



## Radiation dose comparison between prospectively ECG-triggered and retrospectively ECG-gated techniques of coronary computed tomography angiography on 256-slice dual source CT scanner

256 kesitli çift tüplü bilgisayarlı tomografi cihazında prospektif EKG tetiklemeli ve retrospektif EKG kapılamalı tekniklerle çekilen koroner BT anjiyografi incelemelerinde radyasyon dozu karşılaştırması

Cemile Ayşe Görmeli<sup>1</sup>, Ayşegül Sağır Kahraman<sup>1</sup>, Zeynep Maraş Özdemir<sup>1</sup>, Jülide Yağmur<sup>2</sup>, Ramazan Özdemir<sup>2</sup>, Nusret Açıkgöz<sup>2</sup> Cemil Çolak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı Malatya, Türkiye

<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı Malatya, Türkiye

<sup>3</sup>İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi Anabilim Dalı Malatya, Türkiye

### Abstract

**Introduction:** Coronary artery disease is an important cause of morbidity and mortality which is a common cardiovascular disease and the clinical presentation of atherosclerosis. Coronary computed tomography angiography is increasingly being used instead of the invasive catheter angiography. We aimed to determine the effective radiation dose of retrospectively ECG gated and prospectively ECG triggered technique of coronary computed tomography angiography for the assessment of coronary artery diseases.

**Materials and Methods:** Three hundred and twenty six patients who underwent coronary computed tomography angiography were evaluated by using a 256 slice dual source scanner. We have used 3 different techniques depended to the heart rate of patients and compared the effective radiation dose between the techniques in our study.

**Results:** The mean heart rates was demonstrated as 96,1 beat/minute in 195 patients with technique I, 80,7 beat/minute in 103 patients with technique II and 57,1 beat/minute in 28 patients with technique III. Also, the mean effective doses were calculated as 1,15 mSv in technique I, 3,98 mSv in in technique II and 10 mSv technique III.

**Conclusion:** Prospectively ECG-triggered coronary computed tomography angiography ensures low effective radiation dose compared with retrospectively ECG gated for assessment of coronary artery diseases. Depended to the heart rate of the patient, the appropriate technique should be determined to obtain low radiation dose and an optimal image quality.

**Keywords:** Coronary CT Angiography; Radiation Dose; 256-Slice Dual Source CT Scanner.

### Öz

**Giriş:** Koroner arter hastalığı, aterosklerotik plakların meydana getirdiği, önemli mortalite ve morbiditeye sahip sık görülen kardiyovasküler bir hastalıktır. Bilgisayarlı tomografi ile koroner anjiyografi tetkiki giderek artan sıklıkta invaziv kateter anjiyografi yerine kullanılmaya başlanmıştır. Biz de bu çalışmamız ile koroner arter hastalıklarının değerlendirilmesi için bilgisayarlı tomografi kullanılarak prospektif EKG tetiklemeli ve retrospektif EKG kapılamalı tekniklerle çekilen koroner anjiyografi incelemelerinde efektif radyasyon dozlarını saptamayı amaçladık.

**Gereç ve Yöntemler:** 256 kesitli çift tüplü bilgisayarlı tomografi cihazı ile koroner anjiyografi çekilen 326 hasta değerlendirildi. Çalışmamızda, hastaların kalp hızına bağlı olarak 3 farklı çekim tekniği kullanarak teknikler arasındaki efektif radyasyon dozunu karşılaştırdık.

**Bulgular:** Teknik I ile çekilen 195 hastanın kalp hızı ortalama 96,1 atım/dk, teknik II ile yapılan 103 incelemede kalp hızı ortalama 80,7 atım/dk, teknik III ile yapılan 28 görüntülemeye ise kalp hızı ortalama 57,1 atım/dk olarak saptandı. Ayrıca, ortalama efektif radyasyon dozları; teknik I ile 1,15 mSv, teknik II ile 3,98 mSv ve teknik III ile 10 mSv olarak hesaplandı.

