

## Bölüm 14

# KARDİYAK BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ

**Abdulgacit AFŞİN<sup>1</sup>**

### **GİRİŞ: BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLKELERİ**

Bilgisayarlı tomografi (BT) kısaca röntgen ışınları ve bilgisayarı kullanarak vücudun görüntülenmesidir. BT görüntüleme tüpten çıkarak vücuttan geçen röntgen ışınlarının elektronik detektörler tarafından kaydedilmesi olarak tanımlanabilir (Şekil 1A). Bu detektörler bilgiyi bilgisayara yollarlar ve bilgi saniyeler içerisinde bir görüntüye dönüştürülür. 1990 yılında tüpün hasta etrafında bir dönüşünde tek kesit alabildiği helikal (spiral) BT klinik kullanıma girmiştir. Fakat, bu cihazlar kalp gibi hareketli olan bir organı görüntülemeye yetersiz kalmıştır. 1998 yılında çok kesitli BT (ÇKBT) cihazlarının klinikte kullanıma girmesiyle, BT ile görüntüleme alanında çok önemli bir ilerleme sağlanmıştır. Literatürde “multislice CT, multidetector CT” ve “multidetector row CT” gibi isimler ile anılmaktadır (1).

ÇKBT’de bir rotasyonda 4 veya daha fazla sayıda (8, 16, 32, 40, 64, 256, 320) kesit almasına olanak veren z eksen (hasta masası yönü) boyunca dizilmiş çok sıralı dedektör sistemi vardır (2). 4 kesitli BT’nin düşük uzaysal (spatial) ve zamansal (temporal) çözünürlük (rezolüsyonu) nedeniyle, koroner arterlere ait görüntülerin yetersiz kalitede olduğu görülmüş. Daha sonra kullanıma giren 64, 128 ve 320 kesitli BT’ler ile hem zamansal hem de uzaysal çözünürlükte ilerleme ve gantri rotasyon zamanında azalma sağlanmıştır (3). Kardiyak BT’deki bu teknolojik gelişmeler sayesinde birkaç

saniye içinde koroner arterlerin görüntülenmesi, radyasyon dozunun düşmesi ve zor hasta gruplarında (aritmik, obez, taşikardik, çocuk hastalar, nefes tutamayan, stentli hastalar) tetkik kalitesinin iyileşmesine olanak sağlamıştır (4) 2006 yılında çift tüplü (double source) 64-kesitli BT klinik kullanıma girmiştir (şekil 1B). Çift tüplü BT ile daha hızlı zamansal çözünürlük (75-83 msn) ve daha geniş hacmi içine almasıyla yüksek kalp hızı artık hem yetişkinlerde hem de çocuklarda kısıtlayıcı bir etken olmaktan çıkmıştır. Prospektif elektrokardiyografi (EKG) tetikleme ile görüntü kalitesi artmış ve radyasyon dozu azalmıştır. Günümüzde hem sıralı dedektör sayısının artması hem de çift tüplü BT’lerin kullanıma girmesiyle multiplanar görüntüleme ve 3 boyutlu reformat görüntü elde etmek mümkün olmuştur.

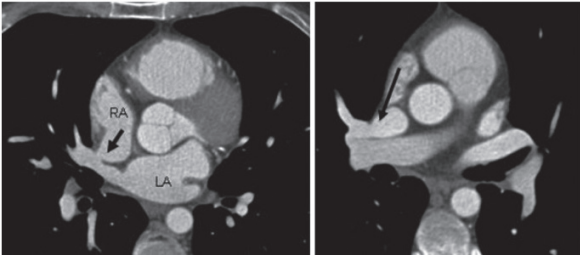
2011 yılında Fraksiyonel Akım Rezervi (FFR) ölçümü kardiyak BT’ye entegre edilerek kullanıma girmiştir. Bu sayede koroner arterdeki bir stenozun hemodinamik olarak önemli olup olmadığı FFR ile hızlı bir şekilde kontrol edilmesiyle gereksiz stent takılmasının önüne geçilebilmektedir (5). Kardiyak BT incelemelerinde, kalp duvarları ve koroner arterlerin hareket artefaktı olmadan görüntülenmesi için kalbin daha hareketsiz olduğu T-P sinyal aralığından (diastol faz) elde edilen verilerden görüntü oluşturulması gerekmektedir. Bu nedenle kalp siklusu ile uyumu için EKG tetikleme-kapılama gereklidir (6).

