İSTANBUL UNIVERSITY PRESS

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE
Journal of Advanced Research in Health Sciences / Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırmalar Dergisi 2022
DOI: 10.26650/JARHS2022-1116282

GENİŞ KAPASİTELİ BİR NÜKLEER TIP MERKEZİNDE KATI RADYOAKTİF ATIK YÖNETİMİ

SOLID RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT IN A LARGE-CAPACITY NUCLEAR MEDICINE CENTER

Mustafa DEMİR[1], Nazenin İpek IŞIKCI[2], Nami YEYİN[1]

[1]İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
[2]Nişantaşı Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ORCID ID: M.D. 0000-0002-9813-1628; N.İ.I. 0000-0003-2337-2598; N.Y. 0000-0003-0262-4020

Citation/Atıf: Demir M, Isikci NI, Yeyin N. Geniş kapasiteli bir nükleer tıp merkezinde katı radyoaktif atık yönetimi. Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırmalar Dergisi 2022;5(3):167-171. https://doi.org/10.26650/JARHS2022-1116282

ÖZ

Amaç: Nükleer tıp departmanlarında açık radyoaktif izotoplar ile çalışıldığından hastane bünyesinde oluşan radyoaktif atıkların büyük çoğunluğu bu bölümden çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı nükleer tıpta tanısal işlemlerde ve radyonüklit tedavi uygulamaları sonrası oluşan katı radyoaktif atıklardan çevreye salınan radyasyonun şiddetini (doz hızını) ölçmek, çalışan personellerin yıllık radyasyon dozları ile katı radyoaktif atık miktarlarını belirlemek, ayrıca atıkların bertaraf yöntemlerini değerlendirmektir.
Gereç ve Yöntem: Doz hızı ölçümleri Geiger-Müller (GM) detektörü ile yapıldı. PET ve SPECT ünitelerinde oluşan katı radyoaktif atıklar kaynağında ayrıştırıldıktan sonra üç gün bekletildi. Tedavi servisinden çıkan radyoaktif atıklar I-131, Lu-177 ve Y-90 radyonüklitlerine ait olup bunlar kurşun izolasyonlu depolarda yaklaşık üç ay bekletilmek suretiyle doz hızları <1 µSv/saat olanlar tahliye edildi.
Bulgular: Tedavi ünitesindeki atıkların ortalama doz hızları; I-131, Lu-177 ve Y-90 için sırasıyla 155 µSv/saat, 120 µSv/saat ve 48 µSv/saat bulundu. En fazla atık miktarı I-131 (%46) radyonüklidine ait bulundu. Radyasyon görevlilerinin yıllık efektif ortalama doz değerleri tanıda çalışanlarda 2.12 mSv, tedavide çalışanlarda 3.58 mSv bulundu.
Anahtar kelimeler: Radyoaktif atık, radyonüklid tedavi, radyasyon görevlisi doz hızı, katı radyoaktif atık, hastanelerde katı radyoaktif atık yönetimi

ABSTRACT

Objective: Nuclear medicine departments work with open radioactive isotopes. For this reason, most radioactive waste generated in hospitals comes from these departments. The aim of this study is to measure the intensity (dose rate) of radiation released to the environment from the solid radioactive wastes formed in diagnosis and treatment applications in nuclear medicine, and to determine the annual radiation doses of the working personnel and the amount of solid radioactive waste. The study also evaluates waste disposal methods.
Materials and Methods: Dose rate measurements were measured with a Geiger-Müller (GM) detector. Solid radioactive wastes formed in PET and SPECT units were kept for three days after they were separated at their source. The radioactive wastes from the treatment service belonged to I-131, Lu-177 and Y-90 radionuclides, and they were evacuated with dose rates <1 µSv/hour by keeping them in lead-insulated warehouses for about three months.
Results: Average dose rates of wastes in the treatment unit of 155 µSv/hr, 120 µSv/hr and 48 µSv/hr were found for I-131, Lu-177 and Y-90, respectively. The highest amount of waste was found to be radionuclide I-131 (46%). The mean annual effective dose values of radiation workers were found to be 2.12 mSv in those working in diagnosis and 3.58 mSv in those working in treatment.
Keywords: Radioactive waste, radionuclide therapy, radiation officer dose rate, solid radioactive waste, solid radioactive waste management in hospitals

