

ÜRİNER SİSTEMDE NÜKLEER TIP

Yeşim CEYLAN¹
Zehra ÖZCAN²**Üriner Sistem Anatomi ve Fizyolojisi**

Böbrekler retroperitoneal yerleşimli olup T12-L3. vertebralar arasında uzanırlar ve sağ böbrek sola göre daha inferior yerleşimlidir. Böbrekler kandan idrarı süzerek üretere verirler. Ayrıca kandaki üre, metabolik artıkların atılması, elektrolit ve su dengesinin sağlanmasında görevlidirler. Kısaca vücut sıvılarını hacim, içerik ve pH bakımından düzenlerler. Eritropoetin, renin gibi hormonları salgılar ve D vitamini aktif ederler. Korteks; glomerül ve proksimal tübüleri içerirken, piramidler, toplayıcı kanal, Henle kulpu medullada yer almaktadır. Böbreklerde meydana gelen filtrasyon, reabsorpsiyon ve sekresyon idrar oluşumunu sağlamaktadır. Böbreğin en küçük fonksiyonel yapısı nefron; glomerül ve böbrek tübülüslerinden meydana gelir ve kortekste yer almaktadır. Renal filtrasyon glomerülde gerçekleşmektedir. Her iki böbrek tarafından 1 dakikada oluşturulan filtrasyon hacmine glomerül filtrasyon hızı (GFR) adı verilir. Sağlıklı erişkinde GFR hızı 125 ml/dk'dır. Her iki böbrek tarafından günlük 180 litre dilüe filtrat olur, bu filtratın çoğu reabsorbe olarak %1'inden daha azı yaklaşık 1-1,5 litresi idrar olarak atılır. Bu durum seçici reabsorpsiyon ve tübüler sekresyon ile gerçekleşir.

Renal Radyofarmasötikler

1950'li yıllardan itibaren geliştirilen çok sayıda renal radyofarmasötikle renal fonksiyonların değerlendirilmesi mümkün hale gelmiştir (1). Renal radyofarmasötikler uptake ve klirens mekanizmalarına göre glomerüler, tübüler ve kortikal olarak sınıflandırılmaktadır (2,3). Günümüzde renal görüntüleme en sık kullanılan radyofarmasötikler; Tc-99m DTPA, Tc-99m MAG3 ve Tc-99m DMSA'dır (3-5). Ortoiodohippurat (OIH), merkaptosülsinik asit (MAG3), L,L-etilen-L-disistein (EC) tübüler, iotalamat, Cr-51-EDTA, dietilentriaminpentaasetik asit (DTPA) glomerüler, dimerkaptosülsinik asit (DMSA) ve glukohexonat kortikal farmasötiklerdir. Bu radyofarmasötiklerin temel tutulum ve atılım yolları Tablo 1'de özetlenmektedir.

Tc-99m Merkaptosülsinik Asit (MAG3)

Tc-99m MAG3, günümüzde pek çok merkezde Tc-99m DTPA ve OIH'nin yerini alan sadece tübüler sekresyonla atıldığı için klirensi doğrudan tübüler fonksiyonu gösteren bir radyofarmasötiktir. Plazma proteinine %66-90 oranında bağlanmakta olan MAG3, renal kan akımının izlenmesi için de uygun bir ajandır. Renal ekstraksiyon fraksiyonu

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp AD., dryesimceylan@gmail.com, ORCID iD:0000-0002-9677-53071

² Prof. Dr., Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp AD., zehra.ozcan@yahoo.com, ORCID iD:0000-0002-6942-4704

mektedir. Üretere olan reflü hafif, üreter ve renal pelvikalisijel sistem orta, pelvikalisijel sistemde reflü ve eşlik eden dilate toplayıcı sistem yapıları ya da tortiyoze üreter ciddi VUR olarak tanımlanır. Ektopik pelvik böbrek, megaüreter ve nöropatik mesane gibi durumlar reflünün saptanmasında hata kaynağı oluşturabilir.