**Sonuç:** Prospektif EKG tetiklemeli teknikle bilgisayarlı tomografi kullanılarak çekilen koroner anjiyografi, retrospektif EKG kapılamalı teknikle karşılaştırıldığında düşük efektif radyasyon dozuna neden olmaktadır. Düşük radyasyon dozunda ve optimal görüntü kalitesinde incelemeler elde etmek için, çekim hastanın kalp hızına bağlı olarak en uygun teknik belirlenerek yapılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Koroner BT Anjiyografi; Radyasyon Dozu; 256 Kesitli Çift Tüplü BT Cihazı.

Received/Başvuru: 21.03.2016  
Accepted/Kabul: 23.03.2016

### Correspondence/İletişim

Cemile Ayşe Görmeli  
İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Radyoloji Anabilim Dalı,  
Malatya, Türkiye  
E-mail: ayseyazici@yahoo.com

### For citing/Atf için

Gormeli CA, Kahraman AS,  
Ozdemir ZM, Yagmur J,  
Ozdemir R, Acikgoz N. Colak C.  
Radiation dose comparison  
between prospectively ECG-  
triggered and retrospectively  
ECG-gated techniques of  
coronary computed tomography  
angiography on 256-slice dual  
source CT scanner. J Turgut  
Ozal Med Cent 2016;23(2):181-  
4.

## GİRİŞ

Koroner arter hastalığı (KAH), koroner arterler düzeyindeki aterosklerotik plakların meydana getirdiği darlıkların miyokarda oluşturduğu iskemik değişiklikleri ve fonksiyonel bozuklukları tanımlayan, önemli mortalite ve morbiditeye sahip sık görülen kardiyovasküler bir hastalıktır (1-3). Son yıllarda bilgisayarlı tomografi (BT) cihazlarının teknolojisindeki gelişmeler, koroner arterlerin görüntülenmesinde noninvaziv bir tanı yöntemi olarak BT anjiyografi incelemesinin önemini artırmıştır (4,5). Özellikle çift tüplü BT teknolojisine sahip yeni nesil cihazlar kalp hızının düşürülmesi için gerekli beta bloker ihtiyacını hemen hemen ortadan kaldırmakla birlikte, yüksek temporal rezolüsyon sağlayarak görüntü kalitesinde ve tanısal doğruluk oranında belirgin artışa neden olmaktadır (5,6). Fakat koroner BT anjiyografi incelemesinin konvansiyonel kateter anjiyografi yöntemine göre yüksek radyasyon dozunda elde edilebilen bir görüntüleme yöntemi olması nedeniyle risk taşıdığı bilinmektedir (7,8). Koroner BT anjiyografi görüntüleri elektrokardiografi (EKG) eşliğinde elde edilir. Radyasyon dozunun azaltılabilmesi için hastanın kalp hızına bağlı olarak EKG eşliğinde farklı çekim teknikleri uygulanmaktadır. Retrospektif EKG kapılamalı teknik kalp hızı yüksek hastalarda kullanılmakta olup çekim sırasında radyasyon kesintisiz verilmekte ve görüntüler geriye dönük olarak rekonstrükte edilmektedir. Kalp hızı daha düşük olan hastalarda prospektif EKG tetiklemeli yöntem kullanılmaktadır. Koroner arterlerin hareketini minimize eden en iyi görüntüleme zamanı kardiyak siklusun R-R intervalinin %40-%80'lik fazına (erken-midastol) denk gelmekte olup bu yöntemde radyasyon yalnızca erken midastol fazında uygulanır. Bunların dışında kalp atımı ritmik ve dakikada (dk) 65 atımdan az olan hastalarda BT cihazının 'pitch' değerleri 3 ve üzerinde tutularak, yalnız çift tüplü BT cihazlarında uygulanabilen ve prospektif EKG tetiklemeli yöntemin alt türü sayılabilecek 'flash mod' yöntemi ile de çekim yapılabilir. Bu yöntemle radyasyon maruziyeti belirin şekilde azaltılmış (genellikle 1 mSv altında) olup tüm görüntüler tek kalp atımı sırasında elde edilir (9-11). Literatürde yeni nesil cihazlarla yapılan çalışma sayısı az olmakla birlikte Sommer ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada; retrospektif EKG kapılamalı teknikle çekilen BT anjiyografi ile maruz kalınan radyasyon dozunun prospektif EKG tetiklemeli yöntem ile karşılaştırıldığında 2 kattan fazla olduğu, 'flash mod' olarak adlandırılan yöntemde ise radyasyon dozunun diğer iki yöntemle göre beligin düşük olduğu gösterilmiştir (9).

