

# Kardiyak Bilgisayarlı Tomografi'de Güncel Gelişmeler

Muşturay Karçaaltıncaba

## ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Teknik gelişmeler ve yeni yazılımlar
- Klinik çalışmalar
- Kardiyak BT'nin yeni kullanım alanları
- Kaynaklar

Kardiyak BT ile görüntüleme, son yıllarda önemi ve kullanımı giderek artan bir yöntemdir. Kardiyak BT, kardiyolojik görüntüleme yöntemlerinin özelliklerinin hepsini kısmen içinde barındırmaktadır. Fonksiyonel görüntüleme yapılabilmesi kardiyak Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ve ekokardiyografi ile koroner arter görüntüleme yapılabilmesi kateter anjiyografi ile normal ve stres altında perfüzyon görüntüleme yapılabilmesi kardiyak sintigrafi ve kardiyak MRG ile damar duvarının görüntülenmesi ise intravasküler ultrasonografi ile benzerlik göstermektedir. Bu görüntüleme özelliklerinin hepsinde 2000'li yılların başlarından beri belirgin iyileşme sağlanmıştır.

**Kateter anjiyografi koroner arter görüntülemeye referans yöntem olarak kabul edilmekle birlikte, kardiyak BT özellikle osteal lezyonların, miyokardiyal köprülerin, koroner arter ve kalp anomalilerinin, koroner fistüllerin, aortik ve koroner arter diseksiyonlarının, koroner arter duvarındaki nonstenotik plakların ve koroner venöz sistemin görüntülenmesinde tanınal olarak daha değerlidir [1, 2].**

## Teknik gelişmeler ve yeni yazılımlar

Kardiyak görüntülemedeki 2008 yılına kadar olan önemli gelişmeler detektör (320 detektöre kadar) ve tüp (çift-tüp BT) sayısında artış, gantri rotasyon zamanında azalma, zamansal çözünürlükte iyileşme ve prospektif tetikleme olarak özetlenebilir [3]. Bu teknik iyileşmeler 1 saniyenin altında koroner arter ve miyokardiyal perfüzyon görüntüleme yapılabilmesine ve zor hasta gruplarında (aritmik, obez, yüksek kalp hızlı, pediyatrik, nefes tutamayan ve stentli hastalar) tetkik kalitesinin iyileşmesine olanak sağlamıştır [4-6]. Kardiyak BT ile koroner arterlerin yanı sıra, yüksek çözünürlüklü pulmoner ven, atriyum ve ventriküllerin anatomisi, varyasyonları ve patolojileri saptanabilmektedir [7]. Bu gelişmeler sayesinde kardiyak BT, rutin klinik kullanıma girmiştir.

Tetkik sırasında verilen radyasyon dozunun düşürülmesine yönelik en önemli gelişmeler 2008 yılından sonra olmuştur ve doz 20-30 mSv düzeylerinden 1 mSv'in altına indirilmiştir [3, 8].

Düşük kilovolt kullanımı (80kV ve 100kV), prospektif elektrokardiyografi (EKG) tetikleme, yüksek pitchli (3.4 pitch) görüntüleme, tek kalp atımında görüntüleme, adaptif doz koruma (kolimatör kullanılarak görüntülenmeyen alana radyasyon dozu verilmesi önlenerek) ve iteratif rekonstrüksiyon yöntemleri (istatistiksel ve model bazlı yöntemler) radyasyon dozunun düşürülmesinde etkin olmuştur [8].

Ayrıca dual-enerji yöntemi, hem çift tüplü BT, hem de hızlı kilovolt değiştirme yöntemleri kullanılarak kardiyak görüntülemeye başlanmıştır ve iyot haritası görüntülerinde sintigrafiye benzer perfüzyon görüntülemesi yapılabilmektedir [9, 10].

Görüntü kalitesini kötüleştiren en önemli faktörlerden kalsifik plakların subtraksiyon yöntemi ile giderilebileceğini gösteren öncü çalışma yayınlanmıştır [11].

Koroner BT anjiyografiden kalsiyum skoru hesaplanabilmesine yönelik araştırmalar yayınlanmıştır ve bu sayede kontrastlı BT anjiyografiden kalsiyum skora yapılması mümkün olabilecektir [12].