Kaynaklar

1. Ziessman HA, O'Malley JP, Thrall JH, et al. *Nuclear Medicine: The Requisites*, Fourth Edition. Elsevier Inc; 2013. p.168-203.
2. Bennet P, Oza U. *Diagnostic Imaging Nuclear Medicine*. Second Edition. Canada: Friesens; 2015. p. 240-257.
3. Müller-Suur R, Prigent A. Radiopharmaceuticals: their intrarenal handling and localization. In: *Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment*. Peter J. Ell and Sanjid Sam Gambhir, eds Peter J. Ell and Sanjid Sam Gambhir, eds. 3rd ed., 2 vols. Churchill Livingstone; 2004:1501-1515.
4. Erbaş B. Nefroürolojide Görüntüleme: Dünü, Bugünü, Yarını. *Nucl Med Semin*. 2019;5(3):169-172. DOI:10.4274/nts.galenos.2019.0023
5. Sağer S, Asa S, Kabasakal L. Böbrek Sintigrafisinde Kullanılan Radyofarmasötikler. *Türk Urol Sem*. 2011;2:88-90. doi:10.5152/tus.2011.17
6. Pang X, Li F, Huang S, et al. A Novel Method for Accurate Quantification of Split Glomerular Filtration Rate Using Combination of Tc-99m-DTPA Renal Dynamic Imaging and Its Plasma Clearance. *Dis Markers*. 2021;66:43586. doi: 10.1155/2021/6643586.
7. Taylor A.T, Brandon D.C, de Palma D, et al. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for Diuretic Renal Scintigraphy in Adults With Suspected Upper Urinary Tract Obstruction. *Semin Nucl Med*. 2018 Jul;48(4):377-390. doi: 10.1053/j.semnucl-med.2018.02.010.
8. Blaufox M. D, De Palma D, Taylor A, et al. The SNMMI and EANM practice guideline for renal scintigraphy in adults. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2018;5:2218-2228. https://doi.org/10.1007/s00259-018-4129-6.
9. Volkan-Salanci B, Erbaş B. Diuretic Renal Scintigraphy in Adults: Practical Aspects and Reporting. *Semin Nucl Med*. 2022 Jul;52(4):445-452. doi: 10.1053/j.semnucl-med.2021.12.006.
10. Majd M, Bar-Sever Z, Santos AI et al. The SNMMI and EANM Procedural Guidelines for Diuresis Renography in Infants and Children. *J Nucl Med*. 2018 Oct;59(10):1636-1640. doi: 10.2967/jnumed.118.215921.
11. Gülaldı NCM, Aksoy T, Aydın F, et al. TNTD, Çocuklarda Dinamik Böbrek Sintigrafisi Uygulama Kılavuzu 2.0. *Nucl Med Semin*. 2015;1:15-18. DOI:10.4274/nts.2015.003
12. Bar-Sever Z, Shammass A, Gheisari F, et al. Pediatric Nephro-Urology: Overview and Updates in Diuretic Renal Scans and Renal Cortical Scintigraphy. *Semin Nucl Med*. 2022 Jul;52(4):419-431. doi: 10.1053/j.semnucl-med.2021.12.002.
13. Brink A. Pitfalls of Radionuclide Renal Imaging in Pediatrics. *Semin Nucl Med*. 2022 Jul;52(4):432-444. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2021.12.001. Epub 2022 Jan 19. PMID: 35063167.
