinde BT anjiyografi ya da ventilasyon perfüzyon sintigrafisi uygulanabilir [56].

Gebelikte D-dimerin kullanılabilirliği tartışmalıdır ancak ESC'ye göre negatif prediktif değeri yüksek olup PTE dışlamaya diğer hastalardaki kadar katkı sağlar. D-dimer yüksekliği halinde öncelikle alt ekstremiteler USG yapılmalıdır. Proksimal DVT saptanması PTE tanısını doğrulanmış olur ve BT ya da sintigrafisi gibi radyasyon riski taşıyan ek tetkike gerek kalmaz. Gerek BT gerekse sintigrafide bebeğe zarar verecek minimum dozun altında radyasyonla görüntüleme mümkün olup gereği halinde ikisi de seçilebilir;

ancak mümkün olduğunda sintigrafi BT'ye tercih edilmelidir. Çünkü BT ile az da olsa yaşam boyu artmış göğüs kanseri riski söz konusudur [57].

RCOG kılavuzuna göre ise PTE şüphesi bulunan gebede D-Dimer kullanılmamalıdır. Öncelikle EKG ve akciğer grafisi çekilmelidir. Doppler USG ile DVT tanısı konması halinde ileri tetkike gerek kalmaksızın tedavi planlanmalıdır. DVT bulgusu izlenmeyen ancak şüphesi bulunan hastalarda ventilasyon perfüzyon sintigrafisi ya da BT incelemesi gerçekleştirilmelidir. Akciğer grafisinde patolojik bulgular olması halinde sintigrafi yerine BT tercih edilmeli; sintigrafi ya da BT bulguları doğal olsa dahi PTE şüphesi devam ediyorsa PTE tanısı tamamen ekarte edilene dek antikoagülan tedavi sürdürülmelidir. İdeal olarak karar sürecine hastanın da katılması sağlanmalı, tüm riskler ayrıntılı şekilde anlatılarak aydınlatılmış onam alınmalıdır [58].

Literatüre bakıldığında kılavuzlar arasında dahi gebede PTE şüphesine tanısal yaklaşım hakkında değişken, zaman zaman birbiri ile çelişen öneriler bulunmaktadır. Ancak ortak nokta gereklilik halinde BT anjiyografi ve ventilasyon perfüzyon sintigrafisi gibi tetkiklerin gerçekleştirilebilecek olduğudur.

Bizim çalışmamızda ise akut plöretik göğüs ağrısı ve nefes darlığı şikâyeti ile acil servise başvuran 40 yaşında SAT'a göre 15 haftalık ilk gebeliğinde olan bir hastada akciğer grafisi ve alt ekstremitte venöz Doppler USG incelemesi ile anlamlı veri sağlanamaması halinde pulmoner emboli araştırmak amacıyla toraks BT anjiyografi tetkiki isteyip istemeyecekleri sorgulandığında çalışmamıza katılan hekimlerin %80,5'i hayır diyerek bu hasta için BT görüntüleme tercih etmeyeceğini belirtti.

Konu ile ilgili olarak tüm kılavuzlarda vurgulandığı üzere PTE şüphesinin doğrulanması yahut dışlanması hayati öneme sahiptir. Hekimin bir sonraki basamakta kullanacağı görüntülemeyi hastanın kliniğini ve çalışmakta olduğu kurumun imkanlarını da dikkate alarak; diğer branşlar ile iş birliği içinde vaka özelinde seçmesi gerekmektedir. Katılımcıların büyük çoğunluğunun söz konusu görüntüleme modalitesini uygulamama kararı almaları soru içinde verilen klinik bilgiyi yetersiz bulmaları ya da PTE'yi dışladığı yönünde yorumlamalarına; gebe bir hastada radyasyon dozu yüksek bir görüntüleme yöntemi uygulamaya dair çekincelerine; pratikte bu gibi hastaların tetkik ve tedavi planının pek çok branşın katılımı ile multidisipliner olarak yapılmasına bağlanabilir.

İngiltere’de gebelerde PTE tanı ve yönetim sürecinde görev alan hekimlerin radyasyon doz farkındalığını ölçmeye yönelik yapılan prospektif bir diğer çalışma da hekimlerin bu alandaki bilgi eksikliğini ortaya koymuştur [59].

Ani başlangıçlı yan ağrısı olan ürolitiazis şüphesi bulunan hastalarda ACR uygunluk kriterlerine göre ilk tercih IV kontrastsız abdomen ve pelvis (taş protokolü) BT olmalıdır. Tekrarlayan ürolitiazis bulguları varlığında ise acil şartlarda hidronefroz değerlendirmesi için üriner USG de endike olmakla birlikte taş yeri ve boyutunun daha doğru belirlenebilmesi için taş protokolü BT tamamlayıcıdır [60].

Çalışmamızdaki vaka örneğinde ürolitiazis ön tanılı hastaya acilde görüntüleme yaklaşımlarının nasıl olacağı sorgulandığında hekimlerden %25,7’si herhangi bir radyolojik tetkik istemeyeceklerini belirtirken; %27,9’u üriner USG; %23,9’u direkt üriner sistem grafisi; %13,7’si ise taş protokolü batın BT isteyeceğini belirtti.

Çalışmamızda ürolitiazis tanısı için halen altın standart kabul edilen görüntüleme modalitesini (taş protokolü BT) tercih eden katılımcı oranı düşük bulunmuştur. Ancak ABD’de acil servise yan ağrısı ile yapılan başvurularda sık BT uygulamaları yapılmakta olduğu ortaya konmuş olup sık BT tekrarlarının altında yatan temel sebep belirlenmek üzere bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada tüm diğer değişkenlerden bağımsız olarak sık BT tekrarları ile en sık kronik ağrı ilişkilendirilmiştir [61]. Düşük-doz BT uygulamaları tercih edilse dahi kümülatif olarak hastaların aldığı total efektif radyasyon dozunun artışına katkıda bulunmaktadır [62]. Sık BT uygulamaları radyasyon ilişkili sağlık etkileri yanında sağlık harcamalarını da artırmaktadır. Tanılı ürolitiazis hastalarında DÜSG ve üriner USG kombinasyonunun kullanılması klinik önemi olan taşların tanısında kontrastsız BT’ye düşük radyasyonlu bir alternatif olarak kabul edilebilir [60].

2015 yılında yapılan bir çalışmada ürolitiazis şüpheli olgularda acil serviste yatak başı renal USG ile hidronefroz varlığı/derecesi ve üreteral jet akımlara yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Takip eden 30 gün içinde hidronefroz olmaksızın ürolitiazis şüphesi bulunan hastaların yatış endikasyonu gelişmemiştir [63]. 2014 yılında New England Journal of Medicine’da yayınlanan bir çalışmada şüpheli ürolitiazis hastalarında birincil görüntüleme testi olarak acil hekimlerince hasta başı USG uygulaması, radyoloji kliniğince USG uygulaması ve abdominal BT karşılaştırılmıştır. Birincil görüntüleme

yöntemi olarak USG tercih edilmesi düşük kümülatif radyasyon maruziyeti ile ilişkilendirilmiş; yüksek riskli tanı, komplikasyon, ağrı skoru, tekrarlayan acil başvuruları ve hospitalizasyon oranlarında anlamlı fark görülmemiştir [64]. Buna dayanarak Ürolitiazis olgularında acilde BT kullanım oranlarının azaltılabilmesi için yatak başı ultrason kullanımının yaygınlaştırılması faydalı olacaktır. Çalışmamızda hekimlerin üriner USG tercihinin %27,9 oranında kalmasında yatak başı USG için yeterli eğitim ve deneyim sahibi olmayış; radyoloji branş hekimlerine ulaşma ile ilişkili güçlükler, görüntülemenin yapılabilmesi için hastanın bir başka bölüme transportu gerekliliği ve hastanın acil serviste bekleme süresinde olası uzama gibi faktörler etkili olmuş olabilir.

Çalışmamızda bir standart toraks BT incelemesinin yaklaşık olarak kaç akciğer radyografisine eşdeğer hasta dozu oluşturduğu sorgulandığında katılımcıların %42,5'i (n=96) doğru yanıt vererek 400'ü işaretlemiş; %39,4'ü (n=89) ise daha düşük tahmin etmiştir. Bu değerler literatürde benzer çalışmalarda elde edilen bulgular ile karşılaştırıldığında çalışmamıza katılan hekimlerin doz bilgisinin benzer çalışmalara katılan hekimlere benzer ya da daha iyi olduğunu düşündürmekle birlikte idealden oldukça uzaktır.

Brown ve ark. farklı branş hekimleri ile gerçekleştirdikleri çalışmada akciğer grafisiyle karşılaştırıldığında toraks BT radyasyon dozunun kaç kat olduğunu hekimlerin yalnızca %17,3'ü doğru yanıtlamış, %78'i ise ilgili dozu olduğundan eksik tahmin etmiştir [65]. Lee ve ark. acil servis çalışanlarında aynı soruya asistanların %53,5'inin; uzmanların ise %47,4'ünün doğru yanıt verdiğini bildirmiştir [66]. Yine benzer sorularda Lee ve ark. acil hekimlerinin %22'sinin [67]; Gervais ve ark. ise %10'unun [68] doğru doz karşılaştırma tahminlerde bulunduğunu belirtmiştir. Literatürdeki bu değişken bulguların hekimlerin konu ile ilgili farkındalık durumu yanında bilginin sorulma şekli ile de ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda katılımcıların %31,9'u kendilerine sunulan görüntüleme modalitelerinin tamamını hastanın maruz kalabileceği radyasyon açısından doğru sıralamıştır. Benzer şekilde Ditkofsky ve ark. da sağlık çalışanlarından görüntüleme modalitelerini iyonizan radyasyon maruziyetine göre sıralamasını istemiş ve katılımcıların %37,8'i doğru yanıt vermiştir [44]. Çalışmamızdaki katılımcıların %61,9'u tüm batın BT'nin en yüksek dozu oluşturduğunu doğru bilmiştir. Hekimlerin %70,8'i toplumun tıbbi ışınlama

kaynaklarından maruz kaldığı radyasyonun en büyük bölümünü BT tarafından oluşturulduğunu düşünmektedir. Hasta dozlarının doktorlar tarafından olduğundan daha düşük olarak tahmin edilmesinin daha fazla radyolojik inceleme talep edilmesine ve bunun da hasta dozlarında artışa yol açabileceğini belirten çalışmalar mevcuttur [69]. Bu nedenle acil tıp gibi sık tanısal radyografik işlemler planlayan branşların bu alanda bilgi ve farkındalığının artırılması önemlidir.

Katılımcıların %96,7'si "Radyasyon içeren incelemeler gerekçelendirilmeli ve elde edilecek fayda-olası zarar hesaplanmalı, fayda üstün ise istenmelidir", %90,7'si "USG ve MRG iyonizan radyasyon içermeyen görüntüleme modaliteleridir", %85,8'i "Radyoloji uygulaması tanısal görüntü oluşturacak en düşük rasyonel doz ile gerçekleştirilmelidir", %89,4'ü "Radyasyon içeren incelemelerin oluşturduğu hasta dozları, ulusal ve uluslararası standartlarla belli aralıklarla karşılaştırılmalı ve gerekli düzenlemeler yapılmalıdır" önermelerinin doğru olarak tanımlamıştır. Kendilerine sunulan yanlış önermelerden "Pediatrik hastada radyasyon duyarlılığı (radyosensitivite) erişkinden farksızdır"ı katılımcıların %12,4'ü, "Pediatrik hastalarda BT çekilirken erişkin çekim protokollerinden farklı protokol kullanılmasına gerek yoktur"u %8'i, "Radyasyon zararını azaltmak için belirli bir süre dinlenmek gereklidir"i %17,3'ü, "Proteinli ve bol mineralli besinler radyasyon etkisini azaltmak için kullanılır"ı ise %16,4'ü doğru kabul etmiştir.

Literatürde radyasyondan korunma ilkelerine dair farkındalığın araştırıldığı diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında çalışmamızdaki katılımcıların bu konudaki sorulara literatürdekine benzer ya da daha yüksek doğrulukla yanıt verdiği izlenmektedir [70–72]. Bu değişken oranlar soruların dizaynı ve katılımcı sağlık çalışanı gruplarının farklılıklarına bağlanabilir.

Çalışmamızda katılımcıların %30,1'i iyonizan radyasyon kullanmayan beyin diffzyon MR'ı en yüksek radyasyon dozu oluşturan modalite olarak işaretlemiştir. İlginç bir şekilde anket içinde yer alan bir başka soruda "USG ve MRG iyonizan radyasyon içermeyen görüntüleme modaliteleridir" ifadesi %90,7 doğrulukla onaylanmıştır. Bu çelişkinin bir sebebi soruların yanlış anlaşılması ya da dikkatsizce yanıtlanması olabilir. Ancak literatüre bakıldığında Arslanoğlu ve ark. çalışmasında hekimlerin %4'ü USG'nin; %27,4'ü ise MRG'nin iyonizan radyasyon kullandığını düşünmektedir [73]. Yine

ülkemizde bir üniversitenin araştırma görevlilerinde radyolojik tetkiklerde maruz kalınan iyonizan radyasyon dozları ve kanser riskine ilişkin farkındalıkları saptamaya yönelik bir tez çalışmasında araştırma görevlilerinin %14,8'i MRG'nin iyonizan radyasyon içerdiğini belirtmiştir [74]. MRG'nin iyonizan radyasyon kullandığı yönündeki yanlışlık pek çok çalışma ile farklı oranlarda ortaya konmuştur olup bu gibi hatalı bilgiler hekimleri görüntüleme planlarken iyonizan radyasyon kullandığı düşünülen bu görüntüleme modalitesinden kaçınma davranışına yönlendirebilecektir.

Katılımcıların %25,7'si (n=58) kurumlarında radyasyon güvenliği ile ilgili sorularını ve sorunları danışabileceği kimse olmadığını ifade etmiştir. %51,3'ü (n=116) radyoloji kliniğinin öğretim üyeleri, uzmanları ya da asistanlarından; %23'ü (n=52) acil tıp kliniğinin öğretim üyeleri, uzmanları ya da asistanlarından; %8'i (n=18) radyoloji teknisyenlerinden; %6,2'si (n=14) nükleer tıp kliniğinin öğretim üyeleri, uzmanları ya da asistanlarından; %4,9 (n=11) kadın hastalıkları ve doğum kliniğinin öğretim üyeleri, uzmanları ya da asistanlarından; %2,7'si (n=6) kurumları dışındaki profesyonellerden; %4'ü (n=9) Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) web sitesinden yardım aldığını belirtmiştir. Katılımcıların %17,3'ü (n=39) ise “danışma ihtiyacı duymuyorum” seçeneğini işaretlemiştir.

Yapılan çalışmalar, günlük pratiğinde radyografik tetkik kullanmakta olan pek çok hekim ve sağlık çalışanının temel radyasyon bilgisi ve riskler konusunda yetersiz bilgi seviyesinde olduklarını; ve/veya mevcut bilgilerine güvenmediklerini ortaya koymaktadır [49, 69, 71, 72, 75, 76]. Ülkemizde standardize edilmiş bir uygulama olmaması ve hekimlerin sorularını/sorunlarını danışacak bir muhatap bulamaması temel bir sorundur. Uluslararası Katılımlı Radyasyondan Korunma Kongresi sonuç bildirgesinde de vurgulandığı üzere mevcut TAEK mevzuatında radyasyondan korunma uzmanı ve radyasyondan korunma sorumlusu tanımları ve yetki ve sorumluluk sınırları ile ilgili düzenlemeler, EURATOM 2013/59 Direktifi ve uluslararası kriterlere uygun olarak yapılmalıdır. Mevzuatın gerçek anlamda uygulanması için radyasyondan korunma konusunda uzman danışmanlığı alınmalıdır. Gelişmiş ülkelerde büyük kuruluşlarda en az bir “radyasyondan korunma uzmanı” bulundurulmakta, bu uzmanın danışmanlığında gerekli sayıda radyasyondan korunma sorumluları (görevlileri) çalıştırılmaktadır [77].

Çalışmamıza katılan hekimlerin %35,8'i radyasyon güvenliği veya hastanın/çalışanın radyasyondan korunması konusunda herhangi bir eğitim almadığını ifade etmiştir. Mevcut bilgilerini %54'ü tıp fakültesinde; %18,1'i ihtisas ve yan dal eğitimleri sırasında; %9,3'ü çalıştığı kurumda hizmet içi eğitimler ile; %8,4'ü katıldığı kongre ve kurslarla; %16,8'i çeşitli kitap ve yayınlardan kendi imkanlar ile, %3,5'i sosyal medya ve internetten edindiklerini belirtmişlerdir. %68,6'sı (n=155) ise radyasyondan korunma ve hasta dozu ile ilgili mevcut bilgisine güvenmediğini ifade etmiştir. Bu bulgular acillerde çalışan hekimlerin çoğunluğunun bu konuda formal eğitim almadığını ya da eğitimini yetersiz bulduğunu göstermektedir. Katılımcıların tamamına yakını (%92) radyasyondan korunma ve hasta dozu konusunda daha fazla eğitim almak istediğini belirtmiştir.

Sheng ve ark. acil asistanlarının eğitime özel olarak oluşturdukları öğrenme modülü (SIEVERT) oluşturmuş ve bu modülün asistanların tıbbi görüntülemeler ile ilişki iyonize radyasyon maruziyetine dair bilgilerini etkin bir şekilde artırmanın yanında hastaları radyasyon riskleri ile ilgili bilgilendirmede kendilerine güvenlerini de artırdığını ifade belirtmişlerdir [78]. Badawy ve ark. bu soruna çözüm olarak radyasyon dozu ve uzun vadede risklere dair farkındalık eksikliğinin acil servislerde çalışan hekimlere rutin görüntüleme formlarına eklenebilecek görsel hatırlatıcılar ve el kitapları gibi destek materyaller ile desteklenmesini önermişlerdir [10]. Yurt ve ark. ise iyonize edici radyasyon ile çalışan sağlık çalışanlarına doz, risk/yarar analizi, tıbbi maruziyet gerekliliği ve radyasyonun biyolojik etkilerine dair eğitim programları oluşturulmasının yanında; tıp fakültesinde, uzmanlık eğitimi ve mezuniyet sonrasında zorunlu radyasyon güvenliği kursları sağlanmasını önermektedirler. Endikasyonsuz yapılan radyolojik incelemelerin sebepleri ve miktarlarının araştırılması ve anlaşılmasının da hastaları iyonize edici radyasyondan korumada önemini vurgulamaktadırlar [71].

Atçı ve ark. da vurguladığı üzere ülkemizde hasta taleplerinin dikkate alınması ve tıbbi malpraktis korkusu hekimleri zaman zaman endikasyonsuz BT vd. görüntüleme tetkiklerini planlamaya itmektir [19]. ABD örneği göz önüne alındığında da acil hekimlerinin bu yöndeki kaygıları daha net anlaşılabilir. Youssef ve ark. tarafından hastalara düşüp kafalarını çarpmaları durumunda hekimleri önerme dahi beyin BT isteklerinde ısrarcı olup olmayacakları sorulmuş; katılımcıların %41,3'ü evet yanıtı vermiştir [79]. Amerika Hekim Sigortacıları Birliği tarafından kayıt altında alınan tıbbi malpraktis iddiaları içinde Ocak 1985 ve Aralık 2007 tarihleri arasında erişkin acil ile

ilişkili verilerin incelendiği bir çalışmada tanı koyamama ve yanlış tanı koyma da dahil olmak üzere tanısız hataların en sık (%37) iddia sebebi olduğu ortaya konmuştur. Bu grup için ödenen tazminatların toplamı 347 milyon dolardan fazla olup veri tabanındaki tüm tazminatların %46'sını oluşturmaktadır [80]. Şu an için acil hekimlerinin BT kaynaklı radyasyon riskine dair bilgileri ile ilişkili sınırlı veri bulunmaktadır ve mevcut çalışmaların çoğu bu bilginin zayıf olduğunu bildirmektedir [11, 72]. Bu bilgi eksikliğinin nereden kaynaklandığını netleştirmek; bilgiyi edinebilme ve uygulamaya koyma yolunda ne gibi eğitim stratejilerine ihtiyaç duyulabileceğini belirlemek için daha fazla veriye ihtiyaç vardır.

Katılımcılar tarafından, gerek veri bildirim formu sonunda bulunan görüş ve öneri alanı aracılığı ile gerekse yazara e-posta yolu ile ulaşılarak yapılan geribildirimlerle edinilen ancak çalışma içinde ve veri analizinde kullanılmayan katkılara bakıldığında; veri toplama formunda bu yönde sorgulama yapılmadığı halde 10'dan fazla hekimin yazara ulaşarak özellikle tıbbi malpraktis kaygısı ve yoğun acillerde tanıya hızlı ulaşma, tanı atlamama, hasta ve yakınlarını tatmin etme baskısı ile tanısız radyolojik tetkikleri gereğinden fazla kullandıklarını belirtmişlerdir. Tarafımızca da bu katkının vurgulanmaya değer olduğu düşünülmektedir. Sorunu tanımlamak ve çözüm üretmek amacı ile bu yönde daha fazla çalışma yapılması ve veri toplanması gerekmektedir.

6. SONUÇ

Araştırma görevlilerinin büyük çoğunluğu istedikleri BT tetkiklerinde hastaların maruz kaldığı radyasyon dozlarının normal değerinden daha az olduğunu düşünmektedir. BT ile ilişkili radyasyon maruziyet dozunun ve ilgili risklerin farkında olunmaması hekimlerin BT planlarken daha rahat davranmasına sebep olabileceği için önemlidir. Bu durum görece olarak daha yüksek iyonizan radyasyon içeren BT tetkik istemlerinin daha kolay yapılabilmesine ve istem sayısının gereğinden fazla olmasına neden olabilecektir. Bununla beraber MRG'nin iyonizan radyasyon içerdiği yanlışlığına sahip hekimlerin bulunması olması bu tip radyolojik görüntüleme yöntemlerine öncelik vermede ve hastaları bu tetkiklere yönlendirmede olumsuz etkilere yol açabilir.

Hekimlere kolaylık sağlamak adına hasta muayene ve tetkik istem formlarında son bir yıl içinde hastanın çektiği tetkiklerin sorgulanması; tanısal radyolojik işlem isteminde bulunulurken ilgili modaliteye ait efektif doz hatırlatmalarının tetkik istem formlarına/hastane otomasyon sistemlerine eklenmesi radyasyon dozu farkındalığı yaratmada etkili olabilir.

İstenecek görüntü modalitelerine olgu bazında radyologlar ile iletişim içinde karar verilmesi tetkiklerin gerekçelendirilmesi ve optimizasyonu açısından fayda sağlayacaktır.

Hekimlerin büyük kısmının formal bir eğitim almamış olması, konu ile ilgili soruları /sorunları olduğunda danışacakları ve hızla uygun yanıt alabilecekleri bir birim olmaması dikkat çekmektedir.

İyonizan radyasyon ile çalışan sağlık personeline zorunlu eğitimler ve kurslar ile tıbbi maruziyet, radyasyondan korunma ilkeleri, radyasyonun erken ve geç dönem biyolojik etkileri ile ilgili güncel bilgilendirmeler yapılmalı; radyasyon farkındalığına tıp fakültesi ve tıpta uzmanlık eğitim müfredatlarında daha geniş yer verilmelidir. Konu ile ilgili ayrıntılı Türkçe rehberler hazırlanarak hekimlere yol gösterilmelidir.

Hastane bünyesinde radyasyon izleme kurulunun aktif şekilde çalışanlar ile iletişimde olması; radyasyondan korunma uzmanı ve görevlileri istihdam edilmesi yararlı olacaktır.

Hekimlerin alanlarında radyasyon dozu, temel korunma ilkeleri ve uzun vadeli risklere dair eğitilmesinin yanında acil servislerdeki aşırı yoğunluğa çözüm getirilmesi ve

toplumun genelinde bilinçlendirici çalışmalar yapılması da acil çalışanları üzerindeki baskıyı azaltarak sorunun çözümüne fayda sağlayacaktır Acil servislerde görevli hekim ve sağlık çalışanları yanında diğer branş hekimleri, hastane personelleri, hasta ve hasta yakınlarını da içine alacak şekilde toplumun her kesimine yönelik eğitimler gerçekleştirilmelidir.

Acil servisler içinde hasta ve hasta yakınlarınca kolay görülebilecek noktalara anlaşılır dille bilgilendirme yazıları asılabilir. Hastane genelinde bilgilendirici afişler kullanılabilir, halka yönelik kamu spotları yayınlanabilir.

Acil servislerde çalışmayı güçleştiren aşırı yoğunluk, uzun mesai saatleri, yetersiz personel istihdamı gibi sorunların çözümü yönünde adımlar atılarak acil çalışanları üzerindeki yükün azaltılması; bu sayede de iyi hekimlik uygulamaları için vakit ve enerji tasarrufu sağlanması mümkün olabilir.

Çalışmamızda bilgiye dayalı kimi sorular bulunmakla birlikte veri toplama formları elektronik ortamda katılımcıların bilgi kaynaklarına erişim kısıtlaması söz konusu olmaksızın yanıtlandığı için katılımcıların yanıtları çeşitli kaynaklardan kontrol ederek vermiş olma ihtimali akılda tutulmalıdır. Ancak katılımcıların bilgi ve farkındalık düzeyi bu ihtimale rağmen oldukça düşük bulunmuştur.

KAYNAKÇA

1. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, Kim K-P, Mahesh M, Gould R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med.* 2009;169:2078–86. doi:10.1001/archinternmed.2009.427.
2. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.* 2007;357:2277–84. doi:10.1056/NEJMra072149.
3. Larson DB, Johnson LW, Schnell BM, Salisbury SR, Forman HP. National trends in CT use in the emergency department: 1995-2007. *Radiology.* 2011;258:164–73. doi:10.1148/radiol.10100640.
4. Broder J, Warshauer DM. Increasing utilization of computed tomography in the adult emergency department, 2000-2005. *Emerg Radiol.* 2006;13:25–30. doi:10.1007/s10140-006-0493-9.
5. Klang E, Beytelman A, Greenberg D, Or J, Guranda L, Konen E, Zimlichman E. Overuse of Head CT Examinations for the Investigation of Minor Head Trauma: Analysis of Contributing Factors. *J Am Coll Radiol.* 2017;14:171–6. doi:10.1016/j.jacr.2016.08.032.
6. OECD. Health at a Glance 2017. doi:10.1787/health_glance-2017-en.
7. OECD. Computed Tomography (CT) exams (indicator). 2018. Accessed 10 Feb 2018.
8. UNSCEAR. Radiation effects and sources: What is radiation? What does radiation do to us? Where does radiation come from? [Nairobi, Kenya?]: United Nations Environment Programme; 2016.
9. IAEA, Division of Public Information Vienna. Radiation, people and the environment. International Atomic Energy Agency (IAEA); 2004.
10. Badawy MK, Sayakkarage D, Ozmen M. Awareness of radiation dose associated with common diagnostic procedures in emergency departments: A pilot study. *Australas Med J.* 2015;8:338–44. doi:10.4066/AMJ.2015.2452.
11. Barbic D, Barbic S, Dankoff J. An exploration of Canadian emergency physicians' and residents' knowledge of computed tomography radiation dosing and risk. *CJEM.* 2015;17:131–9. doi:10.2310/8000.2014.141355.

12. European Society of Radiology. Summary of the European Directive 2013/59/Euratom: Essentials for health professionals in radiology. 2015;6:411–7. doi:10.1007/s13244-015-0410-4.
13. González ABd, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: Estimates for the UK and 14 other countries. *The Lancet*. 2004;363:345–51. doi:10.1016/S0140-6736(04)15433-0.
14. Repplinger MD, Li AJ, Svenson JE, Ehlenbach WJ, Westergaard RP, Reeder SB, Jacobs EA. Emergency Department Patients' Perceptions of Radiation From Medical Imaging. *WMJ*. 2016;115:22–8.
15. Lee WJ, Woo SH, Seol SH, Kim DH, Wee JH, Choi SP, et al. Physician and nurse knowledge about patient radiation exposure in the emergency department. *Niger J Clin Pract*. 2016;19:502–7. doi:10.4103/1119-3077.183298.
16. Boutis K, Thomas KE. Radiation dose awareness and disclosure practice in paediatric emergency medicine: How far have we come? *Br J Radiol*. 2016;89:20160022. doi:10.1259/bjr.20160022.
17. Keijzers GB, Britton CJ. Doctors' knowledge of patient radiation exposure from diagnostic imaging requested in the emergency department. *Med J Aust*. 2010;193:450–3.
18. Günalp M, Gülünay B, Polat O, Demirkan A, Gürler S, Akkaş M, Aksu NM. Ionising radiation awareness among resident doctors, interns, and radiographers in a university hospital emergency department. *Radiol Med*. 2014;119:440–7. doi:10.1007/s11547-013-0374-8.
19. Atci IB, Yilmaz H, Antar V, Ozdemir NG, Baran O, Sadillioglu S, et al. What do we know about ALARA? Is our knowledge sufficient about radiation safety? *J Neurosurg Sci*. 2017;61:597–602. doi:10.23736/S0390-5616.16.03418-4.
20. MEB. Radyoloji: Atomun Yapısı ve Elektron Teorisi 725TTT054. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı; 2011.
21. Oyar O. Radyolojide Temel Fizik Kavramlar, 1998. 3rd ed. İzmir: Nobel Tıp.
22. Tuncel E. Klinik Radyoloji 2008. 2nd ed. Bursa: Nobel ve Güneş Tıp Kitabevleri.
23. Oyar O, Gülsoy UK. Tıbbi Görüntüleme Fiziği. Ankara: Rekmay; 2003.

24. IAEA. Health Surveillance of Persons Occupationally Exposed to Ionizing Radiation: Guidance for Occupational Physicians. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; 1998.
25. Köklü N. Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileri ve tıpta uygulama alanları: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2006.
26. Kaya T, Adapınar B, Özkan R. Temel radyoloji tekniği. Nobel Kitabevi, \.Gstanbul. 1997.
27. IAEA. Radyasyon, insan ve çevre: iyonlaştırıcı radyasyon, etkileri ve kullanım alanları, güvenli kullanımı için uygulamada olan tedbirler. Ankara: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu; 2009.
28. MEB. Radyoloji: Radyasyondan Korunma 725TTT057. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı; 2011.
29. MEB. Radyoloji: Radyasyonun Zararlı Etkileri 725TTT055. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı; 2011.
30. González ABd, Mahesh M, Kim K-P, Bhargavan M, Lewis R, Mettler F, Land C. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. Arch Intern Med. 2009;169:2071–7.
31. Uzal C, Caloğlu M. Kanser etyolojisinde iyonizan radyasyonun yeri. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi;19:3–4.
32. ICRP. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Oxford: Published for the International Commission on Radiological Protection by Elsevier; 2007.
33. ICRP. Radiation protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann ICRP. 2007;37:1–63. doi:10.1016/j.icrp.2008.08.001.
34. Resmi Gazete 24.03.2000 / 23999. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği.
35. MEB. Çevre Sağlığı: Radyasyon Kirliliği 850CK0033. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı; 2011.
36. European Society of Radiology. White paper on radiation protection by the European Society of Radiology. Insights Imaging. 2011;2:357–62. doi:10.1007/s13244-011-0108-1.
37. MEB. Radyoloji: Radyoloji Etiği 224TF0009. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı; 2011.

38. Grenier PA, Beigelman-Aubry C, Fétita C, Prêteux F, Brauner MW, Lenoir S. New frontiers in CT imaging of airway disease. *European Radiology*. 2002;12:1022–44. doi:10.1007/s00330-002-1342-1.
39. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four Multidetector-Row Helical CT: Image Quality and Volume Coverage Speed. *Radiology*. 2000;215:55–62. doi:10.1148/radiology.215.1.r00ap3755.
40. MEB. Fizik 12 Ders Kitabı. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı; 2017.
41. IAEA. Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; 2001.
42. IAEA. Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; 2002.
43. IAEA. Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Procedures Using X Rays. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; 2006.
44. Ditkofsky N, Shekhani HN, Cloutier M, Chen ZN, Zhang C, Hanna TN. Ionizing Radiation Knowledge Among Emergency Department Providers. *J Am Coll Radiol*. 2016;13:1044-1049.e1. doi:10.1016/j.jacr.2016.03.011.
45. ICRP. Radiation and Your Patient: A Guide for Medical Practitioners. ICRP Supporting Guidance 2: SAGE Publications; 2002.
46. European Commission. Guidelines for Healthcare Professionals who prescribe Imaging Investigations involving Ionising Radiation. Radiation Protection 118. 2007.
47. IAEA. Radiation Protection in Paediatric Radiology. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; 2013.
48. IAEA. Radiation Protection in Newer Medical Imaging Techniques: PET/CT. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; 2008.
49. Atac GK, Inal T, Alhan A, Pabuscu Y. A study for assessing radiation protection awareness of radiology professionals. *Türk Radyoloji Derg*. 2016;35:52–8. doi:10.5152/turkjradiol.2016.190.
50. Taş F, Ceran C, Atalar MH, Bulut S, Selbeş B, Işık AO. The efficacy of ultrasonography in hemodynamically stable children with blunt abdominal trauma:

- A prospective comparison with computed tomography. *Eur J Radiol.* 2004;51:91–6. doi:10.1016/S0720-048X(03)00145-1.
51. Menaker J, Blumberg S, Wisner DH, Dayan PS, Tunik M, Garcia M, et al. Use of the focused assessment with sonography for trauma (FAST) examination and its impact on abdominal computed tomography use in hemodynamically stable children with blunt torso trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014;77:427–32. doi:10.1097/TA.0000000000000296.
 52. Siegel MJ, Babyn PS. *Pediatric Body CT: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2008.*
 53. ACR. ACR appropriateness Criteria. Blunt Abdominal Trauma 2012.
 54. Mahajan P, Kuppermann N, Tunik M, Yen K, Atabaki SM, Lee LK, et al. Comparison of Clinician Suspicion Versus a Clinical Prediction Rule in Identifying Children at Risk for Intra-abdominal Injuries After Blunt Torso Trauma. *Acad Emerg Med.* 2015;22:1034–41. doi:10.1111/acem.12739.
 55. Scaife ER, Rollins MD, Barnhart DC, Downey EC, Black RE, Meyers RL, et al. The role of focused abdominal sonography for trauma (FAST) in pediatric trauma evaluation. *J Pediatr Surg.* 2013;48:1377–83. doi:10.1016/j.jpedsurg.2013.03.038.
 56. ACR. ACR appropriateness Criteria. Acute Chest Pain — Suspected Pulmonary Embolism 2016.
 57. Konstantinides SV, Torbicki A, Agnelli G, Danchin N, Fitzmaurice D, Galiè N, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *Eur Heart J.* 2014;35:3033-69, 3069a-3069k. doi:10.1093/eurheartj/ehu283.
 58. RCOG. Thromboembolic Disease in Pregnancy and the Puerperium: Acute Management. Green-top Guideline No. 37b 2015.
 59. Groves AM, Yates SJ, Win T, Kayani I, Gallagher FA, Syed R, et al. CT pulmonary angiography versus ventilation-perfusion scintigraphy in pregnancy: Implications from a UK survey of doctors' knowledge of radiation exposure. *Radiology.* 2006;240:765–70. doi:10.1148/radiol.2403050910.
 60. ACR. ACR appropriateness Criteria. Acute Onset Flank Pain-Suspicion of Stone Disease (Urolithiasis) 2015.

61. Akhavein A, Ganesan V, Tarplin S, Monga M, Sivalingam S. Urolithiasis and Frequent CT Scans: Does Chronic Pain Play a Role? *J Endourol.* 2016;30:1161–4. doi:10.1089/end.2016.0204.
62. Chen TT, Wang C, Ferrandino MN, Scales CD, Yoshizumi TT, Preminger GM, Lipkin ME. Radiation Exposure during the Evaluation and Management of Nephrolithiasis. *J Urol.* 2015;194:878–85. doi:10.1016/j.juro.2015.04.118.
63. Fields JM, Fischer JI, Anderson KL, Mangili A, Panebianco NL, Dean AJ. The ability of renal ultrasound and ureteral jet evaluation to predict 30-day outcomes in patients with suspected nephrolithiasis. *Am J Emerg Med.* 2015;33:1402–6. doi:10.1016/j.ajem.2015.07.014.
64. Smith-Bindman R, Aubin C, Bailitz J, Bengiamin RN, Camargo CA, Corbo J, et al. Ultrasonography versus computed tomography for suspected nephrolithiasis. *N Engl J Med.* 2014;371:1100–10. doi:10.1056/NEJMoa1404446.
65. Brown N, Jones L. Knowledge of medical imaging radiation dose and risk among doctors. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2013;57:8–14. doi:10.1111/j.1754-9485.2012.02469.x.
66. Lee JH, Kim K, Lee KH, Kim KP, Kim YJ, Park C, et al. Perception of radiation dose and potential risks of computed tomography in emergency department medical personnel. *Clin Exp Emerg Med.* 2015;2:123–9. doi:10.15441/ceem.14.019.
67. Lee CI, Haims AH, Monico EP, Brink JA, Forman HP. Diagnostic CT scans: Assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. *Radiology.* 2004;231:393–8. doi:10.1148/radiol.2312030767.
68. Gervais N, Véronique G, Jacques J, Dominique V. How aware are Belgian permanent and resident emergency physicians of common medical costs and radiation doses? *Eur J Emerg Med.* 2011;18:344–50. doi:10.1097/MEJ.0b013e3283466eea.
69. Lee RKL, Chu WCW, Graham CA, Rainer TH, Ahuja AT. Knowledge of radiation exposure in common radiological investigations: A comparison between radiologists and non-radiologists. *Emerg Med J.* 2012;29:306–8. doi:10.1136/emermed-2011-200481.

70. Azmoonfar R, Faghirnavaz H, Younesi H, Morovati E, Ghorbani Z, Tohidnia. Physicians' Knowledge about Radiation Dose in Radiological Investigation in Iran. *Journal of Biomedical Physics & Engineering*. 2015;6:285–8.
71. Yurt A, Çavuşoğlu B, Günay T. Evaluation of Awareness on Radiation Protection and Knowledge About Radiological Examinations in Healthcare Professionals Who Use Ionized Radiation at Work. *Mirt*. 2014;22:48–53. doi:10.4274/mirt.00719.
72. Krille L, Hammer GP, Merzenich H, Zeeb H. Systematic review on physician's knowledge about radiation doses and radiation risks of computed tomography. *Eur J Radiol*. 2010;76:36–41. doi:10.1016/j.ejrad.2010.08.025.
73. 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;13:53–5.
74. Divrik Gökçe S. Araştırma Görevlilerinin Radyolojik Tetkiklerde Maruz Kalınan İyonizan Radyasyon Dozları Ve Kanser Riskine İlişkin Farkındalıkları [Tıpta Uzmanlık]. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi; 2009.
75. Ekşioğlu AS, Uner Ç. Pediatricians' awareness of diagnostic medical radiation effects and doses: Are the latest efforts paying off? *Diagn Interv Radiol*. 2012;18:78–86. doi:10.4261/1305-3825.DIR.4391-11.1.
76. Boutis K, Fischer J, Freedman SB, Thomas KE. Radiation exposure from imaging tests in pediatric emergency medicine: A survey of physician knowledge and risk disclosure practices. *J Emerg Med*. 2014;47:36–44. doi:10.1016/j.jemermed.2014.01.030.
77. II.Uluslararası katılımlı Radyasyondan Korunma Kongresi. Uluslararası Katılımlı Radyasyondan Korunma Kongresi Sonuç Bildirgesi. Ankara; Kasım 2017.
78. Sheng AY, Breaud AH, Schneider JI, Kadom N, Mitchell PM, Linden JA. Interactive Learning Module Improves Resident Knowledge of Risks of Ionizing Radiation Exposure From Medical Imaging. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2016;45:258–64. doi:10.1067/j.cpradiol.2015.11.002.
79. Youssef NA, Gordon AJ, Moon TH, Patel BD, Shah SJ, Casey EM, et al. Emergency department patient knowledge, opinions, and risk tolerance regarding computed tomography scan radiation. *J Emerg Med*. 2014;46:208–14. doi:10.1016/j.jemermed.2013.07.016.

80. Brown TW, McCarthy ML, Kelen GD, Levy F. An epidemiologic study of closed emergency department malpractice claims in a national database of physician malpractice insurers. *Acad Emerg Med.* 2010;17:553–60. doi:10.1111/j.1553-2712.2010.00729.x}.



EK 1. VERİ TOPLAMA FORMU

ACİL SERVİS HEKİMLERİNİN RADYASYONDAN KORUNMA FARKINDALIĞI

1. Cinsiyetiniz?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- Kadın
- Erkek

2. Yaşınız?

Sadece sayısal değer ile ifade ediniz.

3. Tıp Fakültesi mezuniyeti sonrası kaç yıldır görev yapıyorsunuz?

Sadece sayısal değer ile ifade ediniz. Bir yıldan az ise "<1" şeklinde belirtebilirsiniz.

4. Hangi sağlık kurumunda görev yapıyorsunuz?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- Üniversite
- Eğitim ve Araştırma Hastanesi
- Devlet Hastanesi
- Özel Hastane
- Diğer (belirtiniz) _____

5. Çalıştığınız kurumdaki göreviniz nedir?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- Acil Tıp Öğretim Üyesi (Prof., Doç., Yrd. Doç.)
- Acil Servis Klinik Şefi
- Acil Tıp Uzmanı
- Acil Tıp Asistanı
- Pratisyen
- Diğer (belirtiniz) _____

6. Çalıştığınız kurumda günlük ortalama acil servis başvuru sayısı nedir?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- | | |
|----------|--------------------------|
| < 100 | <input type="checkbox"/> |
| 101-250 | <input type="checkbox"/> |
| 251-500 | <input type="checkbox"/> |
| 501-1000 | <input type="checkbox"/> |
| > 1000 | <input type="checkbox"/> |

7. Çalıştığınız kurumda hangi acil görüntüleme modaliteleri mevcut?

Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz.

(Bir ya da birden çok seçim yapabilirsiniz.)

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Direkt grafi | <input type="checkbox"/> |
| Bilgisayarlı tomografi (BT) | <input type="checkbox"/> |
| Ultrasonografi (USG) | <input type="checkbox"/> |
| Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) | <input type="checkbox"/> |
| Anjiyografi - floroskopi | <input type="checkbox"/> |

8. Karın ağrısı ve fizik muayene bulgusu olmayan, künt batın travmalı, hemodinamik açıdan stabil 14 yaşındaki kız hastada görüntüleme yaklaşımınız nasıl olur?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- | | |
|--|--------------------------|
| Görüntüleme ya da gözleme gerek yoktur | <input type="checkbox"/> |
| Görüntülemeye gerek yoktur, bir süre gözlem yeterlidir | <input type="checkbox"/> |
| Genişletilmiş acil travma ultrasonu (EFAST) yaparım | <input type="checkbox"/> |
| Ayakta direk batın grafisi isterim | <input type="checkbox"/> |
| Radyoloji bölümünden abdominal USG isterim | <input type="checkbox"/> |
| I.V. kontrastlı batın BT isterim | <input type="checkbox"/> |
| I.V. kontrastsız batın BT isterim | <input type="checkbox"/> |
| MRG isterim | <input type="checkbox"/> |
| Fikrim yok | <input type="checkbox"/> |

9. Akut plöretik göğüs ağrısı ve nefes darlığı şikayeti ile acil servise başvuran 40 yaşında SAT'a göre 15 haftalık ilk gebeliğinde hastada akciğer grafisi ve alt ekstremitte venöz Doppler USG incelemesi anlamlı veri sağlamadı. Pulmoner emboli araştırmak amacıyla toraks BT anjiyografi tetkiki ister misiniz?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- | | |
|-------|--------------------------|
| Evet | <input type="checkbox"/> |
| Hayır | <input type="checkbox"/> |

10. Akut sağ yan ağrısı ile başvuran, muayene ve laboratuvar bulguları ürolitiazis düşündüren, 28 yaşında erkek hastada görüntüleme yaklaşımınız nasıl olur?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- | | |
|---|--------------------------|
| Radyolojik tetkik istemem | <input type="checkbox"/> |
| Direk üriner sistem grafisi | <input type="checkbox"/> |
| Ayakta direk batın grafisi | <input type="checkbox"/> |
| Üriner USG | <input type="checkbox"/> |
| Tüm abdomen USG | <input type="checkbox"/> |
| I.V. kontrastsız batın BT (taş protokolü) | <input type="checkbox"/> |
| Oral ve I.V. kontrastlı batın BT | <input type="checkbox"/> |
| MR Ürografi | <input type="checkbox"/> |

11. Hastalara BT görüntüleme öncesi radyasyon dozu / radyasyon riski ile ilgili bilgi veriyor musunuz?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- | | |
|--------------|--------------------------|
| Hiçbir zaman | <input type="checkbox"/> |
| Nadiren | <input type="checkbox"/> |
| Zaman zaman | <input type="checkbox"/> |
| Çoğu zaman | <input type="checkbox"/> |
| Her zaman | <input type="checkbox"/> |

12. Radyasyondan korunma ile ilgili doğru olduğuna düşündüğünüz tüm seçenekleri işaretleyiniz

(Bir ya da birden çok seçim yapabilirsiniz.)

- | | |
|---|--------------------------|
| Radyasyon içeren incelemeler gerekçelendirilmeli ve elde edilecek fayda-olası zarar hesaplanmalı, fayda üstün ise istenmelidir | <input type="checkbox"/> |
| USG ve MRG iyonizan radyasyon içermeyen görüntüleme modaliteleridir | <input type="checkbox"/> |
| Pediyatrik hastada radyasyon duyarlılığı (radyosensitivite) erişkinden farksızdır | <input type="checkbox"/> |
| Radyoloji uygulaması tanısal görüntü oluşturacak en düşük rasyonel doz ile gerçekleştirilmelidir | <input type="checkbox"/> |
| Pediyatrik hastalarda BT çekilirken erişkin çekim protokollerinden farklı protokol kullanılmasına gerek yoktur | <input type="checkbox"/> |
| Radyasyon zararını azaltmak için belirli bir süre dinlenmek gereklidir | <input type="checkbox"/> |
| Toplumun tıbbi ışınlama kaynaklarından maruz kaldığı radyasyonun en büyük bölümünü BT oluşturur | <input type="checkbox"/> |
| Proteinli ve bol mineralli besinler radyasyon etkisini azaltmak için kullanılır | <input type="checkbox"/> |
| Radyasyon içeren incelemelerin oluşturduğu hasta dozları, ulusal ve uluslararası standartlarla belli aralıklarla karşılaştırılmalı ve gerekli düzenlemeler yapılmalıdır | <input type="checkbox"/> |

13. Aşağıdaki görüntüleme modalitelerini hastanın maruz kalabileceği radyasyon açısından çoktan (1) aza (6) doğru numaralandırınız.

Pelvis (AP) grafisi	
Toraks BT	
Beyin diffüzyon MRG	_____
Beyin BT	_____
Posterior-anterior (PA) akciğer grafisi	_____
Kontrastsız ve kontrastlı tüm batın (abdomen+pelvis) BT	

14. Bir standart toraks BT incelemesi yaklaşık olarak kaç akciğer radyografisine eşdeğer hasta dozu oluşturur?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- Bilmiyorum
- 20
- 100
- 400
- 1000

15. Radyasyon güvenliği veya hastanın-çalışanın radyasyondan korunması konusunda eğitiminizi nerede aldınız?

Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz.

(Bir ya da birden çok seçim yapabilirsiniz.)

- Herhangi bir eğitim almadım
- Tıp Fakültesinde
- İhtisas / yan dal eğitimim sırasında
- Çalıştığım kurumlarda hizmet içi eğitim ile
- Katıldığım kongre ve kurslarda
- Kendi imkanlarımla kitap ve yayınlardan
- Sosyal medya ve / veya internetten
- Diğer (belirtiniz) _____

16. Radyasyondan korunma ve hasta dozu ile ilgili bilginize güveniyor musunuz?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- Evet
- Hayır

17. Radyasyondan korunma ve hasta dozu konusunda daha fazla eğitim almak ister misiniz?

(Sadece bir seçeneği işaretleyiniz.)

- Evet
- Hayır

18. Görev yaptığınız kurumda radyasyon güvenliği ile ilgili sorularınız/sorunlarınız konusunda kimden/nereden yardım alıyorsunuz?

Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz.

(Bir ya da birden çok seçim yapabilirsiniz.)

- Danışma ihtiyacı duymuyorum
- Kurumda danışabileceğim kimse yok
- Radyoloji Öğretim Üyeleri / uzmanları / asistanları
- Acil Tıp Öğretim Üyeleri / uzmanları / asistanları
- Medikal fizikçi
- Radyoloji teknisyeni
- Nükleer Tıp Öğretim Üyeleri / uzmanları / asistanları
- Kadın Hast. ve Doğum Öğretim Üyeleri / uzmanları / asistanları
- Kurum dışından profesyoneller
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) web sitesi
- Diğer (belirtiniz)

Radyasyondan korunma, radyasyon riski ve/veya hasta dozu konularında ek görüş veya önerileriniz varsa bizimle paylaşır mısınız?

EK 2. ETİK KURUL BEYANI

UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMA DEĞERLENDİRME KOMİSYONU ONAY FORMU

BAŞVURU İLGİLERİ	PROJE BAŞVURU TARİH /SAYI▶	04012017-2
	ARAŞTIRMANIN ADI	Acil Servis Hekimlerinin Radyasyondan Korunma Farkındalığı
	SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI	Yrd. Doç. Dr. Togay Evrin
	ARAŞTIRMANIN YERİ	X
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	X
	GÖNÜLLÜ BİLGİLENDİRME VE ONAM FORMU	X
	OLGU RAPOR FORMU	
	ARAŞTIRMANIN BÜTÇESİ	
	ARAŞTIRICI BROŞÜRÜ (varsa)	
KARAR BİLGİLERİ	Değerlendirme amacıyla Fakültemiz Acil Tıp Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Togay Evrin sorumluluğunda Dr. Başak Yılmaz'ın uzmanlık tezi olarak tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler 04/01/2017 tarihinde Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırma Değerlendirme Komisyonun'nda çalışma esasları doğrultusunda ve araştırmanın gerekece, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş araştırma etiğine uygun tasarlanmış olmasından dolayı onay verilmesine karar verilmiştir.	

KOMİSYON BİLGİLERİ

ÜYELER

Unvanı / Adı / Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu	E/ K	İlişki	Katılım**	İmza
Prof.Dr. Dikmen ARIBAL	Genel Cerrahi	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	E	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	
Prof. Dr. Ferit PEHLİVAN	Biyofizik	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	E	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	
Prof.Dr. Halil DEĞERTEKİN	İç Hastalıkları	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	E	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	
Prof. Dr. Recai PABUÇCU	Kadın Hastalıkları ve Doğum	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	E	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	
Prof. Dr. Selda DEMİRTAŞ	Biyokimya	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	K	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	
Doç. Dr. Arzu PAMPAL	Çocuk Cerrahisi	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	K	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	
Doç.Dr. Berrin YÜKSEL	Tıbbi Genetik	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	K	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	
Yrd. Doç. Dr. Handan DOĞAN	Patoloji	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	K	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	
Yrd. Doç. Dr. Şahika GÜNER	Tıbbi Farmakoloji	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	K	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	
Yrd. Doç. Dr. Hande ARSLAN	Kulak Burun ve Boğaz Hastalıkları	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	K	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	
Ecz. Nilgün SÜER	Eczacı	UFUK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ	K	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> H	

E/K: Cinsiyeti; *Araştırmayla ilişki; ** Toplantıda bulunma