Kardiyak BT’de iyi görüntü elde etmedeki en önemli teknik konulardan biri optimum rekonstrüksiyon aralığının belirlenmesidir. Düşük kalp hızlı (70 atım/sn altında) hastalarda diyastolde (genellikle %60-70) ve yüksek kalp hızlı hastalarda sistolde (genellikle %30-40) rekonstrüksiyon yapılması gerekmektedir. Ancak yeni yazılımlarla otomatik olarak bu aralıklar saptanabilmektedir [13].

Bilgisayarlı tomografi anjiyografi ile koroner fraksiyonel rezerv saptanması giderek önem kazanmaktadır ve teknik olgunlaştığında kateter anjiyografi ile hesaplanan fraksiyonel rezerv ölçümünün yerini alma potansiyeli vardır [14].

### Kardiyak BT’nin yeni kullanım alanları

Kardiyak BT görüntü kalitesindeki iyileşme sonucu rest ve stres perfüzyon görüntülemesi ve canlılık görüntülemesi yapılmaya başlanmıştır. Ancak teknik sınırlılıklar nedeniyle henüz rutin klinik kullanıma girmemiştir ve çalışmalar devam etmektedir [15]. Ayrıca transaortik aortik valv implantasyonu (TAVI)

planmasında da en objektif yöntem olarak kullanılmaktadır ve bu sayede işlem sonrası perivalvüler kaçakların azaltılması mümkün olabilecektir [16, 17].

### Klinik çalışmalar

Kardiyak BT’nin en önemli avantajı koroner arter hastalığının ekarte edilmesindeki yüksek negatif öngörü değeri olmuştur ve bu açıdan tanılabilirliği kateter anjiyografiden daha yüksektir [18]. Erken ateroskleroz görüntülemeye referans yöntem olan intravasküler ultrasonografiye en yakın görüntülemeyi sağlamaktadır.

Son birkaç yılda yapılan çalışmalarda negatif öngörü değerine ek olarak, koroner BT incelemede saptanan aterosklerotik değişikliklerinde prognostik etkilerinin olduğu anlaşılmıştır. Koroner BT Anjiyografinin Klinik Sonuçlar açısından Değerlendirilmesi: Uluslararası Çok Merkezli (Coronary CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry CONFIRM) veri bankası, çalışmaları sonucunda yeni skorlama indeksleri kullanılmaya başlanmıştır [18]. Segment tutulum skoru (toplam ateroskleroz bulunan segment sayısı, en fazla 16 segment), segment stenoz skoru (her segmentte hafif, orta ve ağır stenoz olduğunda sırasıyla 1, 2, 3 ile derecelendirilmektedir ve tüm segmentlerin sonuçları toplanmaktadır) ve modifiye Duke prognostik indeks (sol ana koroner arter hastalığı, proksimal segment koroner arter aterosklerozu ve plak yaygınlığını değerlendiren) skoru, koroner BT anjiyografi ile yapılan prognostik çalışmalarda yeni kullanılmaya başlanan yöntemlerdir. CONFIRM çalışmaları sonucunda 23854 hastadaki verilere göre obstrüktif olmayan aterosklerozlu hastalarda, ateroskleroz olmayanlara göre %60 daha fazla ölüm gözlenmiştir [19]. Ayrıca bu çalışmada 65 yaş üstü ve daha genç hastalar karşılaştırıldığında, obstrüktif 2 damar ve 3 damar ateroskleroz saptanan daha genç hastalarda daha yüksek ölüm oranı bildirilmiştir. Bu çalışmaya benzer olarak, yaklaşık 7 yıl takip edilen 2538 hastada ölüm riskinin 3 damar obstrüktif olmayan, 1 damar obstrüktif, 2 damar obstrüktif ve

3 damar obstrüktif koroner aterosklerozda arttığı gösterilmiştir ve hiç ateroskleroz saptanmayan hastalarda yıllık ölüm riski %0,3 olarak saptanmıştır [20]. Koroner BT anjiyografide saptanan plak yükü ve stenoz derecesinin diğer klinik risk skorlarından daha değerli olabileceği ve buna yönelik optimize prognostik skorlamanın mümkün olabileceği 2013 yılında yayınlanan bir çalışmada belirtilmiştir [21].

Koroner BT anjiyografide saptanan ateroskleroza ek olarak, aynı anda BT ile hesaplanan sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun (%50'den az olduğunda) prognostik önemi olduğu gösterilmiştir [22].