14. Gungor F, Anderson P, Gordon I. Effect of the size of regions of interest on the estimation of differential renal function in children with congenital hydronephrosis. *Nucl Med Commun*. 2002;23:147-151. 16. doi: 10.1097/00006231-200202000-00006.
15. Ozcan Z, Anderson PJ, Gordon I. Robustness of estimation of differential renal function in infants and children with unilateral prenatal diagnosis of a hydronephrotic kidney on dynamic renography: How real is the supranormal kidney? *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2006;33:738-744. doi: 10.1007/s00259-006-0094-6
16. Güngör F. Neonatal Hidronefroza Sintigrafik Değerlendirme. *Türkiye Klinikleri J Nucl Med-Special Topics*. 2017;3:26-32.
17. Özcan Z. Çocukluk Çağında Hidronefroza Yaklaşımında Nükleer Tıbbın Yeri. *Nucl Med Semin*. 2019;5:173-178. DOI:10.4274/nts.galenos. 2019.0024
18. Durand E, Blaufox MD, Britton KE, et al. International Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology (ISCORN). International Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology (ISCORN) consensus on renal transit time measurements. *Semin Nucl Med*. 2008 Jan;38(1):82-102. doi: 10.1053/j.semnucl-med.2007.09.009.
19. Taylor A Jr, Nally JV. Clinical applications of renal scintigraphy. *AJR Am J Roentgenol*. 1995 Jan;164(1):31-41. doi: 10.2214/ajr.164.1.7998566.
20. Gordon I, Piepsz A, Sixt R. Auspices of Paediatric Committee of European Association of Nuclear Medicine. Guidelines for standard and diuretic renogram in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2011 Jun;38(6):1175-88. doi: 10.1007/s00259-011-1811-3.
21. Erbaş B. Pediatrik Olgularda Dinamik Böbrek Sintigrafisi ve Güncel Yaklaşımlar. *Türkiye Klinikleri J Nucl Med-Special Topics*. 2017;3:21-25.
22. Piepsz A, Tondeur M, Ham H. NORA: a simple and reliable parameter for estimating renal output with or without frusemide challenge. *Nucl Med Commun*. 2000;21:317-323. doi: 10.1097/00006231-200004000-00005.
23. Chaiwatanarat T, Padhy AD, Bomanji JB, et al. Validation of renal output efficiency as an objective quantitative parameter in the evaluation of upper urinary tract obstruction. *J Nucl Med*. 1993;34:845-848.
24. Gordon I, Dhillon HK, Peters AM. Antenatal diagnosis of renal pelvic dilatation. The natural history conservative management. *Ped Rad*. 1991;21:272-273. doi: 10.1007/BF02018622.
25. Ulman I, Jayanthi VR, Koff SA. The long-term follow up of newborns with severe unilateral hydronephrosis initially treated nonoperatively. *J Urol*. 2000;164:1101-1105. doi: 10.1097/00005392-200009020-00046.
26. Ozcan Z, Anderson PJ, Gordon I. Prenatally diagnosed unilateral renal pelvic dilatation: a dynamic condition on ultrasound and diuretic renography. *J Urol*. 2004;172:1456-1459. doi: 10.1097/01.ju.0000138683.02501.d9.

27. Palmer LS, Maizels M, Cartwright PC, et al. Surgery versus observation for managing obstructive grade 3 to 4 unilateral hydronephrosis: a report from the Society for Fetal Urology. *J Urol*. 1998;159:222-228. doi: 10.1016/s0022-5347(01)64072-2.
28. Dhillon HK. Prenatally diagnosed hydronephrosis: the Great Ormond Street experience. *Br J Urol*. 1998;81:39-44. doi: 10.1046/j.1464-410x.1998.0810s2039.x.
29. Inanir S, Biyikli N, Noshari O, et al. Contradictory supranormal function in hydronephrotic kidneys: fact or artifact on pediatric MAG-3 renal scans? *Clin Nucl Med*. 2005 Feb;30(2):91-6. doi: 10.1097/00003072-200502000-00004.
30. Ergün E, Erbaş B, Alan N, et al. Kaptoprilli böbrek sintigrafisi. *Türk J Nucl Med*. 2001;10:72-7.
31. Ergün EL, Uğur Ö, Usalan C. Kaptoprilli Renal Sintigrafisi. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*. 1998;2:59-66.
32. Textor SC, Lerman L. Renovascular hypertension and ischemic nephropathy. *Am J Hypertens*. 2010 Nov;23(11):1159-69. doi: 10.1038/ajh.2010.174.
33. Kitapçı MT. Renal Transplantın Değerlendirilmesinde Radyonüklid Yöntemler. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*. 2000;1:8-13.
34. Yazıcı B. Transplant Böbrek Sintigrafisi. *Nucl Med Semin*. 2019;5:189-198. DOI:10.4274.
35. Mettler FA, Guiberteau MJ. *Essentials of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 7th Edition. Philadelphia: Elsevier Inc; 2019. P. 287-314.
36. Yazıcı B, Oral A, Akgün A. Contribution of SPECT/CT to Evaluate Urinary Leakage Suspicion in Renal Transplant Patients. *Clin Nucl Med*. 2018 Oct;43(10):e378-e380. doi: 10.1097/RLU.0000000000002222.
37. Müller-Suur R, Gutsche HU. Tubular reabsorption of technetium-99m-DMSA. *J Nucl Med*. 1995 Sep;36(9):1654-8. PMID: 7658227.
38. Weyer K, Nielsen R, Petersen SV, et al. Renal uptake of Tc-99m-dimercaptosuccinic acid is dependent on normal proximal tubule receptor-mediated endocytosis. *J Nucl Med*. 2013;54:159-165. doi: 10.2967/jnumed.112.110528.
39. Vali R, Armstrong IS, Bar-Sever Z, et al. SNMMI procedure standard/EANM practice guideline on pediatric [^{99m}Tc]Tc-DMSA renal cortical scintigraphy: an update. *Clin Transpl Imaging*. 2022;10:173-184. <https://doi.org/10.1007/s40336-022-00484-x> Reza Vali.
40. Volkan Salancı B. İdrar Yolu Enfeksiyonunda Nükleer Tıp. *Nucl Med Semin*. 2019;5:179-185. DOI:10.4274/nts.galenos.2019.0025.
41. Özcan Kara P, Aksoy T, Aydın F, et al. TNTD, Çocuklarda Renal Kortikal Sintigrafi Uygulama Kılavuzu 2.0. *Nucl Med Semin*. 2015;1:8-14. DOI:10.4274/nts.2015.002.
42. Majd M, Rushton HG. Renal cortical scintigraphy in the diagnosis of acute pyelonephritis. *Semin Nucl Med*. 1992 Apr;22(2):98-111. doi: 10.1016/s0001-2998(05)80085-6.
43. Jakobsson B, Berg U, Svensson L. Renal scarring after acute pyelonephritis. *Arch Dis Child*. 1994 Feb;70(2):111-5. doi: 10.1136/adc.70.2.111.
44. Stein R, Dogan HS, Hoebeke P, et al. European Association of Urology; European Society for Pediatric Urology. Urinary tract infections in children: EAU/ESPU guidelines. *Eur Urol*. 2015 Mar;67(3):546-58. doi: 10.1016/j.eururo.2014.11.007.
45. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria® Acute Pyelonephritis (revised in 2022). Accessed date: July, 20th, 2023. Available from: <https://acsearch.acr.org/docs/69489/Narrative/>
46. Mantadakis E, Vouloumanou EK, Georgantzi GG, et al. Acute Tc-99m DMSA scan for identifying dilating vesicoureteral reflux in children: a meta-analysis. *Pediatrics*. 2011 Jul;128(1):e169-79. doi: 10.1542/peds.2010-3460.
47. Jakobsson B, Nilstedt L, Svensson L, et al. 99mTechnetium-dimercaptosuccinic acid scan in the diagnosis of acute pyelonephritis in children: relation to clinical and radiological findings. *Pediatr Nephrol*. 1992 Jul;6(4):328-34. doi: 10.1007/BF00869725.
48. Hosokawa T, Uchiyama M, Tanami Y, et al. Incidence of renal scarring on technetium-99 m dimercaptosuccinic acid renal scintigraphy after acute pyelonephritis, acute focal bacterial nephritis, and renal abscess. *Ann Nucl Med*. 2023 Mar;37(3):176-188. doi: 10.1007/s12149-022-01814-9.
49. Gordon I, Barkovics M, Pindoria S, et al. Primary vesicoureteric reflux as a predictor of renal damage in children hospitalized with urinary tract infection: a systematic review and meta-analysis. *J Am Soc Nephrol*. 2003 Mar;14(3):739-44. doi: 10.1097/01.asn.0000053416.93518.63.
50. Aydın F, Aksoy T, Gedik GK, et al. TNTD, Çocuklarda Radyonüklid Sistografi Uygulama Kılavuzu 2.0. *Nuclear Medicine Seminars*. 2015;1:19-23. DOI:10.4274/nts.2015.004.
51. Fettich J, Colarinha P, Fischer S, et al. Guidelines for direct radionuclide cystography in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2003;30(5):BP39-BP44. <https://doi.org/10.1007/s00259-003-1137-x>.