

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**BİRİNCİ JENERASYON ÇİFT TÜPLÜ BT KULLANILARAK
PROSPEKTİF VE RETROSPEKTİF EKG TETİKLEME
YÖNTEMLERİYLE ELDE OLUNAN KORONER BT
ANJİYOĞRAFİ TETKİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Emre Ünal

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

ANKARA

2014

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**BİRİNCİ JENERASYON ÇİFT TÜPLÜ BT KULLANILARAK
PROSPEKTİF VE RETROSPEKTİF EKG TETİKLEME
YÖNTEMLERİYLE ELDE OLUNAN KORONER BT
ANJİYOĞRAFİ TETKİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Emre Ünal

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Tuncay Hazirolan

UZMANLIK TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

ANKARA

2014

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım ve hocam Prof. Dr. Tuncay Hazırolan'a, tezin oluşmasındaki tım aşamalar sũresince ayırdığı zaman, paylaştığı bilgi, deneyim için ve eğitimime olan tım katkılarından dolayı çok teőekkũr ederim.

Başta anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Macit Arıyũrek olmak ũzere yaklaşık 5 yıllık asistanlık dũnemimde bilgi ve tecrũbelerinden faydalandığım tım hocalarıma, asistanlığım boyunca bilgilerinden yararlandığım uzman hekimlere ve birlikte çalıştığım asistan arkadaşlarıma çok teőekkũr ederim.

Son olarak beni yetiştirerek bu gũnlere getiren, desteğini esirgemeyen aileme, gũzel eşim Dilek ũnal ve sevgili kızım Zeynep İpek ũnal'a çok teőekkũr ederim.

Dr. Emre ũnal

ÖZET

Ünal E, Birinci Jenerasyon Çift Tüplü BT Kullanılarak, Prospektif Ve Retrospektif EKG Tetikleme Yöntemleriyle Elde Olunan Koroner BT Anjiyografi Tetkiklerinin Karşılaştırılması, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2014

Çalışmamızda, prospektif ve retrospektif EKG tetikleme ile elde olunan koroner BT anjiyografi tetkikleri, maruz kalınan radyasyon dozu ve görüntü kalitesi bakımından karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışmamızda, her iki yöntemin yüksek kalitede görüntüleme sağladığı kalp hızı eşliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Prospektif olarak yaptığımız çalışmamıza, koroner arter hastalığı şüphesi olan 200 hasta kabul edilmiştir. Hastalar çekim tekniği gruplarına rastgele seçilmiştir (prospektif EKG tetikleme=99; 53 E, ortalama yaş 55.85±/10.74 ve retrospektif EKG tetikleme=101; 52E, ortalama yaş 53.38±/11.58). Koroner arter segmentleri, görüntü kalitesi bakımından birbirinden bağımsız iki radyolog tarafından beşli likert ölçeği kullanılarak puanlandırılmıştır. Ayrıca koroner arter segmentlerinin atenüasyon değerleri ve tetkiklerin dose length product (DLP) değerleri ölçülmüştür. Her iki çekim tekniği için, en iyi görüntünün elde edileceği eşik kalp hızı değerleri belirlenmiştir. Ortalama imaj görüntü puanları ve atenüasyon değerleri prospektif grupta yüksek bulunmuş olup bu bulgu istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermiştir ($P<0.05$). Ortalama maruz kalınan radyasyon dozu prospektif çekim tekniğinde %72 daha az olarak bulunmuştur ($P<0.01$). Yüksek kalitede görüntü elde edilen kalp hızı eşik değerleri, prospektif ve retrospektif çekim teknikleri için sırasıyla $\leq 67/\text{dk}$ ve $\leq 80/\text{dk}$ olarak saptanmıştır ($P<0.05$). Kalp hızlarındaki artışın (sırasıyla ≥ 68 and $\geq 81/\text{dk}$), görüntü kalitesine olumsuz etkisi, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlanmıştır ($P<0.05$). Sonuç olarak, prospektif çekim tekniği ile özellikle $\leq 67/\text{dk}$ kalp hızlarında daha kaliteli görüntüler, daha düşük radyasyon maruziyeti ile elde edilebilmektedir. Bununla birlikte, retrospektif çekim tekniği öncesi eğer kalp hızı $\geq 81/\text{dk}$ ise, görüntü kalitesinin tanısal değerde kalması için kalp hızının $\leq 80/\text{dk}$ düşürülmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi, Radyasyon dozunda azalma, Koroner BT anjiyografi, Prospektif EKG Tetikleme

