

BÖLÜM 6

Radyonüklidlerle Görüntüleme ve Tedavide Radyasyon Maruziyeti



Demet NAK¹

GİRİŞ

Bir radyofarmasötik (RF), bir radyonüklid (RN) ve bu radyonüklidi bir reseptöre, antijene, iyonik pompaya veya diğer ilgili bölgelere yönlendiren bir peptit, antikör veya küçük molekül gibi bir ajana bağlı olan, bir hastalığın tespiti, karakterizasyonu veya tedavisi için kullanılan bileşiklerdir. Bazı RF'lerin kimyası RN'nin kendisinin iyonik hali gibi çok basit bir formda iken çoğu RF, karmaşık bir kimyasal yapıya sahiptir. RF'lerin temel özellikleri nadiren farmakolojik bir yanıt ortaya çıkaran miktarlarda uygulanması ve fizyolojik sistemlerle etkileşimlerinin, fiziksel özellikleriyle (iyonlaştırıcı radyasyon emisyonu) değil, kimyasal yapılarıyla ilişkili olmasıdır. Atomun radyoaktif bozunumu sonucu alfa(α), beta (β^- , β^+) ve gama(γ) radyasyon salınımı olur. Tanısal amaçla kullanılan RF'ler, γ -ışınları veya β^- ve β^+ partiküllerin emisyonu şeklinde fiziksel bir sinyal oluşturular. Radyasyon detektörleriyle γ -ışınları ya da β^+ partiküllerinin anihilasyonu ile meydana gelen yüksek enerjili fotonları saptanır. Görüntülerden veya istenen terapötik etkiden elde edilen

tanısal bilgi, verilen RF'nin vücuttaki karakteristik dağılımından kaynaklanır. RF'lerin büyük kısmı intravenöz şekilde sistemik olarak uygulanır; nadiren oral, interstisyel, intrakaviter veya intraarteriyel olmak üzere lokal uygulanır. Sintigrafik bilgileri belirleyen ana parametreler, ilgili doku/organda kandan klirens, birikim, tutulma ve yıkanma oranı/hızıdır. Dağılımdaki değişiklikler, fonksiyon veya metabolizmanın patofizyolojik değişikliklerini yansıtır. RF'ler kullanılarak, ilgili doku/organın yapısı, şekli, boyutu ve/veya morfolojisinde meydana gelen değişiklik veya anormallikler, anatomik görüntüleme modaliteleriyle saptanmadan önce -hastalık patogenetik kaskadının erken bir aşamasında- saptanabilir (1-3).

Vücuda verilen radyofarmasötiklerden yayılan gama ışınlarının özel deteksiyon sistemleriyle tespit edilmesiyle elde edilen sintigrafik görüntülemelerde, en sık Teknesyum (^{99m}Tc) olmak üzere, İndiyum (^{111}In), İyot (^{123}I , ^{131}I), Talyum (^{201}Tl) ve Galyum (^{67}Ga) gibi RN'ler kullanılmaktadır. Her bir radyoaktif bozunma için kendisine özel değişik enerji seviyelerinde bir gama fotonu yayan

¹ Uzm. Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Nükleer Tıp AD., demetnak139133@gmail.com



AKILDA TUTULACAKLAR

- Atom çekirdeğinden radyoaktif parçalanma sonrasında alfa(α), beta (β^- , β^+) ve gama(γ) radyasyon salınımı olur. Tanısal amaçla kullanılan RF'ler, γ -ışınları veya β^+ ve β^- partiküllerin emisyonu şeklinde fiziksel bir sinyal oluştururlar. Radyasyon dedektörleriyle γ -ışınları ya da β^+ partiküllerinin anihilasyonu ile meydana gelen yüksek enerjili fotonlar saptanır.
- Her bir radyoaktif bozunma için kendisine özel değişik enerji seviyelerinde bir gama fotonu yayan RN'lere genellikle tek foton yayıcılar denir. Gama kameralarda tek doğrultuda yayılan gama fotonu; PET kamerasında ise eşzamanlı ve aynı yerde oluşan ve zıt doğrultuda hareket eden anihilasyon fotonları detekte edilir.
- Molibden-99'un bozunmasından oluşan 6 saat yarı ömürlü [^{99m}Tc]Tc sintigrafik görüntülemelerin çok büyük kısmında kullanılan RN'dir. 110 dk yarıömürlü Flor (^{18}F) ve 68 dk yarıömürlü Galyum (^{68}Ga) ise PET/BT görüntüleme için yaygın kullanılan pozitron yayıcı RN'ler olup PET cihazlarındaki eş zamanlı deteksiyon teknolojisi daha iyi çözünürlük ve daha az saçılma sağladığından, konvansiyonel gama kameralardan belirgin üstün görüntü kalitesi sağlar.
- Radyasyona doğrudan maruziyetle alınan doz, radyasyonun tipine ve enerjisine, uygulanan aktivite miktarına ve RF'nin etkin yarı ömrüne bağlı olmakla birlikte tanısal nükleer tıp uygulamalarından sonra toplum için nadiren önlem gereklidir.
- Görüntülemeler için uygulanan RF sonrası belirli sürelerde bebeklerin emzirilmemesi ve/veya sütün sağılması önerilir.
- Tanısal uygulamaların büyük kesiminde 100 mGy düzeyine ulaşılmadığı ve gebeliğin sonlandırılma gerekliliğinin olmadığı bildirilmiştir. Tedavi sonrası belirtilen sürelerde gebelik önlenmeli, gebe bir hastaya tedavi dozunda RF uygulanırken çok dikkatli olunmalıdır.
- PET/BT ve SPECT/BT' deki BT komponentinin

total hasta dozuna 1-20 mSv arasında ek doz meydana getirdiği bildirilmiştir.

- Küçük çocuklar ve bebekler dışında, bakım veren bireyler için, radyonüklid tedavi epizodu başına 5 mSv'lik bir doz kısıtlaması (tedavi sonrası taburculuk için) kabul edilebilir düzeydedir.

KAYNAKLAR

1. Mettler F.A, Guiberteau MJ. (2019). Essentials of Nuclear Medicine Imaging (Seventh Edition), W.B. Saunders.
2. Salvatori M. et al. (2017) Radiobiology and Radiation Dosimetry in Nuclear Medicine. In: Strauss H., Mariani G., Volterrani D., Larson S. (eds) Nuclear Oncology. Springer, Cham.
3. Stabin, Michael. (2008). Fundamentals of Nuclear Medicine Dosimetry. 10.1007/978-0-387-74579-4.
4. Stabin MG, Tagesson M, Thomas SR, Ljungberg M, Strand SE. Radiation dosimetry in nuclear medicine. *Appl Radiat Isot.* 1999 ;50(1):73-87.
5. Visser EP, J de Jong. Radiation Dosimetry in Nuclear Medicine. PART V:752-778. (24/08/2021 tarihinde https://richtlijnendatabase.nl/gerelateerde_documenten/f/17253/Radiation%20Dosimetry%20in%20Nuclear%20Medicine.pdf adresinden ulaşılmıştır).
6. Stabin MG, Peterson, TE, Holburn GE, Emmons M (2004). A Voxel-based mouse and rat models for internal dose calculations. *J Nucl Med.* 45:634-635(suppl):57P
7. ICRP, 1977. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 26. Ann. ICRP 1 (3).
8. ICRP, 1988. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53. 20
14. ICRP, 2008. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals - Addendum 3 to ICRP Publication 53. ICRP Publication 106. Ann. ICRP 38 (1-2).
15. Cristy, M., Eckerman, K.F. (1987). Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photon sources (ORNL/TM-8381/V7).
16. Senthamizhchelvan S, Bravo PE, Esaias C, et al. Human biodistribution and radiation dosimetry of ^{82}Rb . *J Nucl Med.* 2010 ;51(10):1592-1599.
17. Law M, Ma WH, Leung R, Li S, Wong KK, Ho WY, Kwong A. Evaluation of patient effective dose from sentinel lymph node lymphoscintigraphy in breast cancer: a phantom study with SPECT/CT and ICRP-103 recommendations. *Eur J Radiol.* 2012;81(5):e717-20.
18. Fettich, J, Colarinha P, Fischer S. et al. Guidelines for direct radionuclide cystography in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2003; 30, B39-B44 (2003).



19. Russell JR, Stabin MG, Sparks RB, Watson E. Radiation absorbed dose to the embryo/fetus from radiopharmaceuticals. *Health Phys.* 1997;73(5):756-69.
20. Ahlgren L, Ivarsson S, Johansson L, Mattsson S, Nosslin B. Excretion of radionuclides in human breast milk after the administration of radiopharmaceuticals. *J Nucl Med.* 1985;26(9):1085-90.
21. Berke RA, Hoops EC, Kereiakes JC, Saenger EL. Radiation dose to breast-feeding child. *J Nucl Med.* 1973;14(1):51-2.
22. ICRP, 2004. Release of Patients after Therapy with Unsealed Radionuclides. ICRP Publication 94. Ann. ICRP 34 (2)
23. Hänscheid H, Canzi C, Eschner W, et al. EANM Dosimetry Committee Series on Standard Operational Procedures for Pre-Therapeutic Dosimetry II. Dosimetry prior to radioiodine therapy of benign thyroid diseases. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2013;40: 1126– 1134.
24. Gear J, Chiesa C, Lassmann M, et al. EANM Dosimetry Committee series on standard operational procedures for internal dosimetry for ¹³¹I mIBG treatment of neuroendocrine tumours. *EJNMMI physics.* 2020;7(1):1-21.
25. Bagheri R, Afarideh H, Ghannadi-Maragheh M, et al. Dosimetric study of radium-223 chloride and ¹⁵³Sm-EDTMP for treatment of bone metastases using MCNPX code and available experimental data. *J Radioanal Nucl Chem.* 2015;303: 1991– 1998.
26. Cremonesi M, Ferrari ME, Bodei L, Bartolomei M, Chinol M, Mei R, Daou B, Tosi G, Paganelli G. Dosimetry in patients undergoing Lu-177-DOTATATE therapy with indications for Y-90-DOTATATE. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2006; 33(1): S102-S102
27. Kam BLR, Teunissen JJM, Krenning EP, et al. Lutetium-labelled peptides for therapy of neuroendocrine tumours. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2012;39: 103–112.
28. Kratochwil, C, Fendler WP, Eiber M. et al. EANM procedure guidelines for radionuclide therapy with ¹⁷⁷Lu-labelled PSMA-ligands (¹⁷⁷Lu-PSMA-R-LT). *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2019; 46(12): 2536–2544.
29. Blake GM, Naeem M, Boutros M. Comparison of effective dose to children and adults from dual X-ray absorptiometry examinations. *Bone.* 2006;38(6):935-42.