

## RADYONÜKLİD TEDAVİLERDE DOZ HIZI ÖLÇÜMLERİ VE HASTA TABURCU EDİLME ZAMANININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### THE EVALUATION OF DOSE RATE MEASUREMENTS AND DISCHARGE TIME AFTER RADIONUCLIDE THERAPY

Nami YEYİN\*, Reşit AKYEL\*, Mohammad ABUQBEİTAH\*, İffet ÇAVDAR\*\*, Kerim SÖNMEZOĞLU\*, Mustafa DEMİR\*

#### ÖZET

**Amaç:** Yatarak radyonüklid tedavi gören kanser hastalarından yayılan radyasyonun doz hızlarını ölçmek, ölçüm sonuçlarına göre hastaların taburcu edilebilme koşullarını belirlemektir.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmamıza 3700, 5550 ve 7400 Megabecquerel (MBq) aktivite miktarlarında İyot 131 (<sup>131</sup>I) tedavisi uygulanan 576 tiroit kanseri hastası, 3700, 5550 ve 7400 MBq aktivite miktarlarında Lutesyum-177 (<sup>177</sup>Lu)-DOTA-(Tyr<sup>3</sup>)-octreotate (DOTATATE) uygulanan nöroendokrin tümörlü hasta, 7400 MBq aktivite miktarında <sup>177</sup>Lu-Prostat Spesifik Membran Antijen (PSMA) uygulanan prostat kanseri olmak üzere toplam 245 hasta, 1500-4500 MBq aktivite miktarı aralığında Yttrium-90 (<sup>90</sup>Y) tedavisi uygulanan 19 hasta olmak üzere toplamda radyonüklid tedavi uygulanan toplam 840 hasta alındı. Doz hızları Geiger-Müller (GM) problu detektörle 1 m mesafeden ölçüldü. Doz hızı ölçümleri >30 µSv/sa olan hastaların tedavi ünitesinde yatırılmasına devam edildi ve 48. saatte doz hızı ölçümleri tekrar yapıldı.

**Bulgular:** 24. saatte ölçülen doz hızı ortalamaları <sup>131</sup>I tedavilerinde 3700, 5550 ve 7400 MBq için sırasıyla; 24.7±7 µSv/sa, 52.1±17 µSv/sa ve 66.7±15 µSv/sa; <sup>177</sup>Lu- DOTATATE tedavilerinde 3700, 5550 ve 7400 MBq için sırasıyla; 3.7±1, 5.1±2 ve 7.1±3 µSv/sa, <sup>177</sup>Lu-PSMA tedavisinde 7400 MBq için 7.2±3 µSv/sa ve <sup>90</sup>Y mikroküre tedavisinde 4±0.3 µSv/sa olarak bulundu. 3700, 5550 ve 7400 MBq <sup>131</sup>I tedavilerinde 48. saatteki doz hızı ise 13±6, 13.2±5 ve 17.2±4 µSv/sa olarak bulundu.

**Sonuç:** Bu sonuçlara göre 3700 MBq <sup>131</sup>I, tedavilerinde hastaların en az 24 saat, <sup>177</sup>Lu ve <sup>90</sup>Y tedavilerinde hastaların en fazla 24 saat nükleer tıp servisinde kurşun izolasyonlu odalarda yatırılmaları, 5500 ve 7400 MBq <sup>131</sup>I tedavisi uygulanan ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından belirlenen kritere göre doz hızı >30 µSv/sa olarak ölçülen hastaların 48 saat yatırılmaları yeterli olduğu belirlendi.

**Anahtar kelimeler:** Radyonüklid tedavi; doz hızı; tiroit kanseri; nöroendokrin tümör; radyomikroküre tedavisi.

#### ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to measure radiation dose rate from hospitalized patients and to determine release dose for discharge time after radionuclide therapy.

**Materials and Methods:** Our study included 840 patients undergoing radionuclide therapy in which 576 patients were treated by different doses of iodine: 3700, 5550 ve 7400 MBq, 144 patients were treated with variable amounts of <sup>177</sup>Lu-DOTATATE : 3700 and 7400 MBq, 245 patients were subjected to <sup>177</sup>Lu-PSMA therapy with activity range 1500-4500 MBq and 19 patients were arbitrarily selected for <sup>90</sup>Y microsphere therapy. Dose rates were measured at a distance of 1 meter from patients via Geiger- Müller (GM) probe. Dose rate readings >30 µS/h were repeated at 48 hours.

**Results:** The average dose rate measured at 24 hours after administration of 3700, 5550 and 7400 MBq <sup>131</sup>I was 24.6±7 µSv/h, 52.3±17 µSv/h and 66.7±15 µSv/h respectively, the average dose rate was 3.7±1, 5.1±2 and 7.1±3 µSv/h after administration of 3700, 5550 and 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-DOTATATE respectively; whereas the dose rate was 4±0.3 µSv/h in <sup>90</sup>Y microsphere treatment and 7.2±3 µSv/h after administration of 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-PSMA. The mean dose rate after

**Date received/Dergiye geldiği tarih: 30.06.2016 – Date accepted/Dergiye kabul edildiği tarih: 18.01.2017**

\* İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı, \*\* Fen Fakültesi Nükleer Fizik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

(Corresponding author/İletişim kurulacak yazar: namiyeyin@hotmail.com)

48 hours following radioiodine therapy using activity of 3700, 5550 ve 7400 MBq  $^{131}\text{I}$  was  $13\pm 6$ ,  $13.2\pm 5$  ve  $17.2\pm 4$   $\mu\text{Sv/h}$  respectively.