ABSTRACT

Unal E, Comparison Of Prospective ECG Triggering And Retrospective ECG Gated CT Angiography Techniques, In First Generation Dual-Source CT, Hacettepe University, Faculty Of Medicine, Department Of Radiology, Thesis In Radiology, Ankara, 2014

The purpose of this study is to evaluate radiation dose and image quality of prospective triggering and retrospective electrocardiography (ECG) gated coronary computed tomography (CT) angiography and to establish cut-off values of heart rates (HR) for each technique in first generation dual source CT. 200 patients whom have suspected coronary artery disease, were scanned for our prospective study. Patients were selected randomly for each technique (prospective triggering group n=99; 53M, mean age 55.85 \pm 10.74 and retrospective gating group n=101; 52M, mean age 53.38 \pm 11.58). Two independent radiologist scored coronary artery segments for image quality with using a five-point scale. Also attenuation values of each coronary artery segment and dose length product (DLP) values were measured. For each technique, cut-off HR values were determined for best image quality. Mean image quality scores and attenuation values were found to be higher in prospective group ($P<0.05$). Mean radiation dose was 72% lower for prospective group ($P<0.01$). The cut-off HR values to get a better quality score were ≤ 67 beat per minute (bpm) and ≤ 80 bpm for prospective and retrospective group, respectively ($P<0.05$). In case of increased HR (≥ 68 and ≥ 81 bpm respectively), there were negative effect on quality ($P<0.05$). In conclusion, prospective ECG triggering technique has better image quality scores than retrospective ECG gating, particularly in patients who have HR < 68 bpm. Additionally, we recommend to decrease HR to ≤ 80 bpm before retrospective ECG gating coronary CT angiography to preserve image quality.

Keywords: Computed Tomography angiography, Radiation dose reduction, Coronary CT angiography, Prospective ECG triggering

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
GRAFİKLER DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Ateroskleroz	5
2.2. Koroner Arter Embriyolojisi	7
2.3. Koroner Arter Anatomisi	8
2.4. Tanıda Kullanılan Modaliteler	9
2.5. BT Gelişimi Ve Radyasyon Dozu	11
3. GEREÇ VE YÖNTEM	15
3.1 Çalışma Kapsamı	15
3.2 Koroner BT Anjiyografi Çekim Protokolü	15
3.3 Çalışma Metodu	16
4. BULGULAR	19
4.1 Hastaların Popülasyonu	19
4.2. Grupların Koroner Kalsiyum Skoruna Göre Dağılımı	21
4.3. Koroner Arter Segmentlerine Göre, İki Radyolog Arasındaki Karar Uyumunu	21
4.4. İki Çekim Tekniği Arasındaki Maruz Kalınan Radyasyon Dozu Farkı	22
4.5. Koroner Arter Segmentlerinin Skor Açısından Dağılımı	23
4.6. Koroner Arter Segmentlerinin Atenüasyon Açısından Dağılımı	24
4.7. Vücut Kitle İndeksi İle Skor Arasındaki İlişki	24
4.8. Kalp Hızı İle Skor Arasındaki İlişki Ve Kaliteli Görüntü İçin Çekim Tekniklerine Göre Eşik Kalp Hızları	25

5. TARTIŞMA	27
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	32
7. KAYNAKLAR	33
EKLER	
Ek 1. Araştırma Projesi Değerlendirme Formu	

KISALTMALAR DİZİNİ

Bilgisayarlı Tomografi	BT
Koroner Arter Hastalığı	KAH
Miyokard İnfarktüsü	MI
Elektrokardiyografi	EKG
İntravenöz Ultrasound	IVUS
Manyetik Rezonans Görüntüleme	MRG
Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi	ÇKBT
Çift Tüplü Bilgisayarlı Tomografi	ÇTBT
Vücut Kitle İndeksi	VKİ
Sağ Koroner Arter	RCA
Sol Ana Koroner Arter	LMCA
Sol Sirkumfleks Arter	LCX
Obtüz Marjinal Arter	OM
Sol Anterior Desenden Arter	LAD
Posterolateral Arter	PLA
Posterior Desendan Arter	PDA
Saniye	Sn
Dakika	Dk
Region Of Interest	ROI
Maksimum İntensite Projeksiyon	MIP
Volume Rendering	VR
Miyokard Perfüzyon Sintigrafisi	MPS
Pozitron Emisyon Tomografi	PET
Amerika Birleşik Devletleri	ABD