GİRİŞ

Radyoaktif maddeler ile yapılan çalışmalar sonucunda yeniden kullanılmayan eşya ve maddeler müsaade edilen sınırların üzerinde radyasyon içeriyorsa bunların tümü radyoaktif atık olarak değerlendirilir. Radyoaktif maddelerin tıp ve biyolojik bilimlerde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte bu kesimdeki radyoaktif atıkların ıslahı gündeme gelmiştir. Radyoaktif atıkların bilinçsiz bir şekilde çevreye verilmesi havanın, suyun ve toprağın kontaminasyonuna neden olur. Kontamine besin maddelerinin yenmesi, kontamine havanın solunması sonucu vücutta toplanan radyoaktif maddeler bir iç ışınlamaya sebep olabilir (1).

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa DEMİR **E-mail:** demirm@istanbul.edu.tr

Başvuru/Submitted: 13.05.2022 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 01.06.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 03.06.2022 • **Kabul/Accepted:** 30.05.2022 • **Online Yayın/Published Online:** 25.07.2022

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Nükleer tıp departmanlarında açık radyoaktif izotoplar ile çalışıldığından radyoaktif atıkların büyük çoğunluğu bu bölümden çıkmaktadır. Bununla birlikte yataklı tedavi servisi olmayan ve sadece tanısal amaçlı tetkikler yapan nükleer tıp merkezlerinde önemli miktarlarda radyoaktif atık oluşmaz. Esas olarak bu radyoaktif atıkların kısa yarılanma süresi olduğundan 2-3 günlük kurşun izolasyonlu kaplarda bekletilmek suretiyle radyoaktif olmaktan çıkarılır ve normal yoldan tahliye edilirler. Tedavi amaçlı kullanılan radyoizotopların fiziksel yarılanma ömürleri daha uzundur. Nükleer tıpta tiroit kanseri ve hipertiroidi tedavisinde kullanılan I-131 radyonüklidinin fiziksel yarılanması 8 gün, prostat kanseri ve nöroendokrin tümör tedavisinde kullanılan Lu-177 radyonüklidinin fiziksel yarılanması 6.7 gün, karaciğer kanserleri tedavisinde kullanılan Y-90 radyonüklidinin fiziksel yarılanması 2.66 gündür. Bu radyonüklidlerin fiziksel yarılanma süreleri günler mertebesinde olup nispeten uzundur. Bu radyonüklid atıklarının muhafazası ve bekletilmek suretiyle radyoaktiflikten arındırılmaları için yasal mevzuat gereğince özel donanımlı katı ve sıvı atık depoları gerekmektedir (2).

Tiroit kanseri hastalardan <3700 MBq uygulananlar genellikle 24 saat sonra, >3700 MBq uygulananlar ise genellikle iki-üç gün sonra taburcu edilmektedirler. Hastaların taburcu edilme kriteri, batın hizasından bir metre uzakta ölçülen doz hızının <30 µSv/saat olmasıdır. Bu değerden daha yüksek ölçülen hastalar <30 µSv/saat doz hızına düşene kadar tedavi odasında tutulmakta ve bol su içmeye devam etmektedir. Radyonüklid tedavi servisinde yatarak tedavi gören bir hasta grubu Lu-177 PSMA ve Lu-DOTATATE radyofarmasötikleri uygulanan prostat kanseri ve nöroendokrin tümör hastalarıdır. Bu gruptaki hastalarda radyofarmasötik aktivitesi ortalama 3700-7400 MBq olup infüzyon şeklinde uygulanmaktadır. Bu uygulamada önemli bir radyoaktif atık, kullanılan infüzyon setidir. Bu radyofarmasötiğin vücuttaki atılımının hızlı olması nedeniyle hastalar en fazla 24 saat sonra taburcu edilmektedir (3). Karaciğer tümörü tedavisi için hastalara 1285-2960 MBq aktivite miktarlarında Y-90 radyonüklidi girişimsel radyolojide intra arteriyel olarak kateter yardımı ile uygulandıktan sonra hasta nükleer tıp tedavi ünitesindeki odasına transfer edilmekte ve ortalama 24 saat tutulmaktadır (4).