**Conclusion:** We concluded that patients treated with 3700 MBq  $^{131}\text{I}$  must stay in lead-shielded rooms at least 24 hours and patients treated with 5550 and 7400 MBq  $^{131}\text{I}$  should stay up to 48 hours to assure dose rate less than 30  $\mu\text{Sv/h}$  as recommended by TAEK, while in  $^{177}\text{Lu}$  and  $^{90}\text{Y}$  treatment maximum 24 hours is found adequate for discharge of patients.

**Keywords:** Radionuclide treatment; dose rate; thyroid cancer; neuroendocrine tumour; radiomicrosphere treatment.

## GİRİŞ

Nükleer tıp merkezlerinde kanser tedavisi amacıyla yüksek dozda radyonüklidler kullanılmaktadır. Rutin uygulamada en çok kullanılan radyonüklidler—tiroid kanseri ve hipertiroidi tedavisinde  $^{131}\text{I}$ , nöroendokrin tümör tedavisinde  $^{177}\text{Lu}$ -DOTATATE, prostat kanseri tedavisinde  $^{177}\text{Lu}$ -PSMA ve karaciğer tümörleri tedavisinde  $^{90}\text{Y}$  radyomikrokürelere dir.

Tiroit kanserlerinin en sık görülen ve  $^{131}\text{I}$  radyonüklidi ile tedavi edilebilen türü iyi differansiye tiroit kanserleridir. İyi differansiye tiroit kanserleri papiller tiroit kanseri ve folliküler tiroit kanseridir. Her iki türde de  $^{131}\text{I}$  radyonüklidi ablasyon tedavisi veya metastaz tedavisi amacıyla kullanılmaktadır. Ablasyonda amaç hastanın bakiye tiroit dokusunu ortadan kaldırmak ve hastalığın uzun dönemde nüksünü önlemektir. Metastaz tedavisinde ise hastanın bilinen metastazlarının ortadan kaldırılması amaçlanır. Kliniğimizdeki uygulamada, ablasyon tedavisi için total tiroidektomi ameliyatından 4 - 6 hafta sonra hastaya 3700-5550 MBq aktivitede  $^{131}\text{I}$  (radyoiyot) tedavisi oral yolla uygulanır. Lokal ya da uzak metastazı olanlarda ise 5550–7400 MBq aktivitede  $^{131}\text{I}$  tedavisi oral yolla uygulanır (1).

$^{131}\text{I}$  radyonüklidinin fiziksel yarı ömrü 8.1 gün olup 640 keV enerjili beta (-) radyasyonu ile hasta tedavi edilirken, 364 keV gama ışınları da kullanılarak tedavinin takibi amacıyla gama kamerada görüntüleme yapılabilmektedir (2).

Tedavi sırasında hasta kurşun izolasyonlu özel odada yatırılır. Hastaların taburcu işlemleri Avrupa Atom Enerjisi Komitesi (Euratom) tarafından 1998 yılında yayınlanan kılavuzda belirtilen kriterlere uygun olarak 1 metre mesafeden doz hızı ölçümleri yapılarak belirlenir (3). Euratom klavuzlarına dayanarak hazırlanmış olan TAEK kriterlerine göre 1 m mesafeden ölçülen doz hızı  $<30 \mu\text{Sv/sa}$  seviyesine düşünce hasta taburcu edilebilir (4). Radyoiyot tedavisinden sonra  $^{131}\text{I}$ 'in çok önemli bir miktarının idrar ile atıldığı bilinmektedir. Atılımın hızlanması ve mesane dozunun azalması için hastalara bol su içmeleri önerilmektedir (5).

Nöroendokrin tümörlerin endokrin hücreye sahip, herhangi bir organda gelişebileceği özelliği olan selim ve agresif seyirli alt grupları mevcuttur. Başlıca görüldüğü organlar pankreas, mide, barsak, akciğer, karaciğerdir. Nöroendokrin tümör tedavisinde son yıllarda rutin olarak kullanılan  $^{177}\text{Lu}$  radyoizotopu DOTATATE ajanı ile işaretlenerek peptid reseptör radyonüklid tedavide (PRRT) başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.  $^{177}\text{Lu}$ -

DOTATATE genel olarak 3700, 5550 ve 7400 MBq aktivitelerde uygulanmaktadır. Bu tedavide hastaya spesifik internal dozimetri yapılarak kritik organ olan böbrekler (23 Gy) ve kemik iliği (2 Gy) doz toleransının korunması sağlanarak palyatif ve küratif tedavi uygulaması yapılmaktadır (6).