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik	Sayfa
Grafik 4.1. Grupların cinsiyete göre dağılımı	19
Grafik 4.2. Grupların yaşa göre dağılımı	19
Grafik 4.3. Grupların VKİ'ya göre dağılımı	20
Grafik 4.4. Grupların koroner kalsiyum skoruna göre dağılımı	21
Grafik 4.5. İki radyolog arasındaki karar uyumunun, koroner arter segmentlerine göre dağılımı	22
Grafik 4.6. İki çekim tekniği arasındaki maruz kalınan radyasyon dozu farkı	22
Grafik 4.7. Koroner arter segmentlerine göre görüntü kalite skoru dağılımı	23
Grafik 4.8. Koroner arter segmentlerinin dansite (atenüasyon) açısından dağılımı	24
Grafik 4.9. Vücut kitle indeksi ile skor arasındaki ilişki	25
Grafik 4.10. Kalp hızı ile skor arasındaki ilişki	25
Grafik 4.11. Görüntü kalite skoru ile gruplara göre elde edilmiş kalp hızı eşik değerleri arasındaki ilişki	26

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Aterom plağı içine kanama ve proteoglikan birikimi sonrası gelişen rüptür ve eşlik eden kritik stenoz. *: ileri derecede daralmış damar lümeni.	6
Resim 2.2. Yarım ay benzeri stenoz, normal olan yarı duvar ve damar lümenindeki daralma*.	7
Resim 3.1. Koroner arter segmentleri haritası	16
Resim 4.1. 0,714 mSv efektif radyasyon dozu (100kVp) ile elde edilmiş koroner BT anjiyografi tetkiki	23

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
Tablo 4.1. Grupların demografik özelliklerine ve KAH için risk faktörlerine göre dağılımı	20

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Koroner arter hastalığı (KAH) gelişmiş ülkelerde en sık mortalite ve morbidite nedenidir. Dünya genelinde yılda yaklaşık olarak 19 milyon akut koroner sendrom olgusu saptanmaktadır (1). Çalışmalar, tüm dünyada kardiyovasküler hastalıklardan ölüm oranının 1990 ve 2020 yılları arasında, % 28.9'dan % 36.3'e yükseleceğini göstermektedir (2).

Koroner ateroskleroz, trombus ile sonuçlanır ve klinik olarak en ağır form olan Miyokard İnfarktüsü (MI) gelişir. Erkeklerde KAH sıklığı kadınların dört katıdır. Genç yaşlarda bu oran 8 katına kadar çıkmaktayken, ileri yaşlarda ise erkek ve kadında eşit oranda KAH gözlenmektedir (3, 4). Epidemiyolojik çalışmalar sonucu çeşitli risk faktörleri saptanmıştır. Türk Kardiyoloji Derneği'nin öncülüğünde 1990 yılından beri yürütülen TEKHARF (Türk Erişkinlerinde Kalp Hastalığı ve Risk Faktörleri) çalışmasının verilerine göre, Türkiye'de yaklaşık 2 milyon koroner kalp hastasının bulunduğu ve yılda 160 bin kişinin KAH nedeni ile hayatlarını kaybettiği öngörülmektedir. Bahsi geçen çalışmada, erişkinlerde yıllık KAH mortalitesi erkeklerde % 0,52, kadınlarda % 0,32 olarak bulunmuştur. Her 8 ölümden birinin nedeni belirlenememiş, nedeni bilinenler arasında KAH % 42.5'lik bir pay ile başı çekmiş, onu % 24'lük oranda kanser ve % 12'lik bir oranda serebrovasküler olay nedeni ölümler izlemiştir. Avrupa ülkelerinde koroner kalp hastalığından yıllık mortalitenin 45-74 yaş kesiminde erkeklerde % 0,2 ile % 0,9, kadınlarda % 0,06 ile % 0,3 arasında değiştiği bildirilmiştir. Halbuki TEKHARF çalışması, ülkemizde aynı yaş kesiminde KAH mortalitesini erkeklerde % 0,85, kadınlarda % 0,45 olarak belirlemiştir (5).

