



F-18 FDG ile PET/BT Görüntüleme Yapılan Hastaların Taburculuğu Sırasında Çevresel Radyasyon Güvenliği

Environmental Radiation Safety During Discharge of Patients after PET/CT Imaging with F-18 FDG

Rabiye USLU ERDEMİR¹ , Yavuz Sami SALİHOĞLU² 

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

²Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye

ORCID ID: Rabiye Uslu Erdemir 0000-0002-5542-7453, Yavuz Sami Salihoglu 0000-0003-2465-9128

Bu makaleye yapılacak atf: Uslu Erdemir R ve Salihoglu YS. F-18 FDG ile PET/BT görüntüleme yapılan hastaların taburculuğu sırasında çevresel radyasyon güvenliği. Med J West Black Sea. 2022;6(3):373-377.

Sorumlu Yazar

Rabiye Uslu Erdemir

E-posta

doktorhanim6@gmail.com

Geliş Tarihi

02.11.2022

Revizyon Tarihi

03.12.2022

Kabul Tarihi

13.12.2022

ÖZ

Amaç: Pozitron-emisyon-tomografisi/ bilgisayarlı tomografi (PET/BT) bir nükleer tıp görüntüleme yöntemidir ve yaygın olarak onkolojide kullanılır. PET/BT görüntüleme yönteminde kullanılan F(flör)-18 radyoizotopu konvansiyonel nükleer tıpta kullanılan diğer radyoizotoplara göre daha yüksek foton enerjisine sahiptir. Çalışmamızda F-18 fluorodeoksiglukoz (FDG) ile PET/BT çekimi yapılan hastaların taburculuk sırasında çevreye salınan radyasyonun doz hızının ölçülmesi ve çevresel radyasyon maruziyetinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntemler: Çalışmamıza, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Nükleer Tıp PET/BT ünitesine başvuran toplam 353 (E/K=177/176) hasta dahil edilmiştir. Hastalara F-18 FDG ile PET/BT çekimi yapıldıktan sonra taburcu edilmeden önce 0.5 metre (m), 1 m ve 2 m mesafeden toraks düzeyinden Geiger-Müller probu kullanılarak doz hızı ölçümleri yapılmış ve kayıt altına alınmıştır. Ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Bulgular: Hastalara IV yol ile 331±149 megabecquerel (MBq) (Aralık: 182-481) radyoaktif madde enjekte edilmiş ve PET/BT ünitesinde enjeksiyon sonrası 104,5±34,5 dk (Aralık: 70 -139) beklemiştir. Taburculuk sırasında 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafelerden alınan radyasyon doz hızı ölçümleri, sırasıyla 33,20±20,50 mikrosievert/saat (μ Sv/sa), 15,94±10,55 μ Sv/sa ve 6,56 ±4,43 μ Sv/sa olarak hesaplanmıştır.

Sonuç: F-18 FDG PET/ BT çekimi sonrası taburculuk sırasında hastaların 0.5, 1 ve 2 m mesafelerdeki doz hızı ölçümlerinin, uluslararası ve ulusal radyasyon düzenleme kuralları göz önünde bulundurulduğunda, çevresel radyasyon güvenliği açısından bir tehlike arz etmediği gösterilmiştir. F-18 FDG enjeksiyonundan yaklaşık iki saat sonra hastayla temas edenler için ciddi radyasyon riski bulunmamakta olup güvenli bir şekilde taburcu edilebilmektedir.

Anahtar Sözcükler: F-18 FDG PET/BT, Radyasyon güvenliği, Doz hızı

ABSTRACT

Aim: Positron-emission-tomography/computed tomography (PET/CT) is a nuclear imaging method and is widely used in oncology. The F(flörine)-18 radioisotope used in PET/CT imaging has a higher photon energy than other radioisotopes used in conventional nuclear medicine. In our study, it was aimed to measure the dose rate of the radiation released to the environment during discharge and to evaluate the environmental radiation exposure of patients who underwent PET/CT with F-18 fluorodeoxyglucose (FDG).