Prostat kanseri tedavisinde özellikle son yıllarda uygulanmaya başlanan  $^{177}\text{Lu}$  radyoizotopunun PSMA inhibitörü ile bağlanması sonucu elde edilen  $^{177}\text{Lu}$ -PSMA tedavisi Avrupa ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Özellikle multiple kemik, lenf nodu ya da uzak organ metastazı bulunan hastalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

$^{177}\text{Lu}$  radyoizotopunun fiziksel yarılanma süresi 6.7 gün olup % 6 verimde, 113 keV ve % 11 verimde 208 keV enerjide gama ışınları bulunmaktadır. Bu radyonüklidin gama ışınları kullanılarak görüntü alınabilmekte ayrıca hastaya spesifik radyasyon dozimetresi yapılabilmektedir.  $^{177}\text{Lu}$  radyoizotopunun ortalama 430 keV enerjide beta radyasyonları kullanılarak hasta başarılı bir şekilde tedavi edilebilmektedir (4, 6).

Primer bir karaciğer kanseri olan hepatosellüler karsinomanın (HCC) ve karaciğere metastaz yapan tümörlerde radyomikroküre tedavisi son yıllarda giderek artan bir hızla yaygınlaşmaktadır. Bu tedavide  $^{90}\text{Y}$  doldurulmuş resin veya cam mikroküreler kullanılır. Ticari kullanımda bazı özellikleri farklı olmakla birlikte temel fiziksel özellikleri benzer olup dokuda aynı etkileşimleri yaparlar (7).

$^{90}\text{Y}$  radyonüklidi % 99.98 oranında beta (-) bozunumu yaparak stabil bir izotop olan  $^{90}\text{Zr}$ 'a dönüşür.  $^{90}\text{Y}$  ortalama enerjisi 0.93 MeV, maksimum enerjisi 2.270 MeV olan saf beta yayıcısı olup fiziksel yarılanma süresi 2.67 gündür. 55-280 keV enerjili Bremsstrahlung (X-ışınları) vardır. 32/1000000 oranında 511 keV enerjili anihilasyon fotonları vardır. Çevresel ışınlama yapan esas ışınlar Bremsstrahlung radyasyonlarıdır (8, 9).

TAEK Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğine göre radyonüklid tedavi gören hastanın vücudunda 600 MBq üzerinde aktivite miktarı bulunan hastadan 1 m mesafede ölçülen doz hızı  $> 30 \mu\text{Sv/sa}$  olmaktadır. Bu nedenle, yüksek doz radyonüklid tedavilerinde radyasyon güvenliği yönünden hastaların kurşun izolasyonlu özel odalarda yatırılmaları yasal zorunluluktur. TAEK kriterlerine göre radyonüklid tedavi servisindeki hasta odası başına 12 ton sıvı atık toplama tankı bulundurulması zorunludur. Kurşun

izolasyonlu özel odalarda yatırılan hastaların özel odada kaldıkları süre boyunca çıkardıkları idrar ve feçesler bu tanklarda toplanır. Bekletilmek suretiyle radyoaktifliği doğal düzeye (10 kBq/ml) düşen sıvı atıklar normal yoldan tahliye edilir (4).

Bu çalışmanın amacı; yatarak radyonüklid tedavi gören hastalardan yayılan radyasyonun doz hızını ölçmek ve ölçüm sonuçlarına göre hastaların taburcu edilebilme sürelerini belirlemektir.

### **GEREÇ ve YÖNTEM**

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalında radyonüklid tedavi uygulanan hastalarda yapıldı. Doz hızı ölçümleri GM prob (Eberline ESP-2, NM, USA) ile yapıldı. GM detektörü, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇANEM) İstanbul'da bulunan İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarı (SSDL) tarafından kalibre edildi. 364 keV enerjiye sahip <sup>131</sup>I radyoizotopunun radyasyon kalite doğrulaması ISO 4037 standartlarına göre 662 keV enerjide <sup>137</sup>Cs radyoizotopunun radyasyon kalitesi ve X ışınlarının (100, 150 ve 250 KV) kalitelerine göre belirlenmiştir. GM probun doğruluğu %±3 aralıktadır. Duyarlılığı <sup>137</sup>Cs radyoizotopunun 662 keV enerjisine bağlı olarak %98 dir. Bu detektör kullanılarak hastaların doz hızı ölçümleri toraks orta kesiminden hastaya 1 m mesafeden alındı.