KAH, Amerika Birleşik Devletlerindeki (ABD) hem kadın hem erkeklerde görülen en büyük mortalite ve morbidite nedenidir (2, 6). 2000 yılı itibariyle koroner arter hastalığı öyküsü bulunan 13-14 milyon Amerikalı yetişkinin, yıl sonunda 1.1 milyon akut koroner olaya maruz kalacağı bildirilmiştir. 2004 yılı itibariyle 25 milyondan fazla insan aterosklerozun klinik sonuçlarından en az birine sahiptir ve çok daha fazlasında da ateroskleroz, KAH habercisi olarak gizli kalmaktadır (7). Günümüzde KAH Amerika'da her üç ölümden birinden

sorumludur. Bununla birlikte, ABD’de 1960’larda görülmeye başlayan KAH bağı mortalite oranlarındaki azalma kaybolmuş, hatta tekrar yükselmeye başlamıştır (6).

Primer korumanın en başta gelen amacı, risk faktörlerinin önüne geçmektir. Popülasyona risk faktörlerinin gelişmesini önleyecek bir yaşam tarzını benimsemelerinin önemi vurgulanmalıdır. Amaç, altta yatan aterosklerozun arteryel tromboza yol açmadan tedavisinin sağlanması veya ilerlemesinin önüne geçmektir. Sigara içilmemesi, sağlıklı beslenme, egzersiz bu amaçla önerilmektedir. KAH tanısı konmuş olan kişilerde ise amaç mevcut hastalığın yaygınlığı bilmek ve bu doğrultuda hastaya uygun tedavi seçenekleri sunmaktır.

Koroner kalp hastalığı klinik olarak ortaya çıktıktan sonra uygulanan tıbbi, cerrahi ve girişimsel tedavi yöntemleri belirli olup oldukça yüksek bir maliyet getirmektedir. Erişkin nüfusun önemli bir bölümünün bu hastalıktan aktif yaşlarda etkilenmesi olayın ekonomik boyutunu artırmaktadır. ABD’de 1999 yılında koroner arter hastalığı ve felç olaylarının direk ve indirek sağlık harcamalarının maliyeti yaklaşık olarak 150 milyon doları bulmuştur (8).

KAH ile lipid profilindeki bozukluk arasındaki ilişki kanıtlanmıştır. Bu nedenle KAH tanısında LDL/HDL kolesterol oranı, Apolipoprotein (a) günlük pratikte sıkca kullanılmaktadır (4). Ancak laboratuvar testlerinin KAH tanısındaki yeri kısıtlıdır. Bilgisayarlı tomografi (BT) dünyasındaki gelişmelerden önce, KAH tanısında ilk seçenek olarak konvansiyonel anjiyografi yöntemi kullanılmıştır. Miyokard perfüzyon sintigrafisi ve eforlu elektrokardiyografi (EKG) testleri de tanıda kullanılmıştır. Ancak eforlu EKG testinin tanısal güvenilirliğinin %60-70 aralığında olduğu, çalışmalarda gösterilmiştir (9). Benzer şekilde, gama kamera kullanımına rağmen miyokard perfüzyon sintigrafisinin de, tanıda tek başına yeterli olmadığı, yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (10). Bununla birlikte konvansiyonel anjiyografinin tanıda kullanılması, yüksek maliyet ile beraberinde morbidite hatta mortaliteyi de getirdiği bilinmektedir. BT dünyasındaki gelişmeler sayesinde, koroner BT anjiyografi tetkiki, artık günlük pratikte KAH şüphesi olan hastalarda ilk basamak tetkik olarak yerini almıştır. KAH şüphesi olan hastaların, tanı anında büyük çoğunluğunda stentleme vb girişimsel işlemlere gerek kalmaması, ilk basamak tetkik olarak noninvaziv bir inceleme olan BT

anjiyografinin klinik değerini göstermektedir. Kalp hızına uygun olarak yapılan çekimlerde BT anjiyografinin tanısal değerinin konvansiyonel anjiyografiye yakın olduğu, %90 üzeri duyarlılık ve özgüllük sonuçlarının elde edildiği literatürde yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (11-15).