Acile gelen semptomatik stabil göğüs ağrılı hastalarda CT-STAT ve ROMICAT 1 çalışmaları yapılmıştır. Çok merkezli CT-STAT çalışmasında rest-stres miyokart perfüzyon sintigrafisi yapılan hasta grubuna göre, koroner BT anjiyografi hasta grubunda %38 daha az maliyet ve %54 daha hızlı tanı konduğu gösterilmiştir ve 6 aylık izlemde her iki grup arasında majör kardiyak olay açısından fark bulunmamıştır [23]. ROMICAT 1 çalışmasında normal erken troponin ve iskemik EKG bulgusu olmayan göğüs ağrılı 368 hastadaki 2 yıllık takipte normal koroner BT anjiyografili hastalarda majör kardiyak olay saptanmamıştır [24]. ROMICAT 2 çalışmasında ise BT anjiyografi pozitif sonuç çıkan hastalarda klinik kararların verilmesinde yardımcı olduğu, ancak daha fazla test yapılmasına ve radyasyon verilmesine neden olduğu ve maliyeti azaltmadığı bulunmuştur [25].

**Plak içeriği ve akut koroner sendrom arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda yüksek risk plakların; fokal noktasal kalsifikasyon içeren yumuşak plaklar, yüksek hacimli, pozitif remodeling gösteren, düşük atenüasyonlu (30 HU'dan küçük) plaklar, periferik kontrastlanma rimi olan plaklar olduğu gösterilmiştir [26, 27].**

Özellikle yaşlı hastalarda yapılan eforlu tetkikler yanlış sonuç verebilmektedir ve şüpheli sonuçları olan hasta gruplarında kateter anjiyografiden önce BT anjiyografi yapılması gereksiz kateter anjiyografiyi önleyebilecektir [28].

Absorbabl stentlerin kullanılmasının başlaması koroner BT anjiyografinin stent uygulama

nan hastalarda daha fazla kullanımına olanak sağlayabilecektir [29].

Bütün bu bilimsel çalışmalar kardiyak BT yönteminin kullanımının artmasını sağlamıştır. Almanya gibi bazı ülkelerde normal sonuç çıkan kateter anjiyografi ücretinin ödenmemesi gibi önlemler, bu hastaların daha fazla koroner BT anjiyografiye yönlendirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca preventif medikal tedavinin daha objektif kriterlerle değerlendirilebilmesini sağlayacaktır [30].

Özet olarak, kardiyak BT'deki son yıllardaki teknik gelişmeler, erken ateroskleroz saptanması ve prognostik klinik çalışmalar bu yöntemin klinik önemini arttırmıştır. Ayrıca morfolojik görüntülemeye ek olarak fonksiyonel ve perfüzyon verilerinin elde edilmesi bu yöntemin tanısal değerini arttıracaktır.

## Kaynaklar

- [1]. Kantarcı M, Doğanay S, Karçaaltıncaba M, Karabulut N, Erol MK, Yalçın A, et al. Clinical situations in which coronary CT angiography confers superior diagnostic information compared with coronary angiography. *Diagn Interv Radiol* 2012; 18: 261-9.
- [2]. Caniğit M, Hazırolan T, Karçaaltıncaba M, Dağoğlu MG, Akata D, Aytemir K, et al. Myocardial bridging as evaluated by 16 row MDCT. *Eur J Radiol* 2009; 69: 156-64.
- [3]. Achenbach S, Kondo T. Technical advances in cardiac CT. *Cardiol Clin* 2012; 30: 1-8.
- [4]. Doğan OF, Karçaaltıncaba M, Yorgancıoğlu C, Demircin M, Doğan R, Ersoy U, et al. Demonstration of coronary arteries and major cardiac vascular structures in congenital heart disease by cardiac multidetector computed tomography angiography. *Heart Surg Forum* 2007; 10: 90-4.
- [5]. 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.
- [6]. Öncel D, Öncel G, Karaca M. Coronary stent patency and in-stent restenosis: determination with 64-section multidetector CT coronary angiography--initial experience. *Radiology* 2007; 242: 403-19.
- [7]. Ballı O, Aytemir K, Karçaaltıncaba M. Multidetector CT of Left atrium. *Eur J Radiol* 2012; 81: 37-46.
- [8]. Vorobiof G, Achenbach S, Narula J. Minimizing radiation dose for coronary CT angiography. *Cardiol Clin* 2012; 30: 9-17.
- [9]. Scheske JA, O'Brien JM, Earls JP, Min JK, Labounty TM, Cury RC, et al. Coronary Artery Imaging with Single-Source Rapid Kilovolt Peak-Swit-