Nükleer tıp merkezlerinde tanı ve tedavi amacıyla kullanılan radyoaktif maddelerin kullanımından ortaya çıkan atıklar 100 günden daha az fiziksel yarılanma süresine sahip olduklarından kısa yarılanma süreli atıklar sınıfına girerler. Bu atıkların bekleme ile radyoaktiflik niteliklerinin kaybolacağı ve normal tahliye işlemine tabii tutulabileceği kabul edilmektedir (1).

Katı radyoaktif atıklar kullanılmış enjektörler, iğneler, şişe tıpaları, eldivenler, kurulama kâğıtları, radyofarmasötik şişeleri, kullanılmış gazlı bezler, pamuklar vb dir. Katı atıklar fiziksel yarılanma sürelerine göre kaynağında (sıcak oda içindeki geçici toplama kapları) geçici iki ayrı toplama kabında toplanır. Yarılanma süresi saatler mertebesinde olanlar (Tc-99m, Ga-86, F-18 vb) bir arada, yarılanma süresi günler mertebesinde olanlar (I-131, Lu-177, Y-90 vb) bir arada toplanır. Özellikle hafta başında rutin çalışmalar başlamadan geçici toplama kaplarındaki katı atıklar poşetlenerek ölçümlenir ve katı atık bekletme deposuna taşınır. Katı atıklar kırılmaya, delinmeye ve taşınmaya karşı dayanıklı 150 mikron kalınlığında kırmızı plastik torbalara konulur. Bu torbaların üzerinde görülebilecek büyüklükte "Uluslararası Klinik Atıklar" işareti etiketi yapıştırılır. Poşet yüzeyinden doz hızı ölçülür. Ölçüm sonucu poşet yüzeyine etiketlenir. Ayrıca kayıt defterine yazılır. Herhangi bir radyoaktif atık için geçici bekletme süresi 10 yarılanma süresidir. Bu süre sonunda atık radyoaktif olmaktan çıkmaz ancak zemin radyasyon düzeyine yaklaştığı varsayılarak tehlike düzeyinin asgariye düştüğü kabul edilmiştir. Geçici bekletmede süre kriteri radyonüklitin türünden bağımsız olarak 10 yarılanma süresidir. Kullanılan radyonüklidlerin içinde en uzun yarılanma süresine sahip olan I-131'in (8 gün) yarılanma süresinin en az 10 katı süre bekletildikten sonra Geiger-Müller (GM) detektörü ile poşet yüzeyinden ölçülen doz hızı <1 µSv/saat (doğal düzey) düşenler normal yollardan tahliye edilmektedir (2).

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) radyasyon görevlileri ve halk için radyasyon dozlarını 2007 yılında güncellemiştir. Buna göre; radyasyon görevlileri radyasyon ile çalışılan ardışık beş yıl içinde toplam 100 mSv, beş yıl içindeki herhangi bir yılda en fazla 50 mSv doz alabilirler. Ancak beş yılın ortalaması en fazla 20 mSv olmalıdır. Halk için yılda en fazla 1 mSv doz alımına izin verilmiştir (5).

Bu çalışman amacı, nükleer tıpta tanısal işlemlerde ve radyonüklit tedavi uygulamaları sonrası oluşan katı radyoaktif atıklardan çevreye salınan radyasyonun şiddetlerini (doz hızını) ölçmek, çalışan personellerin yıllık efektif radyasyon dozlarını belirlemek, katı radyoaktif atık miktarlarını belirlemek ve atıkların bertaraf yöntemlerini değerlendirmektir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Etik Kurul izni alındıktan sonra retrospektif olarak Nükleer Tıp Anabilim Dalında yapıldı. Etik Kurul Karar No: 32, Tarih: 22.02.2022. Doz hızı ölçümleri Geiger Müller (GM) detektörü (Ludlum 9DP) ile ölçüldü. Ölçüm cihazının ölçüm aralığı 0.1-500 mSv/saat, ölçüm doğruluğu ±4'tür.

Çalışmanın yapıldığı nükleer tıp merkezinde radyoaktif atık oluşan çalışma alanları üç alt birime ayrılmaktadır. Bu birimlerden birincisi PET ünitesidir. Burada genellikle F-18 FDG ve Ga-68 radyoizotopları kullanılmakta olup bunların yarı ömürleri 110 dakika ve 69 dakikadır. Bu radyoizotopların kullanımı ile oluşan atıklar kaynağında ayrıştırıldıktan sonra 8 mm kalınlıktaki kurşun kaplarda 48 saat bekletildikten sonra poşetlendi. Poşet yüzeyinden ölçülen doz hızı <1 µSv/saat ölçüm sonucu olanlar normal yoldan tahliye edildi.

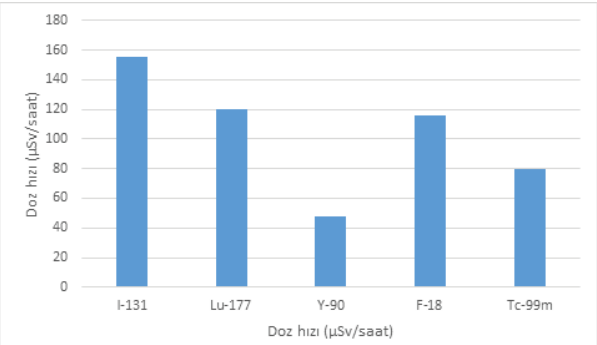
İkinci birim SPECT ve SPECT/BT üniteleridir. Nükleer tıbbın bu birimlerinde tanısal amaçlı en çok kullanılan radyonüklit Tc-99m olup fiziksel yarılanma süresi 6 saattir. Bu radyonüklidin kullanımı ile oluşan radyoaktif atıklar 2 mm kalınlıktaki kurşun izolasyonlu kaplarda toplanarak ayrıştırıldı. Burada ortalama üç gün bekletildikten sonra doz hızları ölçülerek <1 µSv/saat at olanlar tahliye edildi.

Üçüncü birim radyonüklit tedavi ünitesidir. Bu ünitede ağırlıklı olarak tiroit kanserli hastalara yüksek miktarlarda (110 MBq-11.100 MBq) I-131 radyonüklidi aç karnına oral yolla uygulandı. Tedavi servisinde yatırılarak tedavi edilen diğer hastalardan prostat kanseri ve nöroendokrin tümör tedavisi için 3700-7400 MBq aktivite miktarlarında Lu-177 PSMA ve DOTATATE uygulandı. Karaciğer tümör tedavisi için 1285-2960 MBq (35-80 mCi) aktivite miktarlarında Y-90 mikroküre uygulandı. Bu hastalar kurşun izolasyonlu odalarda ortalama 16-24 saat tutulduktan sonra doz hızları <30 µSv/saat at olanlar taburcu edildi.

Tedavi ünitesindeki uygulamalardan sonra yarılanma süresi günler mertebesinde olan radyoaktif atıklar kaynağında ayrıştırıldıktan sonra poşetlendi. Poşet yüzeyinden doz hızları ölçülerek kayıt edildi. Radyoaktif atıklar kurşunlu özel taşıma arabaları ile uzun süre bekletileceği kurşun izolasyonlu olan ve Nükleer Düzenleme Kurumundan (NDK) lisanslı katı atık toplama ünitesine taşındı. Atık deposundaki en uzun yarı ömürlü radyonüklit olan I-131'in yarılanma süresinin en az 10 katı süre olan 80 gün beklendikten sonra GM detektörü ile poşet yüzeyinden ölçüldü. Doz hızı <1 µSv/saat olanlar tahliye edildi.

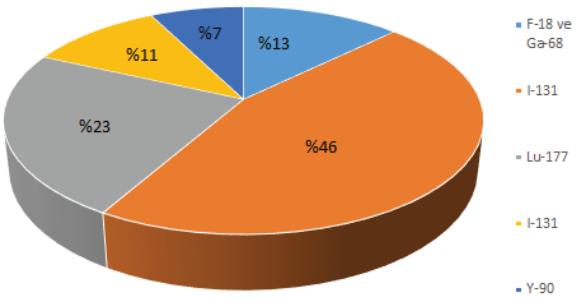
BULGULAR

Tedavi ünitesinde yatan hastaların atıkları ile oluşan uzun yarı ömürlü radyoaktif atık poşetlerinden ölçülen doz hızları: I-131'de ortalama 155 µSv/saat (min. 100 µSv/saat, max. 210 µSv/saat), Lu-177'de ortalama 120 µSv/saat (min. 90 µSv/saat, max. 120 µSv/saat), Y-90 mikroküre tedavisi uygulanan hastaların atıkları ve girişimsel radyolojideki uygulama sonunda çıkan Y-90 seti ve diğer atıkların doz hızı radyonüklidin Bremsstrahlung (X-ışını) radyasyonları GM detektörü ölçüldü. Ortalama 48 µSv/saat (min. 12-max. 63 µSv/saat) bulundu. Bu radyonüklidin atıkları kontaminasyon tehlikesine karşı tedbir amaçlı olarak uzun yarı ömürlü atıklar ile birlikte depolandı. Tanısal uygulamalardan oluşan katı radyoaktif atık poşetlerinden ölçülen doz hızları; F-18 ve Ga-68 196 µSv/saat (min. 100 µSv/saat , max. 282 µSv/saat) ve Tc-99m 87 µSv/saat (min. 51 µSv/saat, max. 110 µSv/saat) bulundu (Şekil 1). Tüm atıkların tahliyesinde <1 µSv/saat doz hızı esas alındı.



Şekil 1: Radyoaktif katı atıkların depo girişi doz hızı (µSv/saat) ölçüm değerleri.

Bu çalışmanın yapıldığı geniş kapasiteli bir nükleer tıp merkezinde farklı radyonüklitlerin tanı ve tedavi amacıyla kullanımından bir yılda ortaya çıkan katı radyoaktif atık miktarının oransal dağılımı Şekil 2'de görülmektedir. Bu şekilde görüldüğü gibi en fazla atık miktarı %46 ile I-131 uygulamalarından ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2: Yıllık katı radyoaktif atık miktarlarının oransal dağılımı

10 yataklı radyonüklid tedavi servisinde bir yılda gerçekleştirilen tedavi sayılarının yıllık dağılımı Tablo 1'de verildi. Bu tedavilerde çalışan radyasyon görevlilerinin yıllık toplam efektif radyasyon dozları Tablo 2'de verildi. Benzer şekilde tanısal işlemlerde ve ağırlıklı olarak sintigrafi çekimlerinde çalışanların yıllık dağılımı Tablo 3'de görülmektedir. Bu işlemlerde çalışan radyasyon görevlilerinin yıllık toplam efektif radyasyon dozları Tablo 4'de verildi.

Tablo 1: Tedavi sayılarının yıllık dağılımı

Radyoiyod (I-131) (Tiroid c.a)	Radyoiyot (I-131) Hipertiroidi	Lu-177 PSMA ve DOTATATE	Y-90 Mikroküre
390	76	122	78

Radyoaktif atıkları toplayan, poşetleyen ve taşıyan radyasyon görevlilerinin çalışmaları sırasında maruz kaldıkları efektif dozlar dozimetre kayıtlarından alındı. Bir yıllık ortalama efektif doz değeri tanısal amaçlı ünitede çalışan radyasyon görevlisinde 2.12 mSv, tedavi servisinde çalışan radyasyon görevlisinde 3.58 mSv bulundu.

Tablo 2: Radyonüklid tedavilerde çalışan radyasyon görevlilerinin yıllık efektif radyasyon dozları ve bu dozların yıllık izin verilen efektif doza % oranları (Efektif doz/20 mSv)

Hemşire n=5 (mSv/oran)	Sağlık Fizikçisi n=3 (mSv/oran)	Radyofarmasist n=3 (mSv/oran)	Doktor n=9 (mSv/oran)	Temizlik Gör. n=2 (mSv/oran)
1,24 (%6,2)	1,43 (%7,15)	2,93 (%14,65)	1,24 (%6,2)	2,87 (%14,35)

TARTIŞMA

Bu çalışmanın yapıldığı İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Nükleer Tıp merkezinde sintigrafi çekimlerinin yapıldığı iki adet PET/BT, bir adet PET/MR, iki adet SPECT/BT, bir adet SPECT gama kamera, bir adet planar gama kamera ve bir adet tiroit uptake aleti bulunmaktadır. Radyonüklid tedavi servisi 10

yataklı olup ülkemizdeki en geniş kapasiteli nükleer tıp merkezlerinden biridir. Yıllık hasta sayılarının fazla olması nedeniyle rutin çalışmalar sırasında oluşan radyoaktif atık miktarları da oldukça fazla miktarlarda ortaya çıkmaktadır.

Hastanelerin nükleer tıp merkezlerinde ortaya çıkan atıkların bertarafı ile ilgili uluslararası ve ulusal yönetmelikler vardır. Bu yayınlarda fiziksel yarılanma süresi <100 gün olan radyonüklidlerin klinik kullanımı ile ortaya çıkan radyoaktif atıkların kısa yarı ömürlü kaynak sınıfında değerlendirildiğini, bunların kurşun izolasyonlu denetimli alanlarda en az 10 yarılanma süresi kadar bekletilmek süratiyle radyoaktifliklerinin doğal düzeye düşeceğini bildirmiştir. Radyoaktif atıkların bertarafı ile ilgili hastanelerin nükleer tıp merkezlerinden ortaya çıkan radyoaktif atıklar çok kısa yarı ömürlü ve çok düşük seviyeli radyoaktif atık sınıfına girmektedir (6, 7).

Tablo 3: Tanı sayılarının yıllık dağılımı

PET/BT (F-18 ve Ga-68)	SPECT (Tc-99m)	SPECT/BT (Tc-99m)	Tiroit Uptake (I-131)
6006	3666	6613	880

Tablo 4. Tanıda çalışan radyasyon görevlilerinin yıllık efektif radyasyon dozları ve bu dozların yıllık izin verilen efektif doza % oranları (Efektif doz/20 mSv)

PET/BT n= 6 (mSv/oran)	SPECT n= 3 (mSv/ oran)	SPECT/BT n= 4 (mSv/oran)	Doktor n= 6 (mSv/ oran)	Temizlik Gör. n=1 (mSv/oran)
2.8 (%14)	1.67 (%8.3)	1.92 (%9.6)	2.18 (%10.9)	1.40 (%7)

Hastanelerin nükleer tıp merkezlerinde tedavi gören tiroit kanser hastalarından önemli miktarda radyoaktif atık çıktığı, oluşan atıkların miktarının hastaya uygulanan I-131 aktivite miktarı ile orantılı olmadığı bildirilmiştir (8). Kısa yarılanma süresine sahip radyoaktif atıkların hastanelerde radyoizotopun en yüksek gama enerjisine göre hesaplanmış kurşun levha ya da beton perde duvar ile kapatılmış odalarda en az 10 yarılanma süresince bekletildikten sonra tahliye edilebilecekleri bildirilmiştir (9).

Radyoaktif atıkların bertarafı ile ilgili hastanelerin nükleer tıp merkezlerinden ortaya çıkan radyoaktif atıklar çok kısa yarı ömürlü ve çok düşük seviyeli radyoaktif atık sınıfına girmektedir (10-11). Radyoaktif atıkların tanımlanması, bertaraf yöntemleri 2013 yılında Resmi Gazetede yayınlanan Radyoaktif Atık Yönetmeliği'nde ana hatları ile belirtilmiştir. Bu yönetmeliği irdeleyip detaylandıran yayınlar da bulunmaktadır (12).

Katı radyoaktif atıkların bekletilmek suretiyle hastanelerin enfekte atık ünitesindeki non radyoaktif atıklarla birlikte bertaraf işlemine tabi tutulması için poşet yüzeyinde ölçülen doz hızın <1 uSv/saat olması gerekmektedir (2, 13).

Sonuç olarak, nükleer tıp merkezlerinde önemli miktarda radyoaktif atık oluşmaktadır. Radyoaktif atıkların radyasyon korunması kurallarına uyularak bertaraf edilmesi durumunda çevreye ve çalışanlara zararlı olmayacakları bu çalışma ile ortaya konmuştur.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayı İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Rektörlüğü Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Tarih: 22.02.2022, No: 32).

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- M.D., N.İ.I., N.Y.; Veri Toplama- M.D., N.İ.I., N.Y.; Veri Analizi/Yorumlama- M.D.; Yazı Taslağı- M.D., N.İ.I., N.Y.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- M.D.; Son Onay ve Sorumluluk- M.D., N.İ.I., N.Y.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir

Finansal Destek: Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Ethics Committee Approval: This study was approved by Istanbul University-Cerrahpasa Rectorate Clinical Research Ethics Committee (Date: 22.02.2022, No: 32).

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of Study- M.D., N.İ.I., N.Y.; Data Acquisition- M.D., NIİ., N.Y.; Data Analysis/Interpretation- M.D.; Drafting Manuscript- M.D., NIİ., N.Y.; Critical Revision of Manuscript- M.D.; Approval and Accountability- M.D., NIİ., N.Y.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

1. Parlak, Y, Uysal B, Kıraç F S, Kovan B, Demir M, Ayan A, et al. Radyasyon Güvenliği Kılavuzu: Genel Tanımlar ve Nükleer Tıp Uygulamalarında Radyasyondan Korunma Kuralları. Nucl Med Semin 2020;6(2):71-89. doi:10.4274/nts.galenos.2020.0009.
2. Taş A, Özer AY. Waste Disposal and Manegament in Radiopharmaceuticals. FABAD J Pharm Sci 2020;45(1):91-103.
3. Demir M, Abuqbeitah M, Uslu-Beşli L,Yıldırım Ö,Yeyin N, Çavdar İ,Vatankulu B, Gündüz H and Kabasakal L. Evaluation of radiation safety in 177Lu-PSMA therapy and development of outpatient treatment protocol. J Radiol Prot 2016;1:1-10.
4. Türkmen C, Demirci E, Alan Selçuk N, Elboğa U, Uçmak G, Ak Sivrikoz İ, Kabasakal L. Karaciğer Tümörlerinde Y-90 Radyomikroküre Tedavisi Uygulama Kılavuzu. Nucl Med Semin 2020;6:416-22.
5. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publıcatıon 103. Ann ICRP 2007;37(2-4):1-332.
6. IAEA-TECDOC-1183 Management of radioactive waste from the use of radionuclides in medicine Waste Technology Section, IAEA 2000.
7. Radiation Protection in Nuclear Medicine. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. Radiation Protection Series No:14.2 (2008).

8. Driver I, Packer S. Radioactive waste discharge quantities for patients undergoing radioactive iodine therapy for thyroid carcinoma. Nucl Med Commun 2001;22(10):1129-32.
9. Saling JH, Fentiman AW. Radioactive Waste Management. 2nd ed. Taylor&Francis, New York,2017.
10. Freiesleben H. Final disposal of radioactive waste. Article in The European Physical Journal Conferences; Dresden, Germany 2013, p.1-17. doi:10.1051/epjconf/20135401006
11. TAEK Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 09.03.2013 Resmî Gazete Sayı: 28582.
12. Osmanoğlu AE. Radyoaktif Atık Yönetimi. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık. 2014.
13. Cooper JR, Keith R, Sokhi RS. Radioactive Releases in the Environment: Impact and Assessment. West Sussex, John Wiley&Sons. 2003.