

## Radyoterapi Ünitelerinde Meydana Gelen Kazalar; Nedenleri ve Sonuçları

*Accidents in Radiation Therapy Units; Reasons and Consequences*

Funda S. PALA

Başvuru tarihi / Submitted: 17.05.2005 Kabul tarihi / Accepted: 01.09.2005

Radyoterapi, kanserli hücrelerin ortadan kaldırılmasında ve/veya tümörün küçültülmesinde ionizan radyasyonları kullanan bir tedavi şeklidir. Kanserli hastaların yaklaşık yarısına herhangi bir dönemde tek başına veya kemoterapi/cerrahi gibi diğer yöntemlerle birlikte radyoterapi uygulanmaktadır. Yüksek teknoloji içeren her konuda olduğu gibi, ionizan radyasyon uygulamalarında da kaza riskini ortadan kaldırmak mümkün değildir. Değerlendirmeler, bu kazaların çögünün ya personelin eğitim yetersizliği ve dikkatsizliğinden ya da idari ve/veya teknik personelin radyasyon korunması ve radyasyon güvenliği düzenlemeleri konusundaki bilgi yetersizliğinden kaynaklandığını göstermektedir. Meydana gelen küçük veya büyük çaplı kazalar, benzer kazaların meydana gelmesini azaltabilmek amacıyla uzman araştırcılar tarafından incelenmiştir. Ayrıca kaza sonrası yapılan geriye dönük değerlendirmeler ve uzun süreli hasta takipleri, kazalardaki tıbbi ve dozimetrik hataların önlenmesi ve olumsuz sonuçların azaltılması için faydalı olacaktır. Bu makalede radyoterapi ünitelerinde meydana gelmiş bazı kazalar gözden geçirilerek, nedenleri, kişiler üzerindeki etkileri ve kazalardan çıkarılan dersler özetlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Radyasyon kazaları/korunma ve kontrol; radyoterapi.

Radiation therapy uses ionizing radiation to kill cancer cells and shrink tumours. About half of the patients with cancer are treated with radiation therapy, either alone or in combination with other types of cancer treatment such as chemotherapy or surgery. As with any high technology application, it is not possible to eliminate accident risk during the use of ionizing radiation. Evaluations have shown that most radiation accidents occur due to insufficient training and attention of the staff, or insufficient knowledge of the administrative and/or technical staff about radiation protection and radiation safety regulations. Extensive research and analysis of previously occurring radiation therapy accidents has ensured a greatly reduced risk of subsequent identical accidental exposures. Furthermore, retrospective overview and long term follow-up of patients could be useful to eliminate medical and dosimetric application errors of radiation accidents in the future. In this study some of the accidents that have occurred in radiation therapy units will be overviewed along with their reasons of occurrence, main health consequences and lessons to be derived from these accidents, will be summarized.

**Key Words:** Accidents, radiation/prevention & control; radiotherapy.

Trakya Univ Tip Fak Derg 2006;23(2):103-108

Trakya Üniversitesi Tip Fakültesi Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı (Pala, Yrd. Doç. Dr.).

İletişim adresi: Dr. Funda S. Pala. Trakya Üniversitesi Tip Fakültesi Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, 22030 Edirne.

Tel: 0284 - 235 76 41 / 1449 Faks: 0284 - 235 27 30 e-posta: fspala@trakya.edu.tr

©Trakya Üniversitesi Tip Fakültesi Dergisi. Ekin Tıbbi Yayıncılık tarafından basılmıştır. Her hakkı saklıdır.

©Medical Journal of Trakya University. Published by Ekin Medical Publishing. All rights reserved.

Literatürde kaza “operatör hatası, cihaz arızası veya diğer aksilikler nedeniyle meydana gelen, kısmen de olsa güvenlik ve korunmayı dikkate almamanın sonucunda gelişen istenmeyen olaylar” olarak tanımlanır. Radyasyon kazası ise “bir radyasyon kaynağından veya iyonizan radyasyonlarla yapılan bir uygulama sırasında meydana gelen, sonucunda insanların veya malzemenin ışınlanması ve/veya zarar görmesine neden olan beklenmeyen veya istenmeyen olay”dir.<sup>[1,2]</sup> Kaza riskini tamamen ortadan kaldırın hiçbir teknolojinin olmadığı bilinen bir gerçekdir. İyonizan radyasyonların kanser tedavisinde kullanılmaya başlamasından bu yana da sayıları çok fazla olmamakla birlikte küçük veya büyük çaplı bazı kazalar meydana gelmiştir. Sevindirici olan son 10 yılda meydana gelen kazaların sayılarının azalmasıdır. Bu kazaların büyük bir çoğunluğu ya personelin eğitim yetersizliği ve dikkatsizliğinden ya da idari mekanizmaların yanlışlıklarından kaynaklanmıştır.