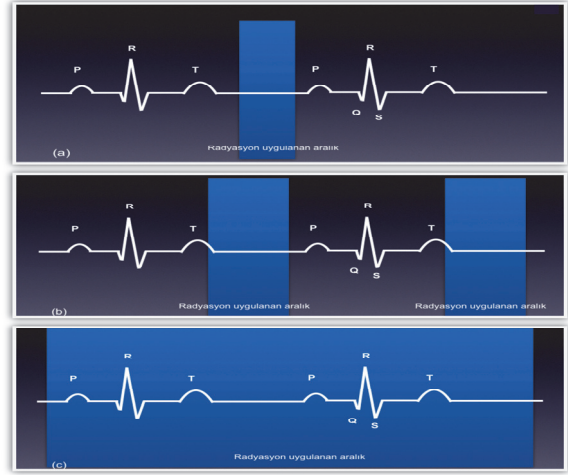
Biz de bu çalışmamızda kliniğimizde 256-kesitli çift tüplü BT cihazı ile koroner arter görüntülenmesi yapılan hastalarda, çekim tekniğimiz ile hastanın maruz kaldığı radyasyon dozları arasındaki ilişkiyi retrospektif olarak değerlendirerek literatüre katkıda bulunmayı amaçladık.

## GEREK VE YÖNTEMLER:

### Hasta seçimi ve çekim tekniği

KAH şüphesi bulunan ya da bilinen KAH olan 326 erişkin hastaya, Kasım 2015-Mart 2016 tarihleri arasında radyoloji kliniğimizde çekilen koroner BT anjiyografi incelemeleri retrospektif olarak değerlendirildi.

Tüm hastalara 256 kesit çift tüplü BT cihazı (Somatom Definition Flash, Siemens Healthcare, Forchheim, Germany) ile çekim yapıldı. Tüm hastalarda kalsiyum skorlama tetkiki uygulamasından sonra koroner BT anjiyografi tetkikine geçildi. Cihazın çekim parametreleri; 100-120 kV, 300-420 mAs (topogram tabanlı otomatik tüp akımı modülasyonu - CareDose 4D, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany), 0,6 mm dedektör kolimasyonu ve 280 ms tüp rotasyon süresi olarak belirlendi. Hastaların kalp hızına göre uygulanan çekim teknikleri üç kategoriye ayrıldı. Kalp hızı <65 atım/dk olanlarda 'flash mod' olarak adlandırılan çift tüpün aynı anda kullanıldığı yöntem (teknik I), 65-90 atım/dk olanlarda prospektif EKG tetiklemeli yöntem (teknik II) ve >90 atım/dk olanlarda retrospektif EKG kapılamalı yöntem (teknik III) kullanıldı (Resim 1).



**Resim 1.** Radyasyon uygulama zamanlarının çekim tekniklerine göre şematik görüntüsü Teknik I (a), teknik II (b) ve teknik III (c)'e ait radyasyon uygulama zamanları

Çekim öncesi hastaya antekübital venden 18 Gauge (G) branül ile damar yolu açıldı. Hastanın uygulanacak işlem sırasında nasıl nefes tutacağı anlatılarak nefes egzersizi yaptırıldı. Hasta supin pozisyonda hasta masasına yatırıldı. BT cihazımızın özelliklerine bağlı olarak hastanın kalp hızını düşürmek için işlem öncesi ilaç kullanma ihtiyacımız olmadı.