<sup>1</sup> Kardiyoloji Uzmanı, Kahta Devlet Hastanesi, abdulmecitafsin@gmail.com

neden sıklıkla bilinmez, fakat çoğu hastada hipertansiyon ve aterosklerozis başlıca rol oynamaktadır (57).

### Pulmoner Venlerin Değerlendirilmesi

Kardiyak BT'nin diğer bir kullanım alanı semptomatik paroksizmal veya persistan atrial fibrilasyonu (AF) olup kriyobalon ile AF ablasyonu planlanan hastalarda sol atriyum ve pulmoner venlerin anatomisi hakkında bilgi edinmektir (58). TÖE ve TTE ile karşılaştırıldığında BT daha iyi görüntü kalitesi ve detaylı bilgi vermektedir. İleri teknoloji ile üretilen 2. Jenerasyon çift tüplü 128 slice BT yüksek pitch oranı, daha yüksek uzaysal çözünürlükte ve düşük temporal rezolüsyon ile kalbi yaklaşık 280 ms'nde görüntüleyebilmektedir. Thai ve ark. (59) kriyobalon ile AF ablasyonu öncesi sinüs veya AF ritminde olan hastalara pulmoner ven haritalama için yeni 2. jenerasyon 128 kesitli BT ile 64 kesitli tek tüplü BT'yi görüntüleme kalitesi, çekim süresi ve radyasyon dozu açısından karşılaştırmışlar. Çift tüplü BT'nin görüntü kalitesi daha iyi görülmüş, radyasyon dozu (1.6 mSv karşı 19.3 mSv,  $p<0.0001$ ) bulunmuş. Kardiyak MR ile karşılaştırıldığında pulmoner ven anatomisi daha iyi gözlenmiş, çekim süresi oldukça kısalmıştır (6 dakika karşı 41 dakika,  $p<0.001$ ).



**Şekil 11.** (A) superior sinüs venozus atriyal septal defekt, (B) vena kava süperiora açılan pulmoner ven izlenmektedir. (Kivistö S, Hänninen H, Holmström M. Partial anomalous pulmonary venous return and atrial septal defect in adult patients detected with 128-slice multidetector computed tomography. J Cardiothorac Surg. 2011; 6: 126. çalışmasından alınmıştır).

Pulmoner venöz dönüş anomalisi (PVDA) sol atriyum dışına bir veya daha fazla pulmoner venin drene olmasıdır. Özellikle konjenital kalp hastalığı tespit edilen hastalarda PVDA'nın eşlik etme ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Parsiyel PVDA'ya en sık eşlik eden sinüs venozus tipi atriyal

septal defekt olup hastaların yaklaşık %90'ında bulunmaktadır (Şekil 11). Ayrıca, PVDA vakalarına %10-15 civarında primum atriyal septal defekt eşlik etmektedir (60).

### SONUÇ

Son yıllardaki teknolojik gelişmelere bağlı olarak kardiyak BT, kardiyovasküler görüntülemeye önemli bir non-invaziv yöntem haline gelmiştir. Ayrıca, maruz kalınan radyasyon dozunun azalması, çekim süresinin kısalması, 3 boyutlu görüntü elde edilmesi, zamansal ve uzaysal çözünürlüğün artması nedeniyle klinik pratikte birçok kardiyovasküler hastalığın tanısında kardiyak BT'nin kullanımı giderek artacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Kardiyak bilgisayarlı tomografi, Prospektif elektrokardiyografi (EKG) tetikleme, Retrospektif elektrokardiyografi (EKG) kapılama, İyonlaştırıcı radyasyon, Koroner arter kalsiyum skorlama.