Birinci jenerasyon çift tüplü BT cihazıyla retrospektif EKG yöntemi kullanılarak kalp hızından bağımsız ve beta bloker verilmeden kardiyak BT yapılabildiği bildirilmektedir. Farklı rekonstrüksiyon fazları kullanılarak kalp hızı yüksek ve hatta aritmik olgularda dahi yeterli koroner değerlendirme sağlanmaktadır. Retrospektif EKG uygulamasının dezavantajını, X ışını dozunun yüksek olması ve genel olarak sadece belirli fazların değerlendirmede kullanılması nedeniyle X ışını dozunun çok büyük kısmının boşa verilmesidir. Prospektif tetikleme yöntemiyle sinüs ritminde düşük kalp hızlarındaki olgularda düşük X ışını dozuyla kardiyak BT tetkikinın yüksek kalitede yapılabildiği bilinmektedir. Prospektif tetiklemenin dezavantajı tek fazda görüntü alınması ve çekim esnasındaki kalp hızı değişikliklerinin tetkikin kalitesini ileri derecede bozmasıdır.

Tek tüplü sistemlerde hem retrospektif hem de prospektif tetikleme ile yapılan kardiyak BT uygulamaları öncesinde kalp hızı düşürücü medikasyon uygulaması zorunludur. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi retrospektif EKG uygulamalarında çift tüplü BT cihazlarında kalp hızı düşürücü medikasyona gerek kalmadan görüntüle yapılabilmekte ve bu özellik çift tüplü cihazların avantajı olarak sunulmaktadır. Ancak, prospektif EKG uygulaması için kalp hızının düşürülmesi gereklidir.

Çalışmamızda, birinci jenerasyon çift tüplü BT cihazının prospektif ve retrospektif EKG tetikleme yöntemleriyle yüksek kalitede görüntüleme sağladığı kalp hızı eşiği araştırılmıştır. Yüksek kalp hızlı olgularda oral ve/veya IV medikasyon uygulamasıyla kalp hızı düşürülerek düşük X ışını dozuyla ve prospektif EKG tetikleme ile elde olunan görüntülerle, kalp hızı düşürülmeden retrospektif EKG ile daha yüksek X ışını dozuyla elde edilen ancak farklı rekonstrüksiyonlara izin veren çekim tekniğinin görüntüleri, karşılaştırılmıştır. Kalp hızı düşürülerek, düşük doz tek faz rekonstrüksiyonların mı, yoksa kalp hızı düşürülmeden elde olunan farklı rekonstrüksiyona izin veren çekim tekniğinin mi

kullanılmasının daha iyi olacağı araştırılmıştır. Ayrıca çift tüplü 64 kesit BT cihazı ile elde edilecek tetkiklerin kalitesinin, daha yüksek kesit sayısındaki (daha yüksek maliyetli) cihazlar ile eş tanısal değere sahip olup olmayacağı araştırılmıştır.

Çalışmamızdaki veriler ışığında, hasta grupları kalp hızları bakımından gruplandırılarak, hangi kalp hızı aralığında hangi tekniğin kullanılması gerektiği ve bu sayede çekim algoritması oluşturması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ateroskleroz

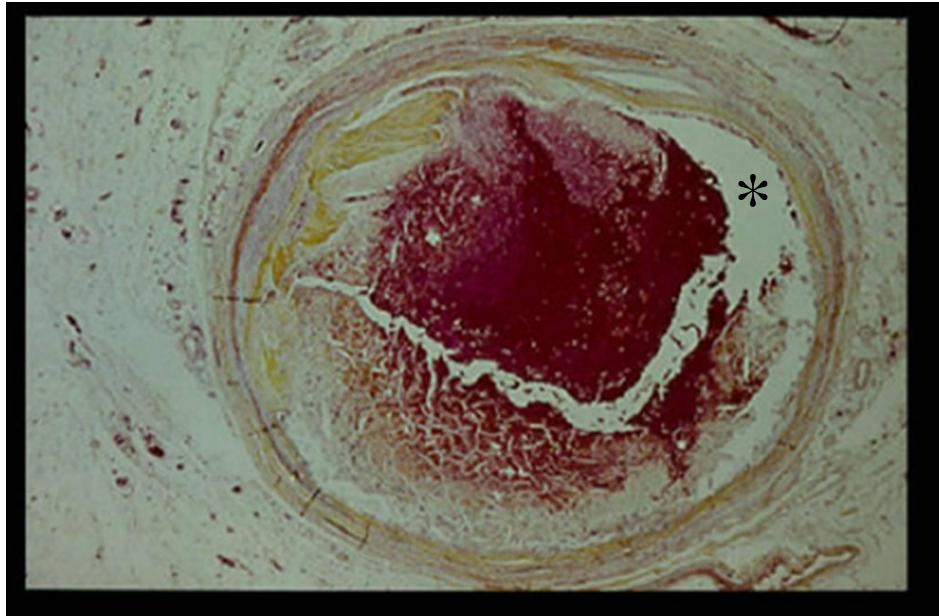
Ateroskleroz, gelişmiş toplumlarda ölüm ve sakatlığın en önemli nedenidir. Bununla birlikte, 2020 yılına kadar aterosklerozun, major hastalıklarının temel sebebi olarak kalmaya devam edeceği, öngörülmektedir (16).