Material and Methods: A total of 353 (M/F=177/176) patients who applied to Zonguldak Bülent Ecevit University Nuclear Medicine PET/CT unit were included in our study. After PET/CT was performed with F-18 FDG, dose rate measurements were made and recorded from the thorax level at 0.5 meters (m), 1



Bu eser "Creative Commons Atımlı-GayriTicari-4.0 Uluslararası Lisansı" ile lisanslanmıştır.

m and 2 m distances, using a Geiger-Müller counter before discharge. It was evaluated whether there was a statistically significant difference between the measurements.

Results: The patients were injected with 331 ± 149 megabecquerel (MBq) (Range: 182-481) radioactive material by IV route and waited 104.5 ± 34.5 minutes (Range: 70 -139) in the PET/CT unit after the injection. Radiation dose rate measurements taken at 0.5 m, 1 m, and 2 m distances at discharge were calculated 33.20 ± 20.50 microsieverts/hr ($\mu\text{Sv/hr}$), 15.94 ± 10.55 $\mu\text{Sv/hr}$, and 6.56 ± 4.43 $\mu\text{Sv/hr}$, respectively.

Conclusion: It has been shown that dose rate measurements at 0.5, 1 and 2 m distances of patients during discharge after F-18 FDG PET/CT do not pose a danger in terms of environmental radiation safety, considering international and national radiation regulation rules. There is no serious radiation risk for those who come into contact with the patient approximately two hours after the F-18 FDG injection and they can be discharged safely.

Keywords: F-18 FDG PET/CT, Radiation safety, Dose rate

GİRİŞ

İnsan vücudunda gerçekleşen biyokimyasal ve fonksiyonel olayların non-invaziv ve kantitatif değerlendirilmesine olanak sağlayan pozitron emisyon tomografi/bilgisayarlı tomografi (PET/BT), çeşitli malignitelerde tanı, evreleme ve tedavi yanıtının izlenmesi için vazgeçilmez bir görüntüleme yöntemi hâline gelmiştir (1). Giderek artan sayıda PET/BT incelemesi yapılmasıyla birlikte hastaların ve sağlık çalışanlarının radyasyon dozları ile ilgili endişeler ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde en yaygın kullanılan PET radyofarmasötüğü Flor-18 (F-18) ile işaretli glukoz analogu olan florodeoksiglukozdur (FDG). F-18, bir siklotron ürünü radyoizotopudur ve fiziksel yarı ömrü kısadır (109.7 dakika) (2). Yarı ömrü kısa olmasına rağmen, konvansiyonel nükleer tıpta dünyada en yaygın olarak kullanılan teknesyum-99m ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek foton enerjisine sahiptir (sırasıyla 140 keV ve 511 keV) (2). Bu durum radyasyondan korunma kurallarına daha fazla dikkat gerektirir.

Bir PET/BT incelemesinden hastaya verilen toplam etkili dozun büyük kısmı hastalara verilen radyofarmasötikler nedeniyle olan dahili ışınlamadan, küçük bir kısmı ise BT taramasından kaynaklanır (3). Personelin radyasyon maruziyeti ise esas olarak radyofarmasötiklerin kullanımından ve hastayla yakın temastan kaynaklanmaktadır.

Tıbbi uygulamalarda, uluslararası ve ulusal kurumlar tarafından tanımlanan radyasyondan korunma ilkelerine dayalı radyasyondan korunma kuralları ile mesleki ve toplum için izin verilen doz sınırları uygulanmalıdır (4).

Ülkemizde radyasyon ile çalışan görevliler ve toplum üyesi kişiler için yıllık doz sınırları Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nde belirtilmiştir (5). Aynı yönetmeliğin eklerinde nükleer tıpta kullanılan çeşitli radyoizotopların muafiyet limitleri ve hastalar için test başına referans seviyeleri gösterilmiştir. Ancak F-18 için muafiyet limiti belirtilmesine rağmen F-18 ile işaretli farmasötikler için herhangi bir referans değeri gösterilmemiştir (5).