### KAYNAKÇA

1. Hu H, He HD, Foley WD, et al. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. Radiology 2000;215:55-62.
2. Karabulut N. Çok kesitli bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi: Genel ilkeler, teknik ve klinik uygulamalar. Anadolu Kardiyol Derg 2008;8(1);29-37.
3. Achenbach S, Kondo T. Technical advances in cardiac CT. Cardiol Clin 2012;30:1-8.
4. Öncel D, Öncel G, Taştan A. Effectiveness of dual-source CT coronary angiography for the evaluation of coronary artery disease in patients with atrial fibrillation: initial experience. Radiology 2007;245:703-11.
5. Nakanishi R, Budoff MJ. Noninvasive FFR derived from coronary CT angiography in the management of coronary artery disease: technology and clinical update. Vasc Health Risk Manag. 2016;12:269-278.
6. Sağsöz ME, Alper F. Kardiyak Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografide (MDBT) Radyasyon Dozu. Trd Sem 2013;1:16-25
7. Johnson TR, Nikolaou K, Busch S, et al. Diagnostic accuracy of dual-source computed tomography in the diagnosis of coronary artery disease. Invest Radiol 2007;42:684-91.
8. Dewey M, Zimmermann E, Laule M, et al. Threevessel coronary artery disease examined with 320-slice computed tomography coronary angiography. Eur Heart J 2008
9. Hacıosmanoğlu T. Doğal ve Yapay Radyasyon Kaynakları, Kişisel Doza Katkıları. Nucl Med Semin 2017;3:166-71.
10. Vorobiof G, Achenbach S, Narula J. Minimizing radiation dose for coronary CT angiography. Cardiol Clin 2012;30:9-17.

11. Umman S. Koroner arter kalsiyum skorlama yöntemi. *Anadolu Kardiyol Derg* 2008;8(1):12-4.
12. Catapano AL, Graham I, De Backer G, et al. 2016 ESC/EAS Guidelines for the Management of Dyslipidaemias. *Eur Heart J*. 2016;14;37(39):2999-3058. doi: 10.1093/eurheartj/ehw272.
13. Goff DC, Lloyd-Jones DM, Bennett G, et al. 2013 ACC/AHA guideline on the assessment of cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:2935-59.
14. Greenland P, Gaziano JM. Clinical practice. Selecting asymptomatic patients for coronary computed tomography or electrocardiographic exercise testing. *N Engl J Med* 2003;349:465-73
15. Demer L, Tintut Y. Vascular calcification: pathobiology of a multifaceted disease. *Circulation* 2008;117:2938-48.
16. Erciyes D, Şener M, Duran C, et al. Kalsiyum skorunun koroner arterlerdeki segmenter dağılımı. *Türk Kardiyol Dern Arş - Arch Turk Soc Cardiol* 2012;40(8):671-680 doi: 10.5543/tkda.2012.92170
17. Budoff MJ, Achenbach S, Blumenthal RS, et al. Assessment of Coronary Artery Disease by Cardiac Computed Tomography. *Circulation* 2006;114:1761-91.
18. Rumberger JA, Brundage BH, Rader DJ, et al. Electron beam computed tomographic coronary calcium scanning: a review and guidelines for use in asymptomatic persons. *Mayo Clin Proc* 1999;74:243-52.
19. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:827-32
20. Budoff MJ, Diamond GA, Raggi P, et al. Continuous probabilistic prediction of angiographically significant coronary artery disease using electron beam tomography. *Circulation* 2002;105:1791-1796.
21. Shavelle DM, Budoff MJ, LaMont DH, et al. Exercise testing and electron beam computed tomography in the evaluation of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:32-38.
22. Baumgart D, Schmermund A, Goerge G, et al. Comparison of electron beam computed tomography with intracoronary ultrasound and coronary angiography for detection of coronary atherosclerosis. *J Am Coll Cardiol* 2017;30:57-64
23. Greenland P, LaBree L, Azen SP, et al. Coronary artery calcium score combined with Framingham score for risk prediction in asymptomatic individuals. *JAMA* 2004;291:210-15.
24. Greenland P, Blaha MJ, Budoff MJ, et al. Coronary Calcium Score and Cardiovascular Risk. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(4):434-447. doi: 10.1016/j.jacc.2018.05.027.
25. Hecht H, Blaha MJ, Berman DS, et al. Clinical indications for coronary artery calcium scoring in asymptomatic patients: expert consensus statement from the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2017;11:157-68.
26. Maron BJ, Haas TS, Ahluwalia A, et al. Demographics and epidemiology of sudden deaths in young competitive athletes: from the United States National Registry. *Am J Med* 2016;129:1170-77.
27. Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, et al. Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980-2006. *Circulation*. 2009;119:1085-92.
28. Finocchiaro G, Behr ER, Tanzarella G, et al. Anomalous Coronary Artery Origin and Sudden Cardiac Death: Clinical and Pathological Insights From a National Pathology Registry. *JACC Clin Electrophysiol*. 2019;5(4):516-22. doi: 10.1016/j.jacep.2018.11.015.
29. Gräni C, Kaufmann PA, Windecker S, et al. Diagnosis And Management Of Anomalous Coronary Arteries With A Malignant Course Interventional Cardiology Review 2019;14(2):83-8.
30. Yamamuro M, Tadamura E, Kubo S, et al. Cardiac functional analysis with multi-detector row CT and segmental reconstruction algorithm: comparison with echocardiography, SPECT, and MR imaging. *Radiology* 2005;234:381-90.
31. Bull RK, Edwards PD, Dixon AK. CT dimensions of the normal pericardium. *Br J Radiol* 1998;71:923-5.
32. Goldberg AD, Blankstein R, Padera RF. Tumors metastatic to the heart. *Circulation* 2013;128:1790-94.
33. Hoey EDT, Shahid M, Watkin RW. Computed tomography and magnetic resonance imaging evaluation of pericardial disease. *Quant Imaging Med Surg*. 2016;6(3):274-284. doi:10.21037/qims.2016.01.03
34. Schwafer M, Aschenbach R, Heidemann J, et al. Constrictive pericarditis, still a diagnostic challenge: comprehensive review of clinical management. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;36:502-10.
35. Cosyns B, Plein S, Nihoyanopoulos P, et al. European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) position paper: Multimodality imaging in pericardial disease. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(1):12-31. doi: 10.1093/ehjci/jeu128.
36. Feltes TF, Bacha E, Beekman RH, et al. Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011;123:2607-52.
37. Tsai IC, Chen MC, Jan SL, et al. Neonatal cardiac multi-detector row CT: why and how we do it. *Pediatr Radiol*. 2008;38:438-51
38. Taylor AM. Cardiac imaging: MR or CT? Which to use when. *Pediatr Radiol* 2008;38(3):433-38.
39. Han BK, Rigsby CK, Hlavacek A, et al. Computed Tomography Imaging in Patients with Congenital Heart Disease, Part I: Rationale and Utility. An Expert Consensus Document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT), *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* (2015), doi: 10.1016/j.jcct.2015.07.004.
40. Mondesert B, and Khairy P. Implantable cardioverter-defibrillators in congenital heart disease. *Current opinion in cardiology*. 2014;29:45-52.
41. Koos R, Altiok E, Mahnken AH, et al. Evaluation of aortic root for definition of prosthesis size by magnetic resonance imaging and cardiac computed tomography: implications for transcatheter aortic valve implantation. *Int J Cardiol* 2012;158:353-8.
42. Binder RK, Webb JG, Willson AB, et al. The impact of integration of a multidetector computed tomography annulus area sizing algorithm on outcomes of transcath-

- heter aortic valve replacement: a prospective, multicenter, controlled trial. *J Am Coll Cardiol* 2013;62:431-8.
43. Blanke P, Weir-McCall JR, Achenbach S, et al. Computed Tomography Imaging in the Context of Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI)/Transcatheter Aortic Valve Replacement (TAVR): An Expert Consensus Document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(1):1-24. doi:10.1016/j.jcmg.2018.12.003.
  44. Kim JH, Kim EY, Jin GY, et al. A Review of the Use of Cardiac Computed Tomography for Evaluating the Mitral Valve before and after Mitral Valve Repair. *Korean J Radiol*. 2017;18(5):773-785. doi:10.3348/kjr.2017.18.5.773
  45. Authors/Task Force Members, Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis: The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by: European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur Heart J* 2015;36:3075-128.
  46. Fagman E, Perrotta S, Bech-Hanssen O, et al. ECG-gated computed tomography: a new role for patients with suspected aortic prosthetic valve endocarditis. *Eur Radiol* 2012;22:2407-2414.
  47. Januzzi JL, Isselbacher EM, Fattori R, et al. International Registry of Aortic Dissection (IRAD). Characterizing the young patient with aortic dissection: results from the International Registry of Aortic Dissection (IRAD). *J Am Coll Cardiol*. 2004;43(4):665-9.
  48. Tran TP, Khoynzhad, A. Current management of type B aortic dissection. *Vasc Health Risk Manag*. 2009;5:53-63.
  49. Ciccone MM, Dentamaro I, Masi F, et al. Advances in the diagnosis of acute aortic syndromes: Role of imaging techniques. *Vasc Med*. 2016;21(3):239-50.
  50. Hillen TJ, Wessell DE. Multidetector ct scan in the evaluation of chest pain of nontraumatic musculoskeletal origin. *Thorac Surg Clin* 2010;20:167-73.
  51. Ayaram D, Bellolio MF, Murad MH, et al. Triple rule-out computed tomographic angiography for chest pain: a diagnostic systematic review and meta-analysis. *Acad Emerg Med*. 2013;20:861-71.
  52. Soliman HH. Value of triple rule-out CT in the emergency department. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 2015;46(3),621-627.
  53. Thomas H, Joachim G, Mathias M, et al. Coronary computed tomography and triple rule out CT in patients with acute chest pain and an intermediate cardiac risk for acute coronary syndrome: Part 2: Economic aspects. *Eur J Radiol* 2013;82:106-11.
  54. Isselbacher EM. Thoracic and abdominal aortic aneurysms. *Circulation* 2005;111:816-828.
  55. Paterick TE, Humphries JA, Ammar KA, et al. Aortopathies: etiologies, genetics, differential diagnosis, prognosis and management. *Am J Med* 2013;126:670-8.
  56. Harris KM, Braverman AC, Eagle KA, et al. Acute aortic intramural hematoma: an analysis from the International Registry of Acute Aortic Dissection. *Circulation*. 2012;126(suppl 1):S91-S96.
  57. Rao MP, Panduranga P, Al-Mukhaini M, et al. Aortic intramural hematoma with rupture and concomitant acute myocardial infarction: diagnostic and therapeutic dilemmas. *Am J Emerg Med*. 2012;30:1660.e5-1660.e8
  58. Oto A, Aytemir K, Canpolat U, ve ark. Atriyum fibrilasyonu tedavisinde kriyobalon tekniği ile pulmoner ven izolasyonu: Tek merkez deneyimi. *Türk Kardiyol Dern Arş - Arch Turk Soc Cardiol* 2013;41(4):299-309.
  59. Thai W, Wai B, Lin K, et al. Pulmonary Venous Anatomy Imaging with Low-Dose, Prospectively ECG-Triggered, High-Pitch 128-Slice Dual Source Computed Tomography *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2012;5(3): 521-30.
  60. Alsoufi, B, Cai, S, Van Arsdell, et al. Outcomes after surgical treatment of children with partial anomalous pulmonary venous connection. *Ann Thorac Surg* 2007;84(6):2020-2026.