BT çekimine topogram görüntü alınarak başlandı. Topogram üzerinden görüntülenecek alan (karina düzeyi ile kalbin diafragmatik yüzü arası) planlandı. İntravenöz (IV) kontrast madde verildikten sonra optimal kontrast madde zamanlaması yapabilmek için sol atrium düzeyinden geçen tek kesit görüntü alındı. Otomatik enjektör kullanılarak IV yoldan 5 ml/sn hızda 30 ml serum fizyolojik verilmesini takiben, hastanın kilo ve hemodinamik özelliklerine bağlı olarak 70-90 ml 5-6 ml/sn hızda non-iyonik kontrast madde uygulandı (350 mg/ml iobitridol, 350 mg/ml iohexol ya da 400 mg/ml iodine). IV kontrast madde zamanlaması için tüm hastalarda 'bolus izleme' tekniği kullanıldı. Sol atriumdaki kontrast madde 110 Hounsfield Unit (HU) değerine ulaştığında cihaz otomatik olarak çekime başladı. Çekim

sonrası elde edilen görüntüler ve BT çekim protokolüne ait bilgiler ayrı bir iş istasyonuna gönderildi.

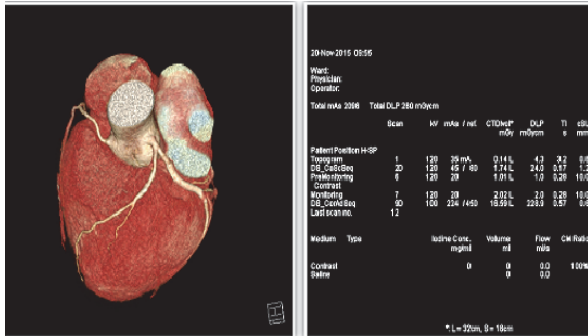
Maruz kalınan radyasyon dozları, her hasta için cihazın çekim protokolünde DLP (dose length product) değeri olarak belirtilmekle birlikte, DLP değerleri (mGy-cm) ile erişkinlerde belirlenmiş olan dönüştürme katsayısı ( $k=0,014$ ) çarpılarak efektif radyasyon dozu (mSv) hesaplaması yapıldı. Elde edilen doz bilgilerinin hastaların cinsiyet özellikleri ve çekim teknikleri ile ilişkileri değerlendirildi.

#### İstatistiksel Analiz

Veriler ortalama±standart sapma ya da sayı ve yüzde ile özetlendi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov Smirnov testi ve varyansların homojenlik kontrolü ise Levene testi ile değerlendirildi. Normal dağılıma uygunluk ve varyansların homojenlik varsayımları sağlandığından, ilgili değişkenler için gruplar arası farklılık tek yönlü varyans analizi ve çoklu karşılaştırmalar ise Tamhane'nin T2 testleri ile gerçekleştirildi. Değişkenler arasındaki korelasyonlar, veriler normal dağılım gösterdiği için Pearson korelasyon katsayısı ile hesaplandı.  $P<0.05$  değeri istatistiksel olarak önemli kabul edilecektir. Analizlerde IBM SPSS statistics version 23.0 for Windows paket programı kullanıldı.

#### BULGULAR

Kliniğimizde 256 kesit çift tüplü BT cihazı ile koroner BT anjiyografi çekilen 326 hastanın görüntüleme bulguları retrospektif olarak değerlendirildi. Hastaların 151'i kadın (%46,3), 175'i erkek (%53,7) olup ortalama yaşları  $51,1\pm 11,3$  olarak bulundu. Yaş ve cinsiyet açısından çekim teknikleri arasında anlamlı farklılık saptanmadı ( $p>0,05$ ). Teknik I ile çekilen 195 hastanın kalp hızı ortalama  $96,1$  atım/dk, teknik II ile yapılan 103 incelemede kalp hızı ortalama  $80,7$  atım/dk, teknik III ile yapılan 28 görüntülemelerde ise kalp hızı ortalama  $57,1$  atım/dk olarak hesaplandı. Teknik I ile yapılan çekimlerde ortalama DLP  $82,2$  mGy-cm, ortalama efektif radyasyon dozu ise  $1,15$  mSv bulunmakla birlikte teknik II'de DLP ortalama  $286,1$  mGy-cm, efektif radyasyon dozu ortalama  $3,98$  mSv olarak belirlendi (Resim 2). Ayrıca teknik III ile elde edilen incelemelerde ortalama DLP  $720,3$  mGy-cm, ortalama efektif radyasyon dozu ise  $10$  mSv hesaplanmış olup diğer tekniklere oranla belirgin yüksek doz radyasyon maruziyeti olduğu görüldü. Tanımlanan 3 teknik ile radyasyon dozları arasında belirgin anlamlı farklılık ( $p<0,001$ ) saptanmış olup bulgular tablo 1'de özetlenmiştir.