Bu çalışmada hastalar, uygulanan radyonüklid tedavi türüne göre üç gruba ayrıldı. Birinci grupta tiroit kanseri nedeniyle 3700 MBq <sup>131</sup>I tedavisi uygulanan 435 hasta, 5550 MBq <sup>131</sup>I tedavisi uygulanan 121 hasta ve 7400 MBq <sup>131</sup>I tedavisi uygulanan 20 hasta olmak üzere toplam 576 tiroit kanseri hastası vardı. Tedavi sonrası 24. saatte, 1 m mesafeden ölçülen doz hızı <30 µSv/sa olanlar hastalar taburcu edildi. Doz hızı >30 µSv/sa olan hastalar 48. saatte tekrar ölçüldü. Tiroit kanseri tedavisi amacıyla hastaya kapsül ya da solüsyon şeklinde <sup>131</sup>I radyoizotopu oral yolla uygulandı. Hastalara tedavi öncesi bilgilendirme amacıyla radyasyon güvenliği eğitimi verildi, tedavi sırasında ve sonrasında yapılması gerekenler detaylı şekilde sözlü ve yazılı olarak verildi. Hastaların vücutlarında serbest dolaşan radyoiodun idrar ile atılımını hızlandırmak için 24 saat içinde toplam 4-5 litre su içmeleri sağlandı.

İkinci grupta 3700 MBq <sup>177</sup>Lu-DOTATATE uygulanan 70 hasta, 5550 MBq <sup>177</sup>Lu-DOTATATE uygulanan 78 hasta ve 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-DOTATATE uygulanan 74 hasta olmak üzere toplam 222 hasta bulunmaktadır. <sup>177</sup>Lu-DOTATATE radyonüklidi hastalara yaklaşık olarak yarım saat süren infüzyon şeklinde uygulandı. Doz hızı ölçümleri infüzyon bitiminden 6 saat ve 24 saat sonra yapıldı. Hastalar kliniğimizdeki rutin uygulama prosedürü gereğince bir gün hastanede kurşun izolasyonlu özel odada yatırıldı. 6. saate ve 24. saatte GM prob ile 1 m mesafeden doz hızları ölçüldü. Doz hızı <30 µSv/sa olan hastalar taburcu edildi.

Üçüncü grupta Prostat kanseri tedavisi amacıyla 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-PSMA uygulanan 23 hasta vardı. <sup>177</sup>Lu-PSMA radyonüklidi hastalara yaklaşık olarak yarım saat süren infüzyon şeklinde uygulandı. Doz hızı ölçümleri infüzyon bitiminden 6 saat ve 24 saat sonra yapıldı. Hastalar kliniğimizdeki rutin uygulama gereğince bir

gün hastanede kurşun izolasyonlu özel odada yatırıldı. 6. saate ve 24. saatte GM prob ile 1 m mesafeden doz hızları ölçüldü. Doz hızı <30 µSv/sa olan hastalar taburcu edildi.

Dördüncü grupta <sup>90</sup>Y SIR-Speheres ve Theraspheres tedavisi uygulanan 12 kadın 7 erkek olmak üzere 19 hasta üzerinden 1 m mesafeden doz hızı ölçümleri yapıldı. Hastalara girişimsel radyolojide kateter yolu ile in-vaziv işlem yapılarak <sup>90</sup>Y radyomikroküresi uygulandı. Hastalarda girişimsel işleme bağlı olarak ya da karaciğer komplikasyonu oluşabilme ihtimali göz önünde bulundurularak gözetim amaçlı 24 saat özel donanımlı kurşun izolasyonlu odalarda tutuldu. 24. saatte doz hızı ölçümleri yapıldı. Doz hızı <30 µSv/sa hastalar taburcu edildi.

Doz hızı ölçüm sonuçlarının aralarındaki farkların istatistiki anlamlılığı student-t testi ile değerlendirildi. <sup>131</sup>I tedavisinde; 3700 MBq ile 5550 ve 7400 MBq uygulamalarından 24 saat sonra alınan doz hızları arasında istatistiksel değerlendirme yapıldı. 5550 ve 7400 MBq uygulamalarından 48 saat sonra alınan doz hızları arasında istatistiksel değerlendirme yapıldı. <sup>177</sup>Lu-DOTATATE, <sup>177</sup>Lu-PSMA ve <sup>90</sup>Y mikroküre tedavilerinde doz hızı değerleri 6. saatte <30 µSv/sa doz hızı ölçüldüğü için istatistiksel değerlendirme yapılmadı.

### **BULGULAR**

3700, 5550 ve 7400 MBq <sup>131</sup>I uygulanan tiroit kanseri hastalarının tedaviden sonra 24. saatte ortalama doz hızları sırasıyla 24.6±7, 52.1±17 ve 66.7±15 µSv/sa olarak ölçüldü. 24. saat ölçümleri <30 µSv/sa olan 3700 MBq uygulanan hastaların 411/435'i (%94.4), 5550 MBq uygulanan hastaların 5/121'i (%4.1) <30 µSv/sa doz hızı ölçülerek taburcu edildi (Tablo-1). 7400 MBq <sup>131</sup>I uygulanan hastaların tamamında 24. saat doz hızı ölçümü >30 µSv/sa olduğu için taburcu edilmedi. >30 µSv/sa doz hızı ölçümü yapılan hastalar kurşun izolasyonlu özel odalarda kalmaya devam ettiler. Hastalara 48. saatte tekrar ölçüm yapılarak ortalama doz hızları sırasıyla 13±6, 13.2±5 ve 17.2±4 µSv/sa olarak ölçüldü ve hastalar taburcu edildi (Tablo-1). 3700 MBq ile 5550 ve 7400 MBq uygulamalarından 24 saat sonra alınan doz hızları arasında ileri derecede anlamlı fark bulundu (p=1,00053E-35, p=1,68215E-10). 5550 ve 7400 MBq uygulamalarından 48 saat sonra alınan doz hızları arasında ileri derecede anlamlı fark bulundu (p=0,000731323).