- ching Dual-Energy CT. *Radiology* 2013; 268: 702-9.
- [10]. Karçaaltıncaba M, Aktaş A. Dual-energy revisited by multidetector CT: Principles and clinical applications. *Diagn Interv Radiol* 2011; 17: 181-94.
- [11]. Yoshioka K, Tanaka R, Muranaka K. Subtraction coronary CT angiography for calcified lesions. *Cardiol Clin* 2012; 30: 93-102.
- [12]. Ebersberger U, Eilert D, Goldenberg R, Lev A, Spears JR, Rowe GW, et al. Fully automated derivation of coronary artery calcium scores and cardiovascular risk assessment from contrast medium-enhanced coronary CT angiography studies. *Eur Radiol* 2013; 23: 650-7.
- [13]. Erol B, Karçaaltıncaba M, Çay N, Hazırolan T, Aytemir K, Akata D. Effectiveness best R-R reconstruction interval determination software for the evaluation of dual-source coronary CT angiography examinations. *J Comput Assist Tomogr* 2011; 35: 229-34.
- [14]. Min JK, Leipsic J, Pencina MJ, Berman DS, Koo BK, van Mieghem C, et al. Diagnostic accuracy of fractional flow reserve from anatomic CT angiography. *JAMA* 2012; 308: 1237-45.
- [15]. George RT, Mehra VC, Saraste A, Knuuti J. Myocardial perfusion by CT versus hybrid imaging. *Cardiol Clin* 2012; 30: 135-46.
- [16]. Achenbach S, Schuhbäck A, Min JK, Leipsic J. Determination of the aortic annulus plane in CT imaging—a step-by-step approach. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013; 6: 275-8.
- [17]. Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, Schoenhagen P, Min JK, Leipsic JA. SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2012; 6: 366-80.
- [18]. Cheezum MK, Hulten EA, Fischer C, Smith RM, Slim AM, Villines TC. Prognostic value of coronary CT angiography. *Cardiol Clin* 2012; 30: 77-91.
- [19]. Min JK, Dunning A, Lin FY, Achenbach S, Al-Mallah M, Budoff MJ, et al. Age- and sex-related differences in all-cause mortality risk based on coronary computed tomography angiography findings results from the International Multicenter CONFIRM (Coronary CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry) of 23,854 patients without known coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2011; 58: 849-60.
- [20]. Ostrom MP, Gopal A, Ahmadi N, Nasir K, Yang E, Kakadiaris I, et al. Mortality incidence and the severity of coronary atherosclerosis assessed by computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 1335-43.
- [21]. Min JK, Lin FY, Dunning AM, Delago A, Egan J, Shaw LJ, et al. Incremental prognostic significance of left ventricular dysfunction to coronary artery disease detection by 64-detector row coronary computed tomographic angiography for the prediction of all-cause mortality: results from a two-centre study of 5330 patients. *Eur Heart J* 2010; 31: 1212-9.
- [22]. Hadamitzky M, Achenbach S, Al-Mallah M, Berman D, Budoff M, Cademartiri F, et al. Optimized Prognostic Score for Coronary Computed Tomographic Angiography: Results From the CONFIRM Registry (CORONARY CT Angiography Evaluation For Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry). *J Am Coll Cardiol* 2013; 62: 468-76.
- [23]. Goldstein JA, Chinnaiyan KM, Abidov A, Achenbach S, Berman DS, Hayes SW, et al. The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial. *J Am Coll Cardiol* 2011; 58: 1414-22.
- [24]. Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU, Nichols JH, Rogers IS, Seneviratne SK, et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: the ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1642-50.
- [25]. Hoffmann U, Truong QA, Schoenfeld DA, Chou ET, Woodard PK, Nagurny JT, et al. Coronary CT angiography versus standard evaluation in acute chest pain. *N Engl J Med* 2012; 367: 299-308.
- [26]. Fujimoto S, Kondo T, Narula J. Evaluation of plaque morphology by coronary CT angiography. *Cardiol Clin* 2012; 30: 69-75.
- [27]. Pflöderer T, Marwan M, Schepis T, Ropers D, Seltmann M, Muschiol G, et al. Characterization of culprit lesions in acute coronary syndromes using coronary dual-source CT angiography. *Atherosclerosis* 2010; 211: 437-44.
- [28]. Cho I, Shim J, Chang HJ, Sung JM, Hong Y, Shim H, et al. Prognostic value of multidetector coronary computed tomography angiography in relation to exercise electrocardiogram in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2012; 60: 2205-15.
- [29]. Garcia-Garcia HM, Schultz C, Duckers E, Regar E, Ligthart J, Serruys PW, et al. Five-year follow-up of the ABSORB bioresorbable everolimus-eluting vascular scaffold system: multimodality imaging assessment. *EuroIntervention* 2013; 8: 1126-7.
- [30]. Cheezum MK, Hulten EA, Smith RM, Taylor AJ, Kircher J, Surry L, et al. Changes in preventive medical therapies and CV risk factors after CT angiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013; 6: 574-81.

# Kardiyak Bilgisayarlı Tomografi'de Güncel Gelişmeler

Muşturay Karçaaltıncaba

## Sayfa 1

Kateter anjiyografi koroner arter görüntülemeye referans yöntem olarak kabul edilmekle birlikte, kardiyak BT özellikle osteal lezyonların, miyokardiyal köprülerin, koroner arter ve kalp anomalilerinin, koroner fistüllerin, aortik ve koroner arter diseksiyonlarının, koroner arter duvarındaki nonstenotik plakların ve koroner venöz sistemin görüntülenmesinde tanısal olarak daha değerlidir.

## Sayfa 2

Düşük kilovolt kullanımı (80kV ve 100kV), prospektif elektrokardiyografi (EKG) tetikleme, yüksek pitchli (3.4 pitch) görüntüleme, tek kalp atımında görüntüleme, adaptif doz koruma (kolimatör kullanılarak görüntülenmeyen alana radyasyon dozu verilmesi önlenerek) ve iteratif rekonstrüksiyon yöntemleri (istatistiksel ve model bazlı yöntemler) radyasyon dozunun düşürülmesinde etkin olmuştur.

## Sayfa 2

Kardiyak BT'de iyi görüntü elde etmedeki en önemli teknik konulardan biri optimum rekonstrüksiyon aralığının belirlenmesidir. Düşük kalp hızlı (70 atım/sn altında) hastalarda diyastolde (genellikle %60-70) ve yüksek kalp hızlı hastalarda sistolde (genellikle %30-40) rekonstrüksiyon yapılması gerekmektedir. Ancak yeni yazılımlarla otomatik olarak bu aralıklar saptanabilmektedir.

## Sayfa 2

Kardiyak BT'nin en önemli avantajı koroner arter hastalığının ekarte edilmesindeki yüksek negatif öngörü değeri olmuştur.

## Sayfa 3

Plak içeriği ve akut koroner sendrom arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda yüksek risk plakların; fokal noktasal kalsifikasyon içeren yumuşak plaklar, yüksek hacimli, pozitif remodeling gösteren, düşük atenüasyonlu (30 HU'dan küçük) plaklar, periferel kontrastlanma rimi olan plaklar olduğu gösterilmiştir.

## Kardiyak Bilgisayarlı Tomografi'de Güncel Gelişmeler

Muşturay Karçaaltıncaba

1. Aşağıdakilerden hangisi koroner BT anjiyografinin en önemli avantajıdır?
  - a. Koroner ateroskleroza ekarte etmedeki yüksek negatif öngörü değeri
  - b. Hızlı yapılabilmesi
  - c. Erken aterosklerozda tanısız olarak intravasküler ultrasonografiden daha değerli olması
  - d. Akut miyokardit tanısında kardiyak MRG'den daha değerli olması
2. Aşağıdakilerden hangisi radyasyon dozunu azaltmaz?
  - a. Pitch değerinin azaltılması
  - b. İteratif rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanılması
  - c. Düşük kilovolt kullanılması
  - d. Prospektif EKG tetikleme
3. Hangisi koroner BT anjiyografide akut koroner sendromlu hastalarda saptanan yüksek riskli plakların özelliklerinden değildir?
  - a. Yumuşak plaklar
  - b. Periferik kontrastlanma gösteren plak
  - c. Spot kalsifikasyon içeren yumuşak plak
  - d. Saf kalsifik plaklar
4. Bir saniyenin altında koroner arter görüntüleme yapılabilmesine aşağıdakilerden hangisi katkı sağlamamıştır?
  - a. Yüksek pitch görüntüleme
  - b. Prospektif EKG tetikleme
  - c. Düşük gantri rotasyon zamanı
  - d. Dual-enerji yöntemi
5. Hangisi kardiyak BT'nin yeni kullanım alanlarından değildir?
  - a. Kardiyak perfüzyon görüntüleme
  - b. Miyokardiyal canlılık görüntüleme
  - c. Dual-enerji perfüzyon yöntemi
  - d. Koroner arter plak görüntülemesi