Radyasyon maruziyet dozunu ölçmek ve hesaplamak için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan biri personelin kullandığı kişisel bir dozimetre ile belirli bir süre boyunca kümülatif radyasyon maruziyet miktarlarını ölçmek ve doz oranını hesaplamaktır. Başka bir yol da bir kişinin maruz kalma seviyesini tahmin etmek için bir doz hızı ölçer ile bir ortamdaki radyasyon doz oranlarını ölçmektir (4).

Bu çalışmada F-18 fluorodeoksiglukoz (FDG) ile PET/BT çekimi yapılan hastaların taburculukları sırasında, hastadan kaynaklanan radyasyon dozunun ölçülmesi ve çevresel radyasyon maruziyetinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu çalışmada Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Hastanesi Nükleer Tıp Bölümü'nde onkolojik amaçlı Haziran 2021-Ağustos 2021 tarihleri arasında F-18 FDG PET/BT görüntülemesi yapılan kişilerden rastgele 353 hasta seçilmiştir. 18 yaşından küçük, bilinen böbrek yetmezliği/üriner sistem problemi olan (idrar sondası olan, idrar yolları obstrüksiyonu olan vb gibi) ve ECOG (Eastern Cooperative Oncology Group) skoru ≥ 3 olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

Çalışmamıza Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Girişim- sel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı alındı.

Hasta hazırlığı ve görüntüleme protokolü Avrupa Nükleer Tıp Derneği kılavuzuna göre yürütülmüştür (2). En az 6 saat açlık sonrası kan glukoz düzeyi < 200 mg/dL olan hastalara, vücut ağırlığına göre belirlenmiş dozda 331 ± 149 MBq (Aralık: 182-481 MBq) F-18 FDG intravenöz olarak enjekte edildi . F-18 FDG intravenöz olarak verildikten 45-60 dakika sonra entegre bir PET/BT cihazı (Philips Gemini TF 16 PET/ BT) ile görüntüleme yapıldı. Anatomik korelasyon ve atenuasyon düzeltme amacıyla düşük doz BT görüntüleri edinildi. Enjeksiyondan sonra hastalar ortalama 1 litre su tüketmesi istendi. Tüm vücut PET/BT başına toplam alım süresi 15 ila 20 dakika arasında değişmiştir.

PET/BT incelemesi tamamlanan hastaların taburculukları sırasında toraks orta seviyesinden 0.5, 1 ve 2 m mesafelerden Geiger-Müller (GM) (Fluke Biomedical, Raysafe 452) probu kullanılarak doz hızı ölçümleri yapıldı. GM probu, Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi İkincil Standart Dozimetre Laboratuvarı tarafından kalibre edilmiştir ve doğruluğu % \pm 3 içinde hesaplanmıştır.

Taburculuk sırasında hastaların toraks orta seviyesinden GM probu ile 1 m mesafeden ölçülen doz hızı $<30 \mu\text{Sv/sa}$ olanlar hastalar taburcu edildi. Hastalar taburcu oluncaya kadar bölümde kurşun izolasyonlu özel odalarda tutuldu.

İstatistiksel Analiz

Yaş, vücut ağırlığı, boy, enjeksiyon sonrası nükleer tıp kliniğinde kalış süresi ve dış doz oranlarının ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandı. Doz hızı ölçümleri arasındaki farkların istatistiksel önemi tekrarlanan ölçümlü varyans analizi (ANOVA) ile bağımlı değişkenlerin normal dağılıp dağılmadığı ise Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Hesaplanan $p<0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Analizler %95 güven aralığında yapıldı.