Aterosklerozun belli bir genetik altyapı ve riske sahip kişilerde çevresel risk faktörlerinin etkisiyle ortaya çıkan bir hastalık olduğu, eskiden düşünüldüğü gibi kaçınılmaz dejeneratif bir hastalık olmadığı anlaşılmıştır (17). Ateroskleroz, aorta, koroner arterler ve serebral arterler dahil olmak üzere orta-büyük arterlerde görülen bir intima hastalığıdır. Bu boyutlardaki bazı arter sistemleri ateroskleroza karşı çok duyarlı iken (örneğin koroner arterler), a. torasica interna gibi bazı arterler ateroskleroza dirençlidir. Sözkonusu direnç farklılığının sebebi bilinmemektedir. Aterosklerozun son derece spesifik bir yanı da, yaygın değil fokal bir hastalık olmasıdır. Ateroskleroz, arter yatağının içinde tipik olarak yatkın bölgelerde, fokal olmaya meyillidir. Örnek olarak, koroner dolaşımında, aterosklerozun okluzif hastalığının olduğu yer, proksimal sol ön inen arterdir. Aterosklerotik plaklar genelde arterlerin dallanma noktalarında, kan akımının türbülans gösterdiği alanlarda meydana gelmektedir (16).

Risk faktörlerinin sayısı ve yaygınlığı ateroskleroza ikincil klinik bulguların ortaya çıkışını hızlandırır. Ateroskleroz multisistemik bir hastalık olduğu için etkilenen dolaşım yatağının özelliğine göre değişik klinik belirtiler ortaya çıkmaktadır. Koroner arterlerin aterosklerozu erken dönemde anjina pektoris, ilerleyen dönemde ise miyokard infarktüsüne neden olmaktadır. Santral sinir sistemi vasküler ağının aterosklerozu, inmeye yol açmaktadır. Periferik dolaşım da aterosklerozdan etkilenmekte olup, geçici kladikasyon ile gangren ve ekstremité kaybına kadar spektrumunda klinik sonuçlara neden olmaktadır. Aorta tutulumuna ikincil ektazi ve anevrizma gelişimi özellikle ileri yaşlarda sık görülen sonuçlardandır. Benzer şekilde abdominal aorta dallarının tutulumu da kronik böbrek hastalığı, mezenterik iskemik olay gibi klinik sonuçlar doğurmaktadır (16). Ateroskleroz kronik bir hastalık olup başlangıcı erken çocukluk dönemine

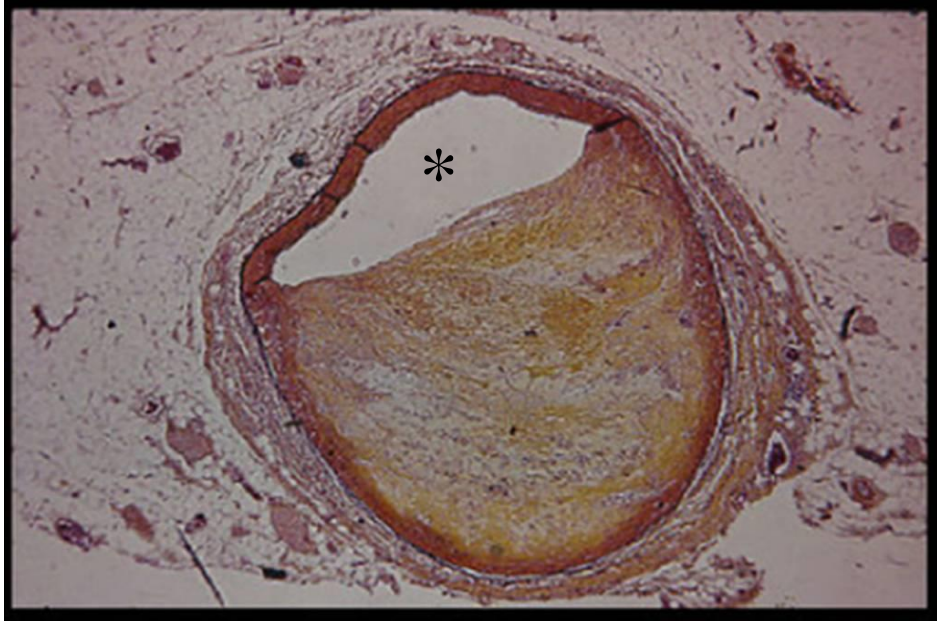
kadar inmektedir. Klinik olarak manifest duruma gelmesi, multipl faktörün etkisi olmakla birlikte, dekadlar sonra olabilmektedir (18).