Resim 2. Teknik II ile çekilmiş BT anjiyografi tetkiki ve radyasyon dozu şeması

Tablo 1. Kullanılan çekim tekniğine göre hastaların demografik özellikleri ve radyasyon dozlarının değerlendirilmesi

	Teknik I	Teknik II	Teknik III
Hasta sayısı	28	103	195
Yaş (yıl)	53,9±12*	50,2±10,3*	51,2±11,2*
Kalp hızı (atım/dk)	57,1±6,2**	80,7±6,4**	96,1±10,7**
DLP (mGy-cm)	82,2±8,5**	286,1±4,4**	720,3±75,1**
Efektif radyasyon dozu (mSv)	1,15±0,12**	3,98±0,63**	10±1,05**

\* İncelenen parametre ile çekim teknikleri arasında anlamlı fark saptanmadı.  $p>0,05$

\*\* İncelenen parametre ile çekim teknikleri arasında anlamlı fark saptandı.  $p<0,001$

#### TARTIŞMA

Konvansiyonel kateter anjiyografisi KAH tanısında halen altın standart yöntem olarak kabul edilmekle birlikte invaziv bir işlemdir. Kateter anjiyografi sonrası komplikasyonlar gelişebileceğinden hastaların gözlem ve bazen hastaneye yatış gerekliliği doğabilir. Son yıllarda BT teknolojisindeki gelişmeler ve kesit sayısındaki artış kardiyak görüntüleme için gerekli olan yüksek temporal ve uzaysal rezolüsyon olanağı sağlamaktadır. Özellikle 64 ve üstü kesit sayısına sahip BT cihazlarının yaygınlaşması ile KAH açısından orta risk grubunda olan hastalarda tanısal görüntüleme için BT anjiyografi kateter anjiyografinin önüne geçmeye başlamıştır (12-15). Fakat BT anjiyografi incelemesinin kateter anjiyografiye oranla yüksek radyasyon dozu maruziyetine neden olması tetkikin kullanımını kısıtlayan en önemli sebeptir (7,8). Bu nedenle hastanın kalp hızlarına bağlı olarak farklı çekim teknikleri kullanılarak inceleme sırasında maruz kalınan radyasyon dozu en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Prospektif EKG tetiklemeli yöntem ile radyasyon maruziyeti yalnızca middiyastol fazında olduğundan, retrospektif EKG kapılamalı yöntemlere göre efektif radyasyon dozunda belirgin azalma beklenmektedir. Ayrıca çift tüplü BT cihazlarında bulunan 'flash mod' özelliği kullanılarak yapılan incelemelerde, çekim tek kalp atımında gerçekleştiği için prospektif EKG tetiklemeli yöntemlere göre de efektif radyasyon dozunda belirgin azalma olur (9-10). Bizim çalışmamızda da literatür bilgileri ile uyumlu olarak teknik I ile çekilen hastalarda efektif doz  $1,15$  mSv, teknik II'de ortalama  $3,98$  mSv olarak hesaplanmıştır. Teknik III ile elde edilen incelemelerde ise efektif radyasyon dozu ortalama  $10$  mSv bulunmuş olup diğer yöntemlere kıyasla belirgin yüksektir.