BULGULAR

İncelemeye 177'si erkek, 176'sı kadın olmak üzere toplam 353 hasta dahil edildi. Hastaların yaş ortalaması 54 (aralık 23-85 yıl), ortalama vücut ağırlığı 84 kg (aralık 36-131 kg) ve ortalama boyu 165 cm (aralık 139-191 cm) idi. Hastalara enjekte edilen ortalama FDG aktivitesi 331 MBq (aralık 182-481 MBq) idi. F-18 FDG enjeksiyonu yapıldığı andan taburcu olana kadar nükleer tıp bölümünde kalış süresi ortalama 105 dk (aralık 70-139 dk) idi. Hastaların demografik özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

GM probu kullanılarak toraks orta seviyesinden 0.5, 1 ve 2 mesafelerden ölçülen harici doz hızı ölçümleri ise Tablo 2'de gösterilmektedir. Doz hızı ölçümlerinin yapıldığı alanlardaki geri plan aktivitesi ise ortalama $0,22\pm 0,03 \text{ mSv/s}$ olarak ölçülmüştür.

Her üç mesafeden yapılan ölçüm sonuçlarının dağılımı normaldi ($p<0,05$) ve aralarında anlamlı fark vardı (Wilks Lambda=0,80 $F[2-351]=2,028$, $p<0,001$, kısmi Eta kare=0,920) (Şekil 1).

F-18'e bağlı radyofarmasötiklerin taburculuk sırasında doz oranlarına ilişkin radyasyon güvenliği yönetmeliğinde herhangi bir veri bulunmamasıyla birlikte, lyot-131 tedavisi sonrası taburculuk sırasında 1 metre mesafeden ölçülen doz hızı $<30 \mu\text{Sv/h}$ olarak belirlenmiştir (5). Çalışmamıza dahil edilen tüm hastalar taburculuk sırasında 1 metre mesafede $15,9\pm 10,5 \mu\text{Sv/s}$ olarak ölçülen doz hızı, ülkemizde yasal olarak izin verilen "tedavi sonrası taburculuk sırasında 1 m mesafeden ölçülen doz hızından ($<30 \mu\text{Sv/s}$)" düşük bulunmuştur.

Tablo 1: Hastaların demografik özellikleri, Enjekte edilen F-18 FDG dozu ve ünite de kalış süreleri

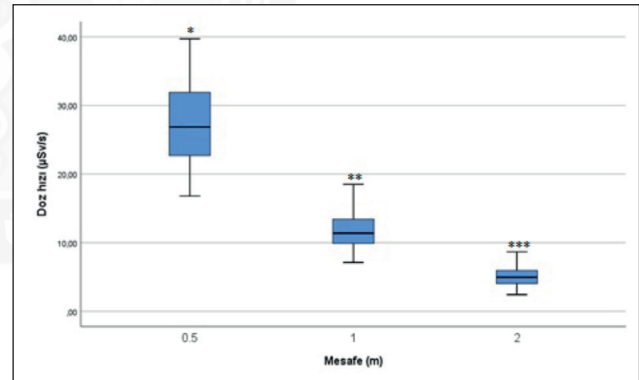
Değişken	Sonuç	
Cinsiyet n(%)	Kadın	176 (49.86)
	Erkek	177 (50.14)
Yaş (yıl)*	54 \pm 31	(23-85)
Boy (cm)*	165 \pm 26	(139-191)
Ağırlık (kg)*	83,5 \pm 47,5	(36-131)
Enjekte edilen F-18 FDG dozu (MBq)*	331 \pm 149	(182-482)
Enjeksiyon sonrası PET/BT ünitesinde kalış süresi(dk)*	104,5 \pm 34,5	(70-139)

*Değişkenler ortalama \pm standart sapma (alt sınır-üst sınır) olarak ifade edilmiştir.

Tablo 2: Doz hızı ölçüm sonuçları

Doz Hızı Ölçümleri	Doz hızı ölçme mesafesi (metre)		
	0.5 metre	1 metre	2 metre
Doz hızı ($\mu\text{Sv/h}$)*	33,20 \pm 20,50 (3,05-53,70)	15,94 \pm 10,55 (5,39-26,50)	6,56 \pm 4,43 (2,13-11)

*Değişkenler ortalama \pm standart sapma (alt -üst aralık) olarak ifade edilmiştir. Her üç mesafeden ölçülen doz hızları arasında anlamlı fark vardı ($p<0,001$).



Şekil 1: Taburculuk sırasındaki ortalama doz hızı ($\mu\text{Sv/h}$) ile mesafe (cm) arasındaki ilişki.

* $p<0,001$: 0,5-1 metre arasındaki ölçülen doz hızlarının karşılaştırılması, ** $p<0,001$: 1 ve 2 metre arasındaki ölçülen doz hızlarının karşılaştırılması, *** $p<0,001$: 0,5 ve 2 metre arasındaki ölçülen doz hızlarının karşılaştırılması.

TARTIŞMA

Nükleer tıpta, radyofarmasötikler hastalıkların tanı ve gidererek artan bir şekilde tedavisinde başarıyla kullanılmaktadır. Gelişen nükleer tıp uygulamalarında hastalar için artan faydaya karşın, radyasyondan korunma kılavuz ve ilkeleri düzgün uygulanmadığında, maruz kalanlar için radyasyon

riski olduğu akılda tutulmalıdır. Nükleer tıpta radyasyondan korunmanın amacı, hasta için beklenen tıbbi sonucun elde edilmesini sağlamak ve radyasyon riskini hastalar, tıbbi personel ve halk için sınırlandırmaktır.

Radyasyon maruziyetinin kontrol edilmesi ve bir zaman periyodunda belirli bir etkin dozun altında olmasını sağlamak için doz sınırları belirlenmiştir. Ülkemizde radyasyon güvenliği yönetmeliğine göre radyonüklid tedavisi alan hastalar, 1 metre mesafeden ölçülen doz hızı seviyesi $<30 \mu\text{Sv}/\text{saat}$ 'e düşene kadar izolasyonlu özel tek kişilik odalarda tutulmaktadır. Doz hızı seviyesi izin verilen yasal limit olan $<30 \mu\text{Sv}/\text{sa}$ düşen hastalar taburcu edilmektedirler (5) .

Taburculuk sırasında harici doz hızı limitleri Amerika Birleşik Devletleri'nde $<50 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ve Avrupa Birliği ülkelerinde $<20 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 'dir (6,7).

Bu çalışmada PET/BT incelemesi yapılan hastalardan kaynaklı doz maruziyeti ölçülmüştür. Birkaç çalışmada benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Bu çalışmalarda doz hızı ölçüm sonuçlarının verilen FDG aktivitesiyle, ölçüm zamanıyla ve ölçüm mesafesiyle değiştiği görülmektedir (7,8,9).

F-18 radyoizotopunun yüksek foton enerjisine rağmen, kısa yarı ömrü sayesinde ülkemizde ve Avrupa Birliği ülkelerinde nükleer tıpta F18 FDG PET-BT taraması sırasında taburculuk doz hızı limitlerine hızla ulaşıldığı gösterilmiştir.

Uluslararası ve ulusal radyasyondan korunma kurumları, toplumdaki bireyler için yıllık kabul edilebilir radyasyon (iç ve/veya dış) maruziyet dozununun 1 mSv 'i geçemeyeceği; ancak özel durumlarda ardışık 5 yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere yılda 5 mSv 'e izin verilebileceğini bildirmiştir (8). Ayrıca radyasyon güvenliği yönetmeliğinde, tanı veya tedavi amaçlı radyoaktif madde kullanılan hastaların bilerek ve isteyerek yakınında bulunan erişkinlerde, bu seviyenin üzerindeki doz sınırlarının kabul edilebilir olduğu açıklanmıştır. Bakım verenlerde veya hasta ziyaretine gelenlerde etkili dozun tanı ve tedavi sırasında 5 mSv 'yi geçmemesi gerektiği bildirilmiştir. Ayrıca gebelerde ve çocuklarda hasta kaynaklı doz maruziyetinin 1 mSv 'yi geçmemesi gerektiği de açıklanmıştır (5).

PET/BT personelinin radyasyona maruziyeti genel nükleer tıp çalışmaları yapan personelden daha yüksektir (9). Çalışanların radyasyon maruziyetinin büyük kısmı radyoaktif maddelerin kullanımından, daha az bir kısmı hastalarla yakın temastan kaynaklanmaktadır (10). Merkezimizde çalışan personelin kişisel dozimetrele ölçümlerine dayanarak hesapladığımız yıllık dozlar yasal yönergeler dahilindedir. Ancak otomatik bir enjeksiyon sistemi kullanmak veya birkaç personel arasında görevleri paylaşmak gibi tedbirlerle doz riski daha da azaltılabilir.

Yapılan çalışmalarda hastane içinde, PET/BT çekimi yapılan hastalardan çekim sonrası en yüksek dozu ($80 \mu\text{Sv}$ 'ye

kadar) yoğun bakım ünitesi personelinin aldığı, hastanın taşınmasında görevli personelin ise çok düşük doz aldığı ($0,1 \text{ mSv}/\text{ay}$) gösterilmiştir (11). Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar, benzer konudaki diğer çalışma sonuçlarıyla uyumlu şekilde, F-18 FDG görüntülemesi yapılan hastalarla temas eden hastane personeli için ciddi radyasyon maruziyet riski olmadığını göstermiştir (12).

PET-BT taraması için gereken minimum F-18 FDG aktivitesi, kullanılan cihaza ve hastanın vücut ağırlığına bağlıdır (13,14). Öte yandan bazı ülkelerde uygulanabilecek maksimum doz bildirilmiştir (2). Ancak ülkemizde nükleer tıpta tanı yöntemlerinde kullanılan radyoizotopların maksimum aktivite düzeylerinin yer aldığı Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği Ek-4'te F-18 radyoizotopu için maksimum aktivite düzeyi belirtilmemiştir. Ayrıca F-18 FDG PET/BT öncesi ve sonrasında hastaların hidrate edilmesi ve mesanenin boşaltılması çok önemlidir. F-18 FDG PET işleminde en fazla radyasyon dozu alan organ mesanedir. F-18 FDG enjeksiyonu sırasında hastaların tarama sonrasına kadar su içmelerinin istenmesi mesane radyasyon dozunu ve dolayısıyla dış doz hızı seviyelerini azaltır (15).

PET/BT'de radyasyon maruziyeti diğer nükleer tıp tanı uygulamalarındakinden nispeten yüksektir (13). Çalışanların radyasyon maruziyetinin büyük kısmı radyoaktif maddelerin kullanımından, daha az bir kısmı hastalarla yakın temastan kaynaklanmaktadır (14). Merkezimizde çalışan personelin kişisel dozimetrele ölçümlerine dayanarak hesapladığımız yıllık dozlar yasal sınırların altındadır. Ancak otomatik bir enjeksiyon sistemi kullanmak veya birkaç personel arasında görevleri paylaşmak gibi tedbirlerle doz riski daha da azaltılabilir.

PET/BT yapılan hastadan kaynaklı etkili doz, enjekte edilen F-18 FDG aktivitesi ile ilişkilidir. F-18 FDG dozu hastanın ağırlığının yanında, görüntüleme protokolüne ve kullanılan cihazın teknik özelliklerine göre belirlenir. Hastanın ve hasta ile temas edenlerin radyasyon maruziyetini azaltmak için bu etkenlerin optimize edilmesi gerekir (15).

PET/BT incelemelerinde hastane personelinin radyasyondan korunmasıyla ilgili daha fazla çaba sarf edilmesi gerekmektedir.

Nükleer tıp çalışanlarının radyasyon maruziyetinin büyük kısmı radyoaktif maddelerin kullanımından, daha az bir kısmı hastalarla yakın temastan kaynaklanmaktadır. Otomatik bir enjeksiyon sistemi kullanmak veya birkaç personel arasında görevleri paylaşmak gibi tedbirlerle doz riski daha da azaltılabilir.

PET/BT görüntülemesi yapılan hastalarla temas eden diğer hastane personeli ve hasta yakınları için ciddi radyasyon maruziyet riski olmadığı kabul edilebilir. Buna rağmen radyoaktif madde verilen hasta ile temas süresini kısaltmak ve hasta ile mesafeyi uzak tutmak önerilmelidir.

Teşekkür

Yoktur.

Yazar Katkı Beyanı

Yazarların çalışmaya katkıları eşit düzeydedir.

Çıkar Çatışması

Çalışmada araştırmacıların bir çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek

Çalışma için finansal bir destek alınmamıştır.

Etik Kurul Onayı

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı alındı.

Hakemlik Süreci

Kör hakemlik süreci sonrası yayınlanmaya uygun bulunmuş ve kabul edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Paydary K, Seraj SM, Zadeh MZ, Emamzadehfard S, Shamchi SP, Gholami S, Werner TJ, Alavi A. The Evolving Role of FDG-PET/CT in the Diagnosis, Staging, and Treatment of Breast Cancer. *Mol Imaging Biol.* 2019;21(1):1-10.
2. Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2015; 42: 328-54.
3. Leide-Svegborn S. Radiation exposure of patients and personnel from a PET/CT procedure with 18F-FDG. *Radiat Prot Dosimetry.* 2010 Apr-May;139(1-3):208-13.
4. Parlak Y, Uysal B, Kırcaç FS, Kovan B, Demir M, Ayan A, Poyraz L, Aliç Özaslan İ, Köseoğlu K, Yeyin N, Dönmez S, TNTD Radyasyon Güvenliği ve Kalite Kontrol Çalışma Grubu Üyeleri. Radyasyon Güvenliği Kılavuzu: Genel Tanımlar ve Nükleer Tıp Uygulamalarında Radyasyondan Korunma Kuralları. *Nucl Med Semin* 2020;6:71-89.
5. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, Resmî Gazete'nin Tarihi 24/3/2000 ve Sayısı 23999.
6. 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.
7. 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.
8. ICRP. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum 3 to ICRP Publication 53. ICRP Publication 106. Approved by the Commission in October 2007. *Ann ICRP* 2008; 38: 1-197
9. Roberts FO, Gunawardana DH, Pathmaraj K, Wallace A, U PL, Mi T, Berlangieri SU, O'Keefe GJ, Rowe CC, Scott AM. Radiation dose to PET technologists and strategies to lower occupational exposure. *J Nucl Med Technol.* 2005 Mar;33(1):44-7.
10. Leide-Svegborn S. Radiation exposure of patients and personnel from a PET/CT procedure with 18F-FDG. *Radiat Prot Dosimetry.* 2010 Apr-May;139(1-3):208-13.
11. Bartlett ML. Estimated dose from diagnostic nuclear medicine patients to people outside the Nuclear Medicine department. *Radiat Prot Dosimetry.* 2013 Nov;157(1):44-52.
12. Demir M, Demir B, Sayman H, Sager S, Sabbir Ahmed A, Uslu I. Radiation protection for accompanying person and radiation workers in PET/CT. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011 Nov;147(4):528-32.
13. de Groot EH, Post N, Boellaard R, Wagenaar NR, Willemsen AT, van Dalen JA. Optimized dose regimen for whole-body FDG-PET imaging. *EJNMMI Res* 2013; 3: 63.
14. Masuda Y, Kondo C, Matsuo Y, Uetani M, Kusakabe K. Comparison of imaging protocols for 18F-FDG PET/CT in overweight patients: optimizing scan duration versus administered dose. *J Nucl Med* 2009; 50: 844-8.
15. Alenezi A, Soliman K. Trends in radiation protection of positron emission tomography/computed tomography imaging. *Ann ICRP* 2015; 44: 259-75.