Ateroskleroz'un erken dönemleri, kronik ve tekrarlayan endotel hasarına bağlı endotel disfonksiyonu ile karakterizedir. Endotel hasarının etyolojisinde metabolik, mekanik, toksik, immünolojik olaylar ile enfeksiyonlar yer alırlar. Bilinen risk faktörlerinin hemen hepsi (sigara, hipertansiyon, diyabet, hiperkolesterolemi, okside LDL kolesterol) endotelde işlevsel bozukluğa yol açabilir. Endotel hasarı sonucu nitrik oksid' in kullanılabilirliği azalmaktadır. Nitrik oksid endotel yüzeyindeki antitrombotik süreçleri ve lökosit adezyonunun azalmasında önemli rol üstlenmektedir. Takiben gelişen intimal kalınlaşma ve yağlı çizgilenmeler erken dönem lezyonları oluşturmaktadır. İnflamasyonun da eşlik ettiği bu erken dönem lezyonlar, aterosklerotik plakların prekürsörü olarak kabul edilmektedir. İlerleyen dönemlerde lipid ve makrofaj içeren, intima-medya kompleks kalınlığında artışın eşlik ettiği plaklar oluşmaktadır. Oluşan plaklar; kalsifik, kalın fibröz kapsüle sahip olabileceği gibi, en çok akut koroner sendroma neden olan lipid içerikli, ince kapsül ve ülserasyon içeren karakterde olabilir (3).



Resim 2.1. Aterom plağı içine kanama ve proteoglikan birikimi sonrası gelişen rüptür ve eşlik eden kritik stenoz. *: ileri derecede daralmış damar lümeni.

kaynak: Baroldi ve ark. Cardiovascular Ultrasound 2004 2:29



Resim 2.2. Yarım ay benzeri stenoz, normal olan yarı duvar ve damar lümenindeki daralma*.

kaynak: Baroldi ve ark. Cardiovascular Ultrasound 2004 2:29

2.2. Koroner Arter Embriyolojisi

Kalbin vasküler sistemi embriyoda üç komponentten gelişmektedir. Embriyonun dördüncü haftasında oluşan intertrabeküler boşluk çizgi şeklinde ventriküler kaviteden trabekül boyunca uzanmaktadır. İkinci komponent olan sinüs venosus altıncı embriyo haftasında orta kardiyak venden gelişmektedir. Koroner arterler bulbus kordisten tomurculanarak oluşurlar.

Sağ koroner arteri (RCA) oluşturacak olan tomurcuk pulmoner konus, sağ ventrikül ve sağ atriyal apendiks arasına doğru uzanır, kalbi çaprazlar ve bu trase boyunca ilerlerken sağ ve sol ventriküle muskuler dallarını verir.

Sol koroner arter ise aortadan tomurcuklanır. Pulmoner trunkusun arkasından ilerler. Genel olarak interventiküler sulkusa dallar verir. Sol atrioventriküler sulkusa sirkumfleks arteri (LCX) verir ve obtüz marjinal (OM) arter olarak devam eder.

Sağ ve sol ana koroner arterlerden çıkan diğer küçük çaplı dallar intertrabeküler boşlukta çok sayıda anastomoz yaparlar (19).

2.3. Koroner Arter Anatomisi

Çıkan aorta düzeyinde üç adet sinüs yer almaktadır. Sağ ve sol yerleşimli olanlardan, sırasıyla sağ ve sol koroner arterler çıkmaktadır. Posteriorıda yer alan non koroner sinüsten ise normal şartlarda koroner arter orijin almamaktadır.

Arterlerin ostiumu aortik anulus ile sinotubuler bileşke arasında ve valsalva sinüsünün üst 1/3'ündedir (20). Aortik kapağın oblik yerleşiminden dolayı sol koroner arterin orifisi daha yukarıda ve arkadadır (21). RCA sol ana koroner artere (LMCA) göre daha dik bir açıyla sinüsü terk eder. Nadiren sol anterior desendan arter (LAD) ve LCX sol koroner sinüsten ayrı kök halinde ayrılırlar (20).