**Tablo 1: 3700 , 5550 ve 7400 MBq <sup>131</sup>I tedavi dozu uygulanan tiroit kanseri hastaları ortalama doz hızı ölçümleri.**

<b>Tedavi Aktivitesi (MBq)</b>	<b>24. Saat Doz Hızı (µSv/sa)</b>	<b>48. Saat Doz Hızı (µSv/sa)</b>
3700 n=435	24.7±7	13±6
5550 n=121	52.09±17	13.2±5
7400 n=120	66.67±15	17.2±4

<sup>177</sup>Lu-DOTATATE uygulanan hastalarda 6. saat doz hızları 3700, 5550 ve 7400 MBq aktivite miktarları için sırasıyla 8.7±2, 11.5±3 ve 12.1±5 µSv/sa olarak ölçüldü (Tablo-2). <sup>177</sup>Lu-DOTATATE uygulanan hastalarda 24. saat doz hızları 3700, 5550 ve 7400 MBq aktivite miktarları için sırasıyla 7±1, 5.1±2 ve 7.1±3 µSv/sa olarak ölçüldü (Tablo-2). <sup>177</sup>Lu-DOTATATE uygulanan hastalarda 6. saatte doz hızı <30 µSv/sa düzeylerinde ölçüldü. Buna rağmen tüm hastalar klinikte gözlem amacı ile 24 saat kurşun izolasyonlu özel odada yatırılarak 24. saat sonra taburcu edildiler. 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-PSMA uygulanan hastalarda 6. saat ve 24. saat doz hızı ölçümleri sırasıyla 15.4±6 ve 7.2±2 µSv/sa bulundu (Tablo-2). <sup>177</sup>Lu-PSMA uygulanan hastalarda 6. saatte doz hızı <30 µSv/sa düzeylerinde ölçüldü (Tablo-2). Buna rağmen tüm hastalar klinikte gözlem amacı ile 24 saat kurşun izolasyonlu özel odada yatırılarak 24. saat sonra taburcu edildiler.

**Tablo 2: 3700 ve 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-DOTATATE ve <sup>177</sup>Lu-PSMA\* uygulanan hastalarda ortalama doz hızı ölçümleri.**

Tedavi Aktivitesi (MBq)	6. Saat Doz Hızı (µSv/sa)	24. Saat Doz Hızı (µSv/sa)
3700 n=70	8.7±2	3.7±1
5550 n=78	11.5±3	5.1±2
7400 n=74	12.1±5	7.1±3
7400 n=23	15.4±6	7.2±3

<sup>90</sup>Y radyomikroküre tedavisinde, 1 m den ölçülen doz hızı ortalamaları 6 saat sonra 14.1±0.3 µSv/sa ve 24 saat sonra 4±0.3 µSv/sa bulundu. 6. saatte doz hızı ortalama <30 µSv/sa olan ancak gözlem amacıyla 24 saat hastanede kalmasına karar verilen hastalar 24. saat ölçümleri sonrasında taburcu edildiler (Tablo-3).

**Tablo-3: <sup>90</sup>Y radyomikroküre tedavisi uygulanan hastalarda ortalama doz hızı ölçümleri.**

Tedavi Aktivitesi (MBq)	6. Saat Doz Hızı (µSv/sa)	24. Saat Doz Hızı (µSv/sa)
2227.4 ± 1221	14.1±0.3	4±0.3

Hastalara uygulanan radyonüklidin cinsi, aktivite miktarı ve 24. saat doz hızı ölçümleri Şekil-1'de görülmektedir. Bu karşılaştırmalı doz hızı değerlendirmesinde 7400 MBq radyoiyot tedavisi alan hastaların doz hızları diğer gruplardan yüksek bulundu.

#### TARTIŞMA ve SONUÇ

Nükleer Tıpta radyonüklid tedavi uygulanan hastalar TAEK Radyasyon Güvenlik Yönetmeliğine uygun

olarak doz hızı seviyesi <30 µSv/sa seviyesine düşene kadar özel izolasyonlu odalarda tutulmaktadır. Doz hızı seviyesi izin verilen yasal limit olan <30 µSv/sa düşen hastalar taburcu edilmektedirler (9-11). Hasta taburcu işlemlerinde Amerika Birleşik Devletlerinde <50 µSv/sa, Avrupa Birliği ülkelerinde <20 µSv/sa doz hızı limitleri uygulanmaktadır (12,13).

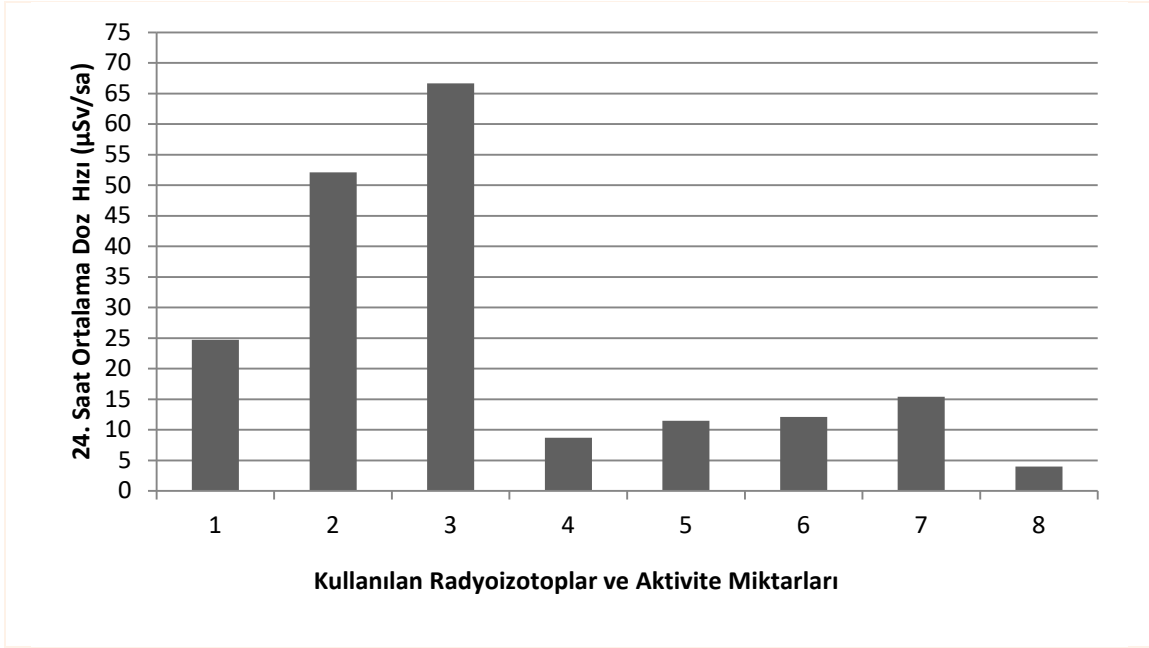
<sup>131</sup>I radyonüklidinin 364 keV enerjili gama ışınlarının hastanın çevresinde 3 metre etkili olduğu, çevresindeki canlıların gama enerjisi transferi yolu ile radyasyon dozuna maruz kaldığı bilinmektedir. Bu nedenle hastalar vücutlarındaki radyasyon atılarak güvenli seviyede doz hızının altına düşene kadar kurşun izole odalarda tutulmaktadır (13).

Ravichandran R ve ark. bir çalışmada 3700 MBq <sup>131</sup>I ile tedavi edilen 69 tiroit kanseri hastasında, 24. saatteki ortalama doz hızını 30.1±21.6 µSv/sa bulmuştur (14). Culver CM ve ark. 4625-8140 MBq <sup>131</sup>I uygulanan 27 hastada 1 m mesafeden 24. saatte ortalama doz hızını 40±9 µSv/sa ölçmüşlerdir (15). Bizim çalışmamızda, 3700 MBq <sup>131</sup>I uygulanan 435 hastada, 1 m mesafeden 24. saatte ortalama doz hızı 24.6±7 µSv/sa bulundu. Bu hastaların 24'ünde (% 5.6) 24. saatte ölçülen doz hızı ortalaması 41±6 µSv/sa bulundu. Bizim çalışmamızda ölçülen doz hızları diğer çalışmalardan daha düşük bulundu. Bunun nedeni radyoiyot uygulamasından 2 saat sonra başlayıp 24 saat süresince hastaların bol su içmelerine bağlı olabilir.

5550 MBq <sup>131</sup>I ile tedavi edilen 121 hastanın çoğunda (% 95.9) 24. saatteki doz hızı >30 µSv/sa, 7400 MBq ile tedavi edilen hastaların tamamında 24. saatteki doz hızı >30 µSv/sa bulundu. Bu hastaların doz hızı ölçümleri yasal limitlere düşmediğinden 24. saatte taburcu olamayıp, ancak 48 saatte taburcu olabildiler. 5550 ve 7400 MBq uygulanan hastalar sadece ablasyon tedavisi almayıp aynı zamanda bölgesel lenf nodu veya uzak metastazı olan hastalardır. Doz hızı ölçümlerinin yüksek bulunması büyük ölçüde radyoiyodun bu hastaların metastatik odaklarındaki tutulumuna bağlı olabilir.