Çalışmamızın retrospektif nitelikte olması ve teknik III ile çekilen hasta sayısının diğer tekniklere göre az olması çalışmayı kısıtlayan faktörler olarak sayılabilir. Fakat teknik III için seçilen hastaların kalp hızlarının belirgin düşük olması gerekliliği bu kısıtlamanın önüne geçilmesinde bir engeldir.

## SONUÇ

Kateter anjiyografiye göre komplikasyon riski az ve kolay uygulanabilir bir tanısal yöntem olan BT anjiyografi incelemesinin klinik kullanımı yaygınlaşmakla birlikte, radyasyon dozu açısından çekim tekniğinin doğru seçilmesi çok önemlidir. Hastaların kalp hızları göz önüne alınarak çekim tekniği dikkatle belirlenmeli ve en az radyasyon maruziyeti ile inceleme tamamlanmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Xu Y, Tang L, Zhu X, Xu H, Tang J, Yang Z, Wang L, Wang D. Comparison of dual-source CT coronary angiography and conventional coronary angiography for detecting coronary artery disease. *Int J Cardiovasc Imaging* 2010;26:75-81.
2. American Heart Association. Heart disease and stroke statistics -2006 update. Dallas, Texas: American Heart Association; 2007.
3. Pasterkamp G, Falk E, Woutman H. Techniques characterizing the coronary atherosclerotic plaque: influence on clinical decision making. *J Am Coll Cardiol* 2000;36(1):13-21.
4. Varga-Szemes A, Meinel FG, De Cecco CN, Fuller SR, Bayer RR 2nd and Schoepf UJ. CT myocardial perfusion imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2015;204(3):487-97.
5. Yang X, Yang J, Tian F. High-pitch dual-source CT in prospectively electrocardiogram-triggered spiral double scan-ning mode for diagnosing coronary artery patency. *J South Med Univ* 2013;33:1605-10.
6. Sun K, Li K, Han R, Li W, Chen N, Yang Q, Du X, Wang C, Liu G, Li Y, Zhou M, Li L, Heidrun E. et al. Evaluation of high-pitch dual-source CT angiography for evaluation of coronary and carotid-cerebrovascular arteries. *Eur J Radiol* 2015;84(3):398-406.
7. Sun Z, Multislice CT angiography in cardiac imaging- Part III: Radiation risk and dose reduction. *Singapore Med J* 2010;51(5):374-80.
8. Sun Z, Ng KH. Prospective versus retrospective ECG-gated multislice CT coronary angiography: A systematic review of radiation dose and diagnostic accuracy. *Eur J Radiol* 2012;81:94-100.
9. Sommer WH, Albrecht E, Bamberg F. Feasibility and radiation dose of high-pitch acquisition protocols in patients undergoing dual-source cardiac CT. *AJR Am J Roentgenol* 2010;195:1306-12.
10. Hausleiter J, Martinoff S, Hadamitzky M, Martuscelli E, Pschierer I, Feuchtner GM. Image quality and radiation exposure with a low tube voltage protocol for coronary CT angiography results of the PROTECTION II Trial. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3(11):1113-23.
11. Sagsoz ME, Bayraktutan UG, Ogul H, Kantarci M. Chest circumference as a predictive parameter of computed tomography coronary angiography radiation doses from dual-source computed tomography. *Eurasian J Med* 2013;45:43-6.
12. Canyigit M, Hazirolan T, Karcaaltincaba M, Dagoglu MG, Akata D, Aytemir K. Myocardial bridging as evaluated by 16 row MDCT. *Eur J Radiol* 2009;69(1):156-64.
13. Ko SM, Choi JS, Nam CW. Incidence and clinical significance of myocardial bridging with ECG-gated 16-row MDCT coronary angiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008;24:445-52.
14. Zeina AR, Odeh M, Blinder J. Myocardial bridge: evaluation on MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 2007;188:1069-73.
15. Konen E, Goitein O, Sternik L. The prevalence and anatomical patterns of intramuscular coronary arteries: a coronary computed tomography angiographic study. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:587-93.