RCA, valsalva sinüsünün sağ ve kısmen ön kısmından ayrıldıktan sonra pulmoner arter çıkışının sağ posteriorundan geçip sağ atrioventriküler alan boyunca aşağı doğru epikardial yağ dokusu içinde ilerler. RCA'nın ilk dalı (%50-60) çoğunlukla konus arteri olup RCA'dan ayrıldıktan sonra öne ve yukarı doğru seyredip pulmoner arter konusunu besler. Konus arteri konjenital kalp hastalıklarının isimlendirilmesinde referans noktası olarak görev yapmaktadır. Nadir olmayarak konus arteri, ayrı bir dal olarak sağ koroner sinüs valsalvadan da orjin alabilmektedir.

RCA'nın ikincil dalı sinoatrial düğüme giden sinoatrial nodal arterdir. Sinoatrial nodal arter toplumda yaklaşık %80 oranında RCA'dan orjin almaktadır. %20 oranında LCX'den ve nadir olarak LMCA'dan orjin alabilmektedir (22). RCA seyrine sağ ventrikül komşuluğu boyunca devam eder ve bu düzeyde sağ ventrikül serbest duvarını beseleyen marjinal dalları verir. Atrial dalların çoğu sağ koroner arterden çıkar ve bunların sol koroner arter dolaşıma etkisi çok azdır. Posterior desendan arter (PDA) ve posterolateral arter (PLA) dalları RCA'dan orjin alıyorsa koroner dolaşım sağ dominant olarak isimlendirilir ve RCA bu arter ile sonlanır. Eğer PDA ve PLA LCX'in devamı olarak doluş gösteriyorsa bu sefer sol dominant koroner sistem varlığından bahsedilir. Genel olarak toplumda %85 sağ dominansi, %8 sol dominansi izlenmektedir. Yaklaşık %7 civarında ise PDA'nın RCA'dan, PLA'nın ise LCX'den ayrıldığı eş dominansi vardır (23).

LMCA sol koroner sinüsten ayrılır ve kısa bir seyir sonrası LAD ve LCX dallarına ayrılır. Toplumda (% 0,4) nadir olarak LAD ve LCX iki ayrı kök olarak

sol koroner sinüsten orjin alabilir. Ayrıca LMCA bifürkasyonu düzeyinde ramus intermedius (normalde LAD ilk dalıdır) ayrı bir kök olarak LMCA'dan orjin alabilir. LAD anterior interventriküler oluğun epikardial yağ katmanı içinde bulunur, kalbin apeksini sarmalar, inferior interventriküler olukta ilerleyerek kalbin tabanına doğru yönelir. Septal perforator dalları anterior - apikal septumu besler. LAD'nın epikardial diagonal dalları sol ventrikül anterior serbest duvarını, anterolateral papiller kasın bir kısmını ve sağ ventrikül anterior serbest duvarının medial bölümünün 1/3'nü besler.

LCX sol atrioventriküler boşluğun epikardiyal yağ dokusu içinde yol alır ve büyük optüs marjinal dalını verdikten sonra sonlanır. Sol ventrikül serbest duvarının lateral kısmını besler (20).

Kalbin inferiorunda RCA uzunluğu CX uzunluğu ile ters ilişkili olarak değişim gösterir ve bu değişim aslında dominant olan koroner sistem ile orantılıdır.

2.4. Tanıda Kullanılan Modaliteler

İnvaziv koroner anjiyografi tetkiki, tanı ve tedavide günümüzde altın standart olarak kabul edilmektedir. Ancak yapılan invaziv koroner anjiyografi işlemlerinin, yaklaşık %50'si tanısız aşamada kalmakta ve herhangi bir girişime gerek duyulmamaktadır (24). Son zamanlarda her ne kadar, komplikasyon oranını düşürmek amacıyla, üst ekstremitate arteriyel sistemi kullanılsa da, invaziv koroner anjiyografi tetkikine bağlı nadir de olsa ölümcül komplikasyonlar meydana gelebilmektedir (aritmî, inme, koroner arterlerde diseksiyon). Bu nedenler, koroner arter hastalığının tanısında, noninvaziv bir yöntem arayışını gündeme getirmiştir. Koