

“Gamma Finder” Cihazının Geliştirilmesi

Development of “Gamma Finder” Device

Özkan E. ¹, Çetinel Z. ¹, Bilge M.D. ¹, Köylü M. ², Parlak C. ¹, Bilge M. ¹

¹Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, İzmir, Türkiye.

²Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi AD, İzmir, Türkiye.

Corresponding author / Sorumlu Yazar:

Ertuğrul Özkan. Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik AD, İzmir, Türkiye.
ertp911@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, tanısal nükleer tıp uygulamalarında kullanılan radyasyonun, uygulama sonrası hasta yakınındaki hastane personeline vereceği zararı en aza indirecek, yaka kartı gibi taşınabilir yapıya sahip bir radyasyon uyarı sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu uygulamalarda hastaya kısa yarı ömürlü radyonükleid (teknesyum-99m (Tc-99M), flor-18 (Fl-18) ve iyot-131 (I-131)) verilerek gama kamera veya başka bir cihazla görüntüleme yapılır. Bu radyonükleidlerin yarı ömürleri ve enerjileri sırasıyla, Tc-99M için 6 saat-140keV, Fl-18 için 110 dakika-511keV ve I-131 için 8 gün 364keV'dir. Bu radyonükleidlerin aktivitelerinin %87.5'ini kaybetmek için en az üç yarı ömür geçmesi gerekir. Bu çalışmada mikrodenetleyici, 50keV-2MeV enerji aralığında gama ve beta parçacıklarını algılayabilen sensör, ışıklı ve sesli uyarı bileşenleri kullanılarak “Gamma Finder” radyasyon uyarı cihazı geliştirilmiştir. Bu cihazın uyarı eşik sınırı, görüntüleme işlemleri sonrası hastadaki radyonükleidlerden yayılan dozun 1m’ den okunan değeridir. Bu değer radyonükleidin aktivite etkisinin %87.5’inin ortadan kalktığı mesafedir. Cihaz, nükleer görüntüleme hastası eşik süresi dolmadan hastane personeline 1 metre yakınsa uyarır.

Anahtar Kelimeler: Gamma Finder, radyonükleid, yarı ömür, aktivite.

ABSTRACT

In this study, it is aimed to develop a radiation warning system with a portable structure such as a name badge, which will minimize the damage to the hospital personnel near the patient after the radiation used in diagnostic nuclear medicine applications. In these applications, short half-life radionuclide (technetium-99m (Tc-99M), fluorine-18 (Fl-18) and iodine-131 (I-131)) is given to the patient and imaging is performed with a gamma camera or another device. The half-lives and energies of these radionuclides are 6 hours-140 keV for Tc-99M, 110 minutes-511 keV for Fl-18 and 8 days 364 keV for I-131, respectively. At least three half-lives are required for these radionuclides to lose 87.5% of their activity. In this study, a “Gamma Finder” radiation warning device was developed by using a microcontroller, a sensor that can detect gamma and beta particles in the 50 keV-2 MeV energy range, and light and sound warning components. The warning threshold limit of this device is the value read from 1 meter of the dose emitted from the radionuclides in the patient after imaging procedures. This value is the distance at which 87.5% of the activity effect of the radionuclide disappears. The device warns if the nuclear imaging patient is closer than 1 meter to hospital personnel before the threshold time expires.

Keywords: Gamma Finder, radionuclide, half-life, activity.

Received/Geliş:12/05/2021
Accepted/Kabul:30/05/2021

GİRİŞ

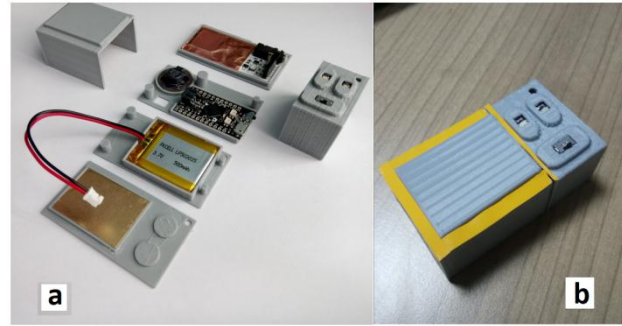
Günümüzde nükleer tıp uygulamalarında birçok görüntüleme tekniği kullanılmaktadır. Bu görüntüleme teknikleri genel ve makro olarak nitelenebilecek yapısal değişiklikleri ortaya koymaktadır. Bu değişiklikler; hücre düzeyindeki yapısal değişiklikleri ya da işlevsel farklılıkları gösterememektedir [1].

Son yıllarda geliştirilen modern ve invazif olmayan bir görüntüleme yöntemi olan pozitron emisyon tomografisi (PET) ile organ ve dokuların işleyişinin görsel ve yarı kantitatif değerlendirilmesini sağlanmaktadır. Bilgisayarlı tomografi (CT), gözlenen vücut bölgesinin üstün morfolojik görüntüsünü veren, invazif olmayan bir teknolojidir. Multimodal PET / CT kullanılarak, anatomik ve metabolik bilgiler birleşik bir görüntüde görüntülenir [2-5]. Teşhis için en yaygın kullanılan radyofarmasötikler PET prosedürleri için 511 keV foton enerjili 18F-florodeoksiglukoz (18F-FDG) ve Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) cihazı için ise 140 keV foton enerjili 99mTc'dir [6,7]. Özellikle onkoloji için güçlü bir teşhis aracı olan nükleer tıp görüntülemeleri prosedürlerinde, radyofarmasötiklerle çalışan nükleer tıp hekimleri, teknikerler, hemşireler ve diğer sağlık çalışanları medikal uygulamalardan kaynaklanan radyasyona maruz kalmaktadır. Nükleer Tıp biriminde radyofarmasötik hazırlanması, hastaya radyoaktif madde enjeksiyonu yapılması, gamma kamerada hastaya pozisyon verilmesi ve eğer hasta tekerlekli sandalye kullanıyor ise yardımcı olunması gibi işlemler ilgili personellerin radyasyona maruz kalmasına neden olmaktadır [8-11]. Tüm sağlık çalışanlarının sağlığı açısından maruz kaldıkları radyasyon dozunun hızlı ve güvenilir bir şekilde tespit edilmesi önem taşımaktadır. Maruz kalınan radyasyon dozunu belirlemek için radyasyon dozimetreleri kullanılmaktadır. Radyasyon dozimetreleri doğrudan veya dolaylı olarak radyasyona maruz kalma miktarlarını, absorbe edilen dozu veya eşdeğer dozu veya bunların zaman türevlerini veya ilgili iyonlaştırıcı radyasyon miktarlarını ölçen veya değerlendiren bir cihaz, alet veya sistemdir. Bir dozimetre okuyucu sistemle birlikte bir "dozimetre sistemi" olarak adlandırılmaktadır [12].

Bu çalışmada, tanısal nükleer tıp uygulamalarında kullanılan radyasyonun uygulama sonrası hastanın yakınında bulunduğu hastane personeline vereceği zararının en aza indirilmesini sağlayacak, radyasyon uyarı sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Mikro-denetleyici 50keV-2MeV enerji aralığında gamma ve beta parçacıklarını algılayabilen sensör, ışık ve ses uyarı bileşenleri kullanılarak "Gamma Finder" radyasyon uyarı cihazı geliştirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Gamma Finder cihazı atmel mikro denetleyicili Qduino Mini geliştirme kartı, 50 keV-2 MeV enerji aralığında çalışabilen Pocket Geiger – Type 5 radyasyon sensörü, buzzer, led ışık kaynakları, on-off anahtarı, lityum polimer pil ve pirinç plaka bileşenlerini içermektedir. Bilgisayar destekli çizim yazılımı ile dış kalıp tasarımları gerçekleştirildikten sonra üç boyutlu yazıcı ile tasarımın çıktıları alınmıştır. Gerekli kablolama işlemleri yapılarak bileşenler dış kalıp parçaları ile birleştirilmiş ve gamma finder cihazı meydana getirilmiştir (Şekil 1). Cihazın çalışmasını sağlayacak mikro denetleyici yazılımı ise, Arduino Geliştirme Ortamı (IDE) bilgisayar yazılımı kullanılarak geliştirilmiş ve mikro denetleyiciye bu yazılım atılmıştır.



Şekil 1: a) Cihazın bileşenleri, b) Cihazın tamamlanmış hali

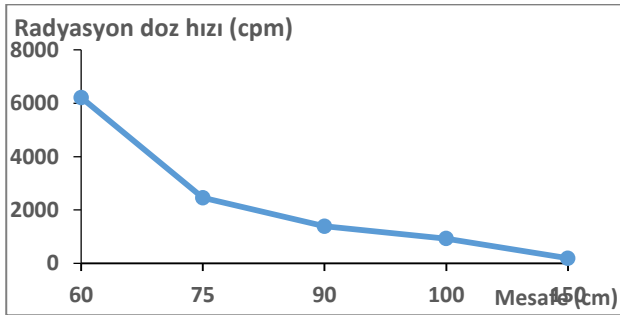
Cihaz geliştirildikten sonra radyasyon kaynağına sırasıyla 60 cm, 75 cm, 90 cm, 100 cm ve 150 cm uzaklıklarda konumlandırılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde radyasyon kaynağı olarak F-18 ve I-131'in enerjilerine yakın olması sebebi ile enerjisi 546 keV olan ve beta parçacıkları yayan Strontium-90 radyoaktif kaynağı kullanılmıştır. Her farklı mesafede kaynaktan yayılan radyasyon dozu değerleri gamma finder cihazı yardımıyla ölçülerek CPM (dakika başına sayım) ve $\mu\text{Sv/h}$ (mikroSivert/h) birimlerinde kaydedilmiştir (Şekil 2). Sr-90 kaynağına farklı mesafelerdeki radyasyon değerleri gamma finder cihazının mikro denetleyici yazılımına aktararak istenilen farklı eşik doz değerinde cihazın sesli ve ışıklı uyarı verebilmesi sağlanmıştır. Güneş ve arkadaşlarının yaptığı çalışma göz önüne alınarak, deneylerde radyasyon kaynağına 1 metre uzaklıktan elde edilen doz ölçüm değerleri gamma finder cihazının eşik doz değeri olarak kabul edilmiş ve cihazın yazılımı bu değere göre güncellenmiştir [13]. Ayrıca cihazın radyasyon kaynağına 1 metreden az uzaklıkta çalışmasının kalite kontrolü yapılarak doğrulanmıştır.



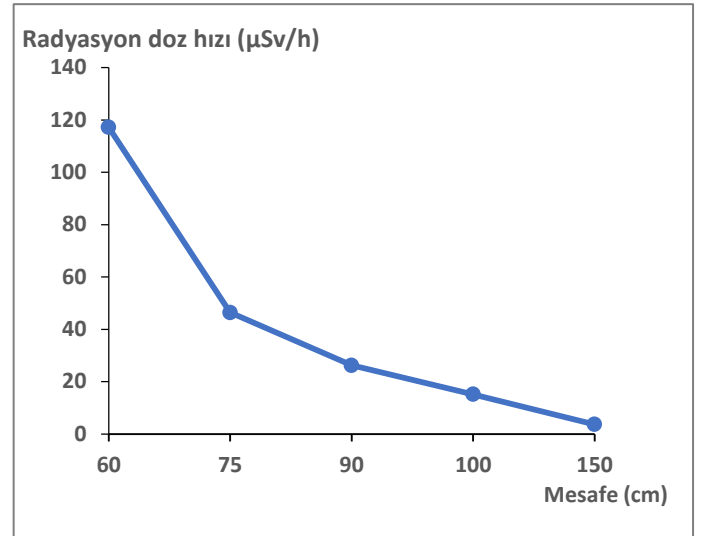
Şekil 2: Gamma Finder Cihazı ve ölçüm düzeneği

BULGULAR

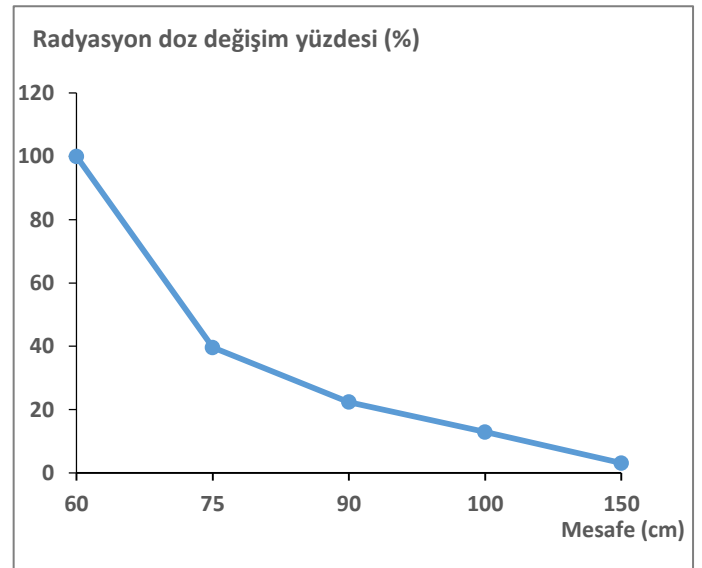
Mesafeye bağlı olarak ölçülen doz hızları, CPM ve $\mu\text{Sv/h}$ olarak Tablo-1'de gösterilmektedir. Mesafeye bağlı olarak elde edilen dakika başına sayım değerleri aşağıda gösterilmektedir (Şekil 3). Elde edilen veriler kullanılarak elde edilen mesafeye bağlı doz değişimi grafiği aşağıda gösterilmektedir (Şekil 4). Elde edilen mesafeye bağlı doz değişim yüzdeleri aşağıda gösterilmektedir (Şekil 5).



Şekil 3: Mesafeye bağlı olarak dakika başına radyasyon doz değişimi.



Şekil 4: Mesafeye bağlı radyasyon doz değişimi.



Şekil 5: Mesafeye bağlı doz değişim yüzdeleri.

Tablo 1. Mesafeye bağlı sayım ve doz ölçüm sonuçları.

Mesafe (cm)	Background (cpm)	Background (µSv/h)	1 dk okuma		(1 dk okuma – Background)		
			Doz hızı (cpm)	Doz hızı (µSv/h)	Doz hızı (cpm)	Doz hızı (µSv/h)	Doz değişim yüzdesi (%)
60	5	0.094	6216	117.225	6211	117.131	100
75	1.7	0.031	2461	46.413	2459.3	46.382	39.598
90	0.67	0.013	1390	26.21	1389.33	26.197	22.366
100	0.53	0.008	926.53	15.132	926	15.124	12.912
150	0.22	0.004	192.72	3.634	192.5	3.63	3.099

TARTIŞMA

Mesafe arttıkça doz ve dakika başına sayım değerlerinin azaldığı görülmektedir. Gamma Finder cihazı beta kaynağından sırasıyla 60cm, 75cm, 90cm, 100cm ve 150 cm uzağa yerleştirilerek, farklı mesafelerden CPM ve µSv/h birimleri cinsinden doz ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda elde edilen değerler kaynağa olan mesafe ile ters orantılı olarak 6211 CPM'den 192.5 CPM'ye kadar düşmüştür. Benzer şekilde µSv/h birimde elde edilen doz değerleri mesafeyle ters orantılı olarak 117.131 µSv/h'den 3.63 µSv/h değerine kadar azalmıştır. Böylece her bir mesafe için CPM ve µSv/h değerleri cihaz yardımıyla belirlenerek cihaz tarafından bilgi kütüphanesi oluşturularak kaydedilmiştir. Güneş ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 1 m mesafeden taburcu olmak üzere hastadan alınan ölçüm değeri 14.28 ± 2.94 µSv/h'dir [13]. Bu değer tolerans sınırları baz alındığında çalışmamızda 1 metreden elde edilen ölçümle uyumaktadır. Ayrıca Güneş ve arkadaşlarının yaptığı aynı çalışmada, görüntüleme işlemi sonrasında hastadan 1 metre uzakta bulunmanın radyasyon güvenliği açısından risk teşkil etmediği de belirtilmiştir [13]. Bu sebeple cihazın fazla doza maruz kalındığında sesli ve ışıklı uyarı vermesi gereken eşik doz değeri, 100 cm mesafeye karşılık gelen CPM ve µSv/h değerleri baz alınarak seçilmiş ve cihazın yazılımında bu değer programlanmıştır. Bu programlama işleminin ardından yapılan deneylerde cihaz eşik değeri ve üstündeki radyasyona maruz kaldığında uyarı verdiği belirlenmiş ve çalışma güvenilirliği doğrulanmıştır.

SONUÇ

Yapılan ölçümler sonucunda geliştirdiğimiz Gamma Finder cihazının doğru zamanda, doğru doz miktarlarında ve doğru mesafede güvenilir olarak uyarı verdiği belirlenmiştir. Geliştirilen bu cihaz µSv için %0.1 ölçüm hassasiyetine sahiptir. Bu hassasiyet çok pahalı fiyatlara satılan doz ölçüm cihazlarında olmayan bir hassasiyettir. Bu sayede çok düşük doz radyasyon olan ortamlarda bile sonuç alabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Yılmaz, G., Tuğrul, A. B. ve Demir, M. PET/BT görüntülemesi yapılan hastaların maruz kaldıkları F-18 fdg radyasyon dozlarının araştırılması. X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 96-105 (2009).
2. Rohren, E. M., Turkington, T. G. Ve Coleman, E. Clinical applications of PET in oncology. Radiology 231, 305–332 (2004).
3. Kumar, S., Pandey, A. K., Sharma, P., Shamim, S. A., Malhotra, A. ve Kumar, R. Instantaneous exposure to nuclear medicine staff involved in PET-CT imaging in developing countries: experience from a tertiary care centre in India. Jpn J. Radiol. 30, 291–295 (2012).
4. Dalianis, K., Malamitsia, J., Gogoua, L., Pagoua, M., Efthimiadou, R., Andreou, J., Louizi, b, A. and Georgioub, E. Dosimetric evaluation of the staff working in a PET/CT department. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 569, 548–550 (2006).
5. Antic, V., Ciraj-Bjelac, O., Stankovic, J., Arandjic, D., Todorovic, N. ve Lucic S., Radiation exposure

- to nuclear medicine staff involved in PET/CT practice in serbia, Radiation Protection Dosimetry, 1–9 (2014).
6. Kubo, A.L.S.L. ve Mauricio C.L.P., TLD occupational dose distribution study in nuclear medicine, Radiation Measurements, (71) 442-446 (2014).
 7. Carnicer, A., Sans-Merce, M., Baechler, S., Barth, I., Donadille, L., Ferrari, P., Fulop, M., Ginjaume, M., Gualdrini, G., Krim, S., Mariotti, M., Ortega, X., Rimpler, A., Ruiz, N., Vanhavere, F. Handexposure in diagnostic nuclear medicine with 18F- and 99mTc-labelled radiopharmaceuticals e results of the ORAMED project. Radiat. Meas. 46, 1277-1282 (2011).
 8. Hızlı, Y., Parlak, Y., Göksoy, D., Mütevelizade, G., Gümüşer, G. ve Sayit, E. Radiation Exposure to Nuclear Medicine Staff Working with Tc99m Radiopharmaceutical, İstanbul Med J, 19 (3): 268-72 (2018).
 9. Ho WY, Wong KK, Leung YL, Cheng KC, Ho FT. Radiation Doses to Nuclear Medicine Department. J HK CollRadiol, 5: 24-8 (2002).
 10. Covens P, Berus D, Buls N, Clerinx P, Vanhayere F. Personal dose monitoring in hospitals global assessment, critical applications and future needs. Radiat Protect Dosimetry 124: 250-9. (2007)
 11. Smart R. Task-specific Monitoring of Nuclear Medicine Technologists Radiation Exposure. Radiat Prot Dosimetry 109: 201-9 (2004).
 12. Izewska, J., Review of Radiation Oncology Physics: A Hand book for Teachers and Students, Chapter 3. Radiation Dosimeters.
 13. Güneş, B. Y., Erez, Ö., Gündoğan, C., Ergül, N. The Evaluation of External Dose Rate Measurements of Patients During and After F-18 FDG PET/CT Imaging and Appropriate Discharge Time from PET/CT Department. İstanbul Medical Journal, 20(3): 188-92 (2019).