Radyoterapi kanser hücrelerini küçültmek veya yok etmek için iyonizan radyasyon kullanan bir tedavi yöntemidir ve üç şekilde uygulanır: Özel ünitelerde özel makineler ile, hastanın dışından hedef bölgeye iyonizan radyasyon uygulanması şeklinde yapılan eksternal radyoterapi, radyoaktif maddenin tel, tüp ya da iğne içinde hastanın cilt altı dokularına, kas arasına veya organ boşluklarına yerleştirilmesiyle yapılan brakiterapi ve radyoizotopların çözelti halinde intravenöz yoldan verilerek hastalıkla organda toplanmasını ve internal olarak ışınlanmasını amaçlayan sistemik selektif radyoterapi tümörlü hücreleri ortadan kaldırmak veya küçültmek için uygulanan dozlarda, ışınlama alanı içinde kalan normal hücreler de zarar görebektedir. Radyasyon hüzmesinin tümöre odaklanmasıyla mümkün olduğunca az normal hücrenin alana girmesinin sağlanması, çoklu alan uygulaması yapılarak tümöre yüksek doz verilirken yüzey dozunun düşürülmesi, fraksiyonel tedavi uygulanması gibi yöntemlerle eksternal radyoterapide sağlam dokuların zarar görmesi minimuma indirilmektedir.<sup>[3,4]</sup>

Tümörün ve normal dokuların aldığı dozu hesaplarken dikkate alınması gereken pek çok

faktör vardır. Bu faktörlerden birinde yapılacak hata hedef bölgenin yeterli doz alamamasına veya korunması gereken normal dokuların yüksek doza maruz kalmasına neden olabilir. Bu durum ise hastanın tedavisinin başarısız olması, tedavi sonrası radyasyon nedeniyle ikincil kanserlerin gelişmesi, hatta bazı ender durumlarda hastanın yüksek doz nedeniyle ölümeyle sonuçlanabilir.<sup>[5]</sup>

Bu çalışmada bazı radyoterapi kazalarının meydan geliş şekilleri ve sonuçları hakkında bilgi verilerek ve bu kazalardan çıkartılması gereken dersler özetlenmiştir.

## RADYOTERAPİ ÜNİTELERİİNDE MEYDANA GELEN KAZALAR

### A. Eksternal radyoterapi uygulamalarında meydana gelen kazalar

*Eksternal radyoterapi başlıca üç tip cihaz kullanılarak uygulanır: i) Radyoaktif Co-60 kaynağının bozunması sırasında açığa çıkan gama ışınlarının tedavi edilmek istenen alana yönlendirilmesi esasıyla çalışan Co-60 cihazları; ii) elektromanyetik alanda hızlandırılan elektronları ya da bu hızlandırılmış elektronların yüksek atom ağırlıklı bir maddeye çarptırılmasıyla elde edilen yüksek enerjili X ışınlarını kullanan lineer akseleratörler; iii) röntgen tüplerinde daha düşük enerjilerde X ışınları üreten ortovoltaj tedavi cihazları.* Eksternal radyoterapide meydana gelen kazaların nedenleri arasında personelin eğitim yetersizliği, denetimsizlik ve kalite güvenirlilik düzenlemelerinin uygulanmaması öne çıkmaktadır.

#### 1. Co-60 kaynağının doz hızının hatalı hesaplanması

##### 1.1. Amerika (1974-76)<sup>[5-7]</sup>

1974-1976 tarihleri arasında Amerika'da meydana gelen bu kazaya bir teleterapi ünitesindeki Co-60 kaynağının bozunma eğrisinin hatalı çizilmesi yol açmıştır. Eğrinin olması gerekenden daha dik çizilmesi, bozunmanın hatalı hesaplanması neden olmuş, doz hızı olması gerekenden daha düşük hesaplanmıştır. İlk 5.5 ay için hastalara %10 daha fazla doz verilirken, kazanın tespit edildiği 22 ay sonrasında verilen fazla doz oranı %50'ye ulaşmıştır.

Bu süre içinde 426 hasta tedavi görmüştür. Bu hastalar kanser hastası olması nedeniyle, hayatını kaybedenlerin ölüm nedenleri kesin olarak belirlenmemiş, bir yıl sağ kalan 183 hastanın ise %34'ünde fazla doza maruz kalmakla ilişkili beyin, spinal kord, deri, orofarengeal mukoza, kolon ve rektumda ağır komplikasyonlar görülmüştür.

### 1.2. Kosta Rika (1996)<sup>[3,5,6]</sup>

Kosta Rika'nın başkenti San José'deki San Juan de Dios hastanesinde Co-60 radyoterapi cihazı değiştirildikten sonra, yeni kaynak kalibre edilirken doz hızının %50-60 daha düşük hesaplanması kazaya neden olmuştur. Bu yanlış hesaplama sonucunda hastalara verilmesi gereken çok daha yüksek dozlar, daha uzun sürelerde uygulanmıştır.

Kaza, radyoterapi uygulaması sonrasında hastalarda deride kızarıklıklar, diyare, karin ağrısı gibi akut radyasyon sendromu etkileri görülmesi üzerine doktorun, hastanede bulunan iki radyoterapi ünitesinin (Theratron ve Alcyon II) doz hızlarını incelemesi üzerine ortaya çıkmış, yapılan hesaplamlar sonucunda hastalara 1.66 kat daha yüksek doz verildiği anlaşılmıştır. Bir ay boyunca tedavi gören toplam 115 hasta yüksek doza maruz kalmıştır. Bu hastaların 42'si dokuz ay içinde hayatını kaybetmiştir. Hasta dosyalarında yapılan değerlendirmeler sonucunda, üç hastanın fazla doz nedeniyle öldüğü ve dört hastanın ölümünden de yüksek dozun büyük katkısı olduğu saptanmıştır.

Radyoterapide kullanılan yüksek dozlarda, radyasyona maruz kalmın etkileri, işinlanmayı takiben ilk altı ay içinde ortaya çıkan akut etkiler, 6-12 ay içinde gözlemlenen subakut etkiler ve uzun süre sonra ortaya çıkan kronik etkiler şeklinde sınıflanabilir.<sup>[5]</sup>

Yüksek doza maruz kalmayı takiben hastaların çoğunda, deride ülserleşme, şiddetli mukosit, mide bulantısı, kusma ve diyare gibi akut etkiler görülmüştür. Bu dozlarda meydana gelebilecek subakut ve kronik etkilerin büyük bir kısmı radyasyona duyarlı bazı dokuların fazla doza maruz kalması veya bazı arteriyollerin lümenlerinin radyasyon nedeniyle çoğulukla geri dönüşümsüz veya çok uzun süreli daralması sonucu gelişmektedir.

## 2. Tedavi planlama sisteminin (TPS) hatalı kullanılması

### 2.1. İngiltere (1982-1991)<sup>[5-7]</sup>

İngiltere'de meydana gelen ve 1045 hastanın yetersiz doz almasına neden olan kaza, yeni bir tedavi planlama sistemine geçilirken sistemin özelliklerinin doğru anlaşılmasıından kaynaklanmıştır. Bilgisayarlı tedavi planlama sistemi (TPS) kurulmadan önce yapılan tedavilerin çoğu sabit "Kaynak Cilt Mesafesi"nde (SSD) yapılıyor ve izosentrik tedavi planlamalarında SSD'yi "Kaynak Aks Mesafesi"ne (SAD) çevirmek için düzeltme faktörü kullanılıyordu. Sistem kurulduktan sonra da TPS'nin bu hesaplamaları otomatik olarak yaptığı bilinmeden, mesafe düzeltme hesapları elle yapılmaya devam edilmiş, böylece iki kez düzeltme uygulanmıştır. Bu hata izosentrik SAD uygulamalarında verilen dozların %30 düşük olmasına yol açmış ve hatalı doz uygulaması dokuz yıl süresince anlaşılmamıştır. 1982-1991 tarihleri arasında, 1045 hastanın 492'sinde yeterli doz uygulanmaması nedeniyle geliştiği düşünülen lokal nüks gözlemlenmiştir.

### 2.2. Panama (Ağustos 2000-Mart 2001)<sup>[4-6,8]</sup>

Panama'da kanser tedavisi yapan bir merkez olan The Instituto Oncológico Nacional'da (ION) meydana gelen kazaya, iki boyutlu bilgisayarlı tedavi planlama sisteme, koruma bloklarının taslağının çizilmesi işlemi sırasında hatalı verilerin girilmesi neden olmuştur. Radyoterapi merkezlerinin çoğunda olduğu gibi, Panama'daki bu merkez de tedavi sırasında kritik yapıları ve normal dokuları korumak amacıyla kurşun bloklar kullanmaktaydı. Her bir koruma bloğuna ait veri TPS'ye ayrı ayrı giriliyordu. Kullanılan TPS tedavi zamanını ve doz dağılımini hesaplarken alan başına en fazla dört koruma bloğuna izin veriyordu. Onkologların bir alanda beş koruma bloğu kullanılması talebine yanıt verebilmek amacıyla Agustos 2000'de koruma bloklarının düzenlenmesi değiştirildi. Tedavi planlama sistemine girilen veride çoklu koruma bloklarının tek bir karmaşık şekilli blok gibi gösterilebileceği, böylece alan başına dört blok sınırının aşılabileceği düşünüldü. Hesaplamları yapan tıbbi fizikçi;

- Tedavi planlama sisteminin kullanım kitapçığında bloklarla ilgili bilginin bilgisayara giriş konusunun kullanıcıya yol gösterebilecek kadar açık olmaması,

- Birkaç farklı blok giriş yolunun bilgisayar tarafından kabul edilmesi,

- Bloklarla ilgili bilgi bilgisayara kitapçıkta belirtilen yöntemler dışında hatalı bir şekilde girilse dahi, ekranda herhangi bir uyarı görülmemesi,

- Bloklarla ilgili bilgi bilgisayara yanlış girildiğinde, sistemin veri doğru girilmiş gibi diagram hazırlaması, nedeniyle hesaplama sonuçlarının hatalı olduğunu algılayamadı.

Tedavi planlama sistemi, veri girişinde çoklu koruma bloğunu tek bir blok gibi kabul etmeye birlikte, tedavi süresini olması gerekenden daha uzun hesaplıyordu. Böylece hastalara gerakenden daha yüksek doz verilmiş oluyordu.

Yeni bir protokole geçerken, bilgisayarın yaptığı doz ve tedavi süresi hesaplamları, fizikçi tarafından da hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılmalı veya su fantomu kullanarak ışınlama simülasyonu yapılmalı ve verilen doz ölçüleerek kontrol edilmelidir. Bu olayda yeni düzenlenen protokol herhangi bir onaylama testi yapılmaksızın kullanılmıştır. Bu nedenle de tedavi süresi olması gerekenin iki katı olmasına karşın hata fark edilememiştir. Bu protokol, Agustos 2000-Mart 2001 tarihleri arasında serviks ve prostat kanseri tedavisi gören 28 hastaya uygulanmıştır. Işınlanan hastaların bazlarında akut radyasyon sendromları görülmüş ancak fazla dozla ışınlanma anlaşılımadan aylarca devam etmiştir. Protokolün hatalı olduğu ortaya çıktığında bu şartlarda tedavi görmüş 28 hastanın sekizi hayatını kaybetmiştir. Yapılan incelemler beş hastanın ölümüne ışınlama hatasının neden olduğunu ortaya koymuş, bir hasta ilerleyen kanser nedeniyle ölüken, diğer iki hastada ölüme neyin neden olduğu karar verebilecek yeterli bilgi elde edilememiştir. Sağ kalan diğer 20 hastanın çoğunun bağırsaklarında yaralar görülmüş, hastaların bir kısmında uzun süreli kanlı ishal, nekroz, ülserleşme ve anemi gibi akut etkiler saptanmıştır. Sağ kalan hastala-

rın yaklaşık üçte birinde, bir kısmı ölümle sonuçlanabilecek ciddi komplikasyonlar olabileceği düşünülmektedir.

### B. Brakiterapi uygulamaları sırasında meydana gelen kazalar

Eksternal radyoterapi uygulamalarında tümör dozu, işin demetinin geleceği yol boyunca yer alan sağlıklı dokuların toleredeceği maksimum dozla sınırlıdır. Sağlıklı dokuların büyük risk taşıdığı bazı durumlarda, tümöre yeterli tedavi dozunu uygulayabilmek ve sağlıklı dokuları daha iyi koruyabilmek amacıyla brakiterapi uygulanır. Brakiterapide en çok kullanılan radyoaktif kaynaklar; Ir-192, I-125, Au-198, Co-60, ve Cs-137'nin solid radyoizotoplari gibi genellikle alfa, beta ve düşük enerjili gama işini yayan kaynaklardır. Bu kaynaklar konuldukları yer ve 1-2 cm çevresinde en yüksek dozu sağlayacak şekilde uygulanır. Doz brakiterapi kaynaklarından uzaklaşıkça çok hızlı bir şekilde azalır, böylece tümör maksimum dozu alırken, çevre dokular zarar görmez.

Brakiterapi uygulamaları daha önce tümöre radyoaktif iğneler implant edilerek ya da vücut boşuklarına içinde radyoaktif tüpler bulunan aplikatörler yerleştirilerek yapılmıştır. Ancak bu durumda hem uygulamayı yapan radyasyon onkologları ve kaynakları hazırlayan tıbbi fizikçiler hem de ameliyat odasındaki hemşire dahil tüm çalışanlar, lokalizasyon filmlerini çeken radyoloji teknisyenleri, hasta sedyesini taşıyan personel ve bu taşıma sırasında hastanın yakınından geçen kişiler dahi radyasyona maruz kalma riski taşırdı. Bugün ise uzaktan kumanalı, sonradan yüklemeli sistemler kullanılarak tüm personelin alacağı doz minimuma indirilmekte ve kaynaklar zırhına geri döndüğünden, çevre açısından risk ortadan kaldırılmaktadır. Bu sistemde hekim tarafından hastaya manuel olarak yerleştirilen, radyoaktif kaynaklar değil kaynağın içine gönderileceği aplikatörlerdir. Personel oda dışına çıktıktan sonra cihaz, kaynakları zırhlarının içinden alarak tüpler vasıtasiyla aplikatör içine gönderir ve tedavi süresi sonunda kaynaklar cihaz tarafından zırhları içine geri alınır. Sistem dışarıdan bir bilgisayar tarafından kontrol edilir.<sup>[9]</sup>

### *1. Yüksek doz hızlı (HDR) brakiterapi cihazının arızalanması (1992)<sup>[5-7]</sup>*

Amerika'nın Pensilvanya eyaletinde bir radyoterapi merkezinde rektal karsinomali bir hasta Ir-192 kaynağı kullanılarak yapılan yüksek dozlu bir brakiterapi uygulaması sırasında kaynağı geri çeken mekanizma arızalanmış ve kaynak hastanın içinde kalmıştır. Sistemin uzaktan kontrolüne imkan sağlayan bilgisayar sistemi, kaynağın zırhına geri döndüğünü göstermekle birlikte, dış radyasyon monitörleri ortamda radyasyon olduğu uyarısını yapmış, ancak sağlık fizikçisi sistemler arasındaki farklılığı doğru analiz edememiştir. Hasta içinde kaynak olan kateterle, kaldığı bakım evine geri götürülmüştür. Kaynak hastanın içinde dört gün kalmış daha sonra içinde kaynak bulunan kateter düşmüştür. Rektal bölgeye uygulanması düşünülen doz 18 Gy iken, kaynağa 1 cm mesafeden 16000 Gy'lik doz alan hasta kaynak çıkartıldıktan kısa bir süre sonra hayatını kaybetmiştir. Bakım evi çalışanları kateteri, radyoaktif olmayan tıbbi atıkların arasına koymuşlar ve atıklar, atık yoketme merkezine taşınmış, burada radyasyon monitörleri tarafından bulunmuştur. Aralarında klinik çalışanları, bakım evi personeli, ambulans şöförü ve atık işleme merkezi çalışanlarının bulunduğu 94 kişide yapılan doz değerlendirme bu kişilerin çok düşük dozlara maruz kaldığını göstermiştir.

### *2. Yanlış hastaya HDR brakiterapi uygulaması (1995)<sup>[7]</sup>*

Nazal septum kanseri nedeniyle beş kez Ir-192 uygulaması planlanan bir hastanın ilk dört uygulaması herhangi bir hata olmadan tamamlandı. Beşinci uygulamadan önce uygulamayı yapan fizikçi yandaki kontrol panelinden yanlışlıkla başka bir hastanın kartını almış, sonucunda da bilgisayara başka bir hastanın bilgilerini girmiştir. Stajyer bir teknisyen, tedavi devam ederken uygulamayı bitirebilmek için uygulama süresini sormuş, doktor ve fizikçiden farklı yanıtlar almış, durumu fark eden doktor, bir hata olduğunu anlayıp, tedaviyi hemen durdurmuştur. Hatalı bilgi sonucunda, hastanın dudağı Ir-192 ile olması gerekenden fazla ışınlanmış, yapılan hesaplamalarla bir dakikalık uygulama so-

nunda hastanın dudağının planlanan 0.25 Gy yerine 0.75 Gy doz aldığı saptanmıştır. Bu kazada uygulanan doz normal dokular için çok yüksek olmadığından hasta açısından bir risk oluşturmamıştır. Ancak küçük bir dikkatsizliğin bile ne kadar büyük sonuçlar yaratabileceğini anlamak açısından dikkat çekici bir kazadır.

## **KAZALARDAN ÇIKARTILAN DERSLER**

Meydana gelen radyasyon kazalarının detaylı analizlerinin yapılması ve bu kazalardan dersler çıkartılması, ilerde meydana gelebilecek benzer kazaların engellenmesine yardımcı olacaktır. Radyoterapi uygulamalarında meydana gelen kazalar incelendiğinde, kazaların ana nedenlerinin kalite güvence programlarının oluşturulmaması veya uygulanmaması ile ulusal/uluslararası düzenlemelere uyulmaması olduğu görülmektedir.

Son 30 yıl içinde meydana gelen büyük boyutlu radyoterapi kazaları incelendiğinde, bu hataların tekrarını engellenmek amacıyla alınması gereken önlemler şu şekilde sıralanabilir:

Yüksek teknolojiye sahip bir cihaz kullanıyor olmak, iyi bir radyoterapi uygulaması için garanti değildir, yeterli destek cihaz, eğitim ve öğrenim, yetişmiş personel ve disiplinli bir yönetim esastır.

Radyasyon kazalarına neden olan en yaygın faktör insan hatalarıdır. Bu nedenle personel eğitimine azami dikkat gösterilmelidir. Bir radyoterapi ünitesinde temel eğitim verilerek çalıştırılmaya başlanan personele, daha sonra çalıştırılacağı alana özel eğitim verilmesi de zorunludur ve bu eğitim sürekli olmalıdır. Kullanılan bütün düzenlemelerin yanı sıra, radyasyon korunması ve kullanılan kaynakların özellikleri de eğitimim bir parçası olarak verilmelidir.

Radyoterapide, tek bir hata veya cihazdaki bir eksiklik, eğer hastaya yanlış doz verilmeden önce anlaşılmazsa, sonuçları çok ciddi hatta ölümcül olabilir. Hastaya yanlış doz vermeden önce hatanın belirlenmesini ve düzeltmesini sağlayacak bir sisteme yani kalite güvence sisteme ihtiyaç vardır. Kalite güvence programları geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.

Yeni bir protokol uygulanmaya başlamadan önce her bir hasta için TPS tarafından hesaplanan dozlar ve işinlanma süreleri, fizikçi tarafından bağımsız olarak hesaplanmalı ve sonuçlar karşılaştırılmalıdır.

Özellikle hesaplamanın pratik olmadığı karmaşık uygulamalarda, her yeni protokol uygulamasından önce fantomda, iyon odası ölçümü yapılmalıdır.

Doz verilirken yapılan hatalar, işinlanma sırasında hasta üzerine yerleştirilen katı hal dedektörleri kullanılarak *in vivo* dozimetriyle belirlenebilir. Standart dışı işinlamalarda *in vivo* dozimetri kullanılarak bireysel doz ölçümleri yapılmalıdır.

Radyoterapi protokollerinin çoğunlukla hata için çok küçük bir pay bıraktığından %10'dan büyük hatalarda tümör etrafındaki, normal dokular da ciddi hasar görebilir. Eğer radyoterapi sonrasında hastada beklenmeyen akut etkiler görülürse tedavi durdurulmalı ve belirli aralıklarla zaten yapılması şart olan kaynağın kalibrasyonu derhal gözden geçirilmelidir.

Radyoterapi kaynağı özel olarak bu konuda eğitim görmüş kişilerce değiştirilmeli ve bağımsız olarak tıbbi fizikçi tarafından kontrol edilmelidir.

Radyoterapi cihazının mekanik ve elektrik ünitelerinin doğru kullanılması için üretici firma ve kullanıcı arasında sürekli iletişim olmalıdır.

## SONUÇ

Regülasyonlara uyularak, ciddi ve dikkatli bir planlamayla yapılan radyasyon tedavisi, hasta açısından oldukça güvenli bir yöntemdir. Kaza her teknolojide olduğu gibi, iyonizan radyasyon kullanılan teknolojiler için de kaçınılmazdır. Son 15 yılda radyoterapi ünitelerinde üç büyük kaza meydana gelmiş bu kazalarda yaklaşık 1300 kişi tedavi dozu için gerekli olan dan yüksek veya düşük radyasyon dozuna maruz kalmış, bunların da yaklaşık 50'sinin ölümünden radyasyon sorumlu tutulmuştur. Ölümcul bir hastalık olan kansere yakalanan milyonlarca hastanın faydalandığı düşünüldüğünde bu rakam kuşkusuz radyoterapinin sağ-

ladığı olanaklardan vazgeçilmesini gerektirmeyecek kadar düşüktür.

Kazaların oluş nedenleri incelendiğinde esas sorunların personelin temel eğitimi ve radyasyon korunması ve güvenliğiyle ilgili işbaşı eğitimlerinin yetersiz olmasından bunun yanı sıra ulusal/uluslararası regülasyonların uygulanmamasından kaynaklandığı görülmektedir. Saptanan hatalar kadar saptanamayanların da var olduğu gözden uzak tutulmamalı, işinlanan tüm hastaların risk altında olduğu kabul edilerek akut ve kronik yan etkiler dikkatle takip edilmelidir. Planlanandan daha yüksek dozların beklenenin üzerinde reaksiyonlara yol açtığı, daha düşük dozların ise tümör yanıtızlığı olarak gözlemleneceği unutulmamalıdır. Radyoterapi ünitelerinde görevli her seviyedeki personelin tanı ve tedavi planlaması kadar, radyoterapinin uygulanmasında yapılabilecek hataları minimize etme yönünde de sürekli eğitim içinde olmaları sağlanmalıdır. Kalite güvence programlarının oturtulması, ulusal ve uluslararası düzenlemelere uyulması meydana gelebilecek kazaları minimuma indirecektir.

## KAYNAKLAR

1. International Atomic Energy Agency and World Health Organization. Planning the medical response to radiological accidents. IAEA Safety Report Series No: 4. Vienna: International Atomic Energy Agency; 1998. p. 31.
2. Turai I, Veress K. Radiation accidents: Occurrence, types, consequences, medical management, and the lessons to be learned. CEJOEM 2001;7:3-14.
3. IAEA report. Accidental overexposure of radiotherapy patients in Costa Rica. International Vienna: International Atomic Energy Agency; 1998.
4. IAEA report. Investigation of an accidental exposure of radiotherapy patients in Panama. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2001.
5. ICRP 86. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2000.
6. Cosset JM. ESTRO Breur Gold Medal Award Lecture 2001: irradiation accidents- lessons for oncology? Radiother Oncol 2002;63:1-10.
7. IAEA. Lessons learned from accidental exposures in radiotherapy. Safety report series No: 17. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2000.
8. Vatnitsky S, Ortiz Lopez P, Izewska J, Meghzifene A, Levin V. The radiation overexposure of radiotherapy patients in Panama 15 June 2001. Radiother Oncol 2001;60:237-8.
9. Brakiterapi el kitabı. Ankara: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu; 1992.