<sup>177</sup>Lu tedavisi uygulanan hastalardan 24 saat sonra yapılan doz hızı ölçümleri <sup>131</sup>I uygulamalarında ölçülen doz hızlarından düşük bulundu. Bu sonuç <sup>177</sup>Lu radyoizotopunun gama enerjisinin ve foton veriminin <sup>131</sup>I'den düşük, vücuttaki atılımının da hızlı olmasına bağlıdır. <sup>177</sup>Lu uygulanan nöroendokrin tümörlü hastalarda radyonüklidin vücuttan atılım oranının, 4 saatte %46 olduğu bildirilmiştir (16). Demir M. ve arkadaşlarının çalışmasında <sup>131</sup>I'in 6 saate vücuttan atılım oranının %18.4 olduğu bildirilmiştir (17). Buna bağlı olarak <sup>131</sup>I'in vücuttan atılımı <sup>177</sup>Lu radyonüklidi ile yapılan uygulamalar ile kıyaslandığında daha yavaş atılım olduğu gözlenmektedir. Bizim çalışmamızda da 24. saat doz hızı ölçümleri kıyaslandığında, <sup>131</sup>I radyonüklidi uygulanan hastalarda <sup>177</sup>Lu radyonüklidi ile tedavi uygulanan hastalara kıyasla vücuttan atılımının daha yavaş olduğu doz hızı ölçümlerine bağlı olarak görülmektedir.

Demir M. ve arkadaşları tarafından 2015 yılında yapılan bir çalışmada, prostat kanseri tedavisi amacıyla 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-PSMA tedavisi uygulanan 23 hastada farklı zamanlarda doz hızı ölçümleri yapılmış, bizim çalışmamıza benzer zamanlarda (6. ve 24. saatlerde) 1



Şekil-1: Yatarak radyonüklid tedavisi uygulanan hastaların 24. saat doz hızı ölçümlerinin uygulanan radyofarmasötik aktivitesine göre değişimi. (1) 3700 MBq <sup>131</sup>I, (2) 5550 MBq <sup>131</sup>I, (3) 7400 MBq <sup>131</sup>I, (4) 3700 MBq <sup>177</sup>Lu-DOTATATE, (5) 5550 MBq <sup>177</sup>Lu-DOTATATE, (6) 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-DOTATATE, (7) 7400 MBq <sup>177</sup>Lu-PSMA, (8) <sup>90</sup>Y.

metre mesafeden doz hızı ölçümlerini 15±4 ve 7±2 olarak bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda, <sup>177</sup>Lu-PSMA tedavisi uygulanan 27 hastada 1 metre mesafede 6. saat ve 24. saat doz hızı değerleri sırasıyla 15.4±6 ve 7.2±3 olarak ölçülmüştür. Her iki çalışmada da doz hızı değerleri oldukça benzerdir. Bu sonuçlara göre, her iki çalışmada da hastalar TAEK ve Eurotom koşullarına göre 6. saatte kurşun izolasyonlu özel odalardan taburcu edilebilmektedir. Fakat her iki çalışmada da hastalar klinik açıdan gözlem altında tutulma amacıyla 24 saat kurşun izolasyonlu özel odalarda yatırılmıştır (18).

<sup>90</sup>Y radyonüklidinin hastadan ölçülen doz hızının, diğer radyonüklidlerden daha düşük olduğu görüldü. Bunun nedeni <sup>90</sup>Y radyonüklidinin saf beta (-) bozunumu yapması ve dolayısıyla hastaların vücudundan çok az miktarda düşük verimde Bremmstrahlung radyasyonu yaymasıdır.

<sup>131</sup>I uygulamalarında ölçülen doz hızları hastaya uygulanan aktivite miktarı ile orantılı olarak değişmektedir. İstatistik değerlendirmede; 3700 MBq ve 5550 MBq uygulanan hastaların 48. saatte ölçülen doz hızları hariç diğer tüm ölçümler arasında ileri derecede anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle <sup>131</sup>I' in vücuttan atılım oranı aynı olmasına rağmen uygulanan aktivite miktarına bağlı olarak vücutta kalan <sup>131</sup>I' in farklı olduğu bu nedenle hastaların taburcu edilmesinde atılım miktarı ile birlikte uygulanan aktivitenin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. <sup>177</sup>Lu DOTATATE ve <sup>177</sup>Lu-PSMA uygulamalarında 6. saatte ve 24. saatte ölçülen doz hızlarının tamamı <30 µSv/saat bulunduğundan hastaların taburcu edilebilme koşulları sağlanmaktadır. Taburcu koşullarını her iki tedavide de karşılayan hastaların istatistiksel değerlendirmesi yapılmamıştır.

Sonuç olarak; radyoiyot tedavisinde 3700 MBq aktivitede <sup>131</sup>I uygulanan hastaların 24 saatte % 94.4'ünde, 5550 MBq aktivitede <sup>131</sup>I uygulanan hastaların % 4.1'inde, <sup>177</sup>Lu ve <sup>90</sup>Y tedavilerinde hastaların tamamında doz hızı <30 µSv/sa bulundu. Bu sonuçlara göre radyoiyot tedavisi uygulanan tüm hastalarda ilk 24 saatte doz hızı ölçümlerinin 1m mesafeden yapılması ve doz hızı 24. saatte <30 µSv/saat ölçülen hastaların taburcu edilmesi, 24. saatte doz hızı ölçümleri >30 µSv/saat ölçülen hastaların radyasyon korunması amacıyla 24 saat daha kurşun izolasyonlu özel odalarda tutulması gerektiği, 48. saatte hastalardan tekrar ölçüm alınarak <30 µSv/saat ölçülen hastaların taburcu edilebileceği, <sup>177</sup>Lu ve <sup>90</sup>Y tedavilerinde hastaların 6 saat sonra ölçülen doz hızlarının <30 µSv/saat ölçülmesi nedeniyle 6 saat boyunca radyasyon korunması amacıyla kurşun izolasyonlu özel odalarda tutulması gerektiği fakat hastaların klinik gözlem altında tutulması amacıyla en az 24 saat radyonüklit tedavi servisinde kurşun izolasyonlu özel odalarda tutulabilecekleri sonucuna varıldı.

#### KAYNAKLAR:

1. Mazzaferri EL, Jhiang SM. Long-term impact of initial surgical and medical therapy on papillary and follicular thyroid cancer. Amer J Med 1994; 97: 418-28.
2. Demir M. Nükleer Tıp Fiziği ve Klinik Uygulamaları, İstanbul, 2014;368-72.
3. European Commission. Radiation Protection Following Iodine-131therapy (Exposure Due To Out-Patients Or Discharged In-Patient). Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. Radiation Protection 97, Elsevier Science Inc. 1998.3.



4. TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu), Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği Ek-5, 2004.
5. Ahmed Asm S, Demir M, Yaşar D, Uslu İ. Quantification of absorbed doses to urine bladder depending on drinking water during radioiodine therapy to thyroid cancer patients: a clinical study using MIRDOSE3. Nucl Med Commun 2003; 24:749-59.
6. National Council on Radiation Protection and Measurements. Mis administration of radioactive material in medicine: scientific background. Bethesda, MD: NCRP, 1991; 27.
7. Paganelli G, Bodei L, Handkiewicz Junak D, P. Rocca, S. Papi, M. Lopera Sierra at al. <sup>90</sup>Y-DOTA - D-Phe(1)-Try(3)-octreotide in therapy of neuroendocrine malignancies. Biopolymers 2002; 66:393-8.
8. Murthy R, Nunez R, Szklaruk J, Erwin W, Madoff DC, Gupta S. et al. Yttrium-90 Microsphere Therapy for Hepatic Malignancy: Devices, Indications, Technical Considerations, and Potential Complications. Radiographics 2005; 25: 41-55.
9. Valkema R, Pauwels SA, Kvols LK, Kwekkeboom DJ, Jamar F, de Jong M at al. Long-term follow-up of renal function after peptide receptor radiation therapy with (90)Y-DOTA(0), Tyr(3)-octreotide and (177)Lu-DOTA(0), Tyr(3)-octreotate. J Nucl Med. 2005; 46:83-91.
10. Gulec SA, Mesoloras G and Stabin M, Dosimetric Techniques in <sup>90</sup>Y-Microsphere Therapy of Liver Cancer: The MIRD Equations for Dose Calculations, J Nucl Med. 2006;47(7):1209-11.
11. Vetter RJ. Regulations for radioiodine therapy in the United States: current status and the process of change. Thyroid 1997; 7:209-11.
12. European Commission Radiation Protection 97: Radiation Protection Following Iodine-131 Therapy (Exposure Due to Out-Patients or Discharged Inpatients). Luxembourg, Belgium: Office for Official Publications of the European Communities; 1998.
13. Yeyin N, Demir M. Hasta ve atıklarından çevreye salınan radyasyon miktarının belirlenmesi ve doz hızı ölçümleri. 1.Ulusal Sağlık Kuruluşları Çevre Yönetim Sempozyumu Yayınları, İstanbul, 29-30 Kasım 2012.
14. Ravichandran R, Binukumar JP, and Saadi AA. Estimation of effective half life of clearance of radioactive Iodine (<sup>131</sup>I) in patients treated for hyperthyroid is mand carcinoma thyroid. Indian J Nucl Med 2010; 25:49-52.
15. Culver CM, Dworkin HJ. Radiation Safety Considerations for Post-Iodine 131 Thyroid Cancer Therapy. J Nucl Med 1992; 33:1402-05.
16. Calais PJ, Turner JH. Radiation safety of outpatient <sup>177</sup>Lu-octreotate radiopeptide therapy of neuroendocrine tumors. Ann Nucl Med. 2014 Jul;28(6):531-9.
17. Demir M, Parlak Y, Çavdar İ, Yeyin N, Tanyıldızı H, Gümüşer G at al. The evaluation of urine activity and external dose rate from patients receiving radioiodine therapy for thyroid cancer. Radiat Prot Dosimetry 2013;3:1-5.
18. Demir M, Abuqbeith M, Uslu-Besli L, Yıldırım Ö, Yeyin N, Çavdar İ at al. Evaluation of radiation safety in (177)Lu-PSMA therapy and development of outpatient treatment protocol. J Radiol Prot 2016;36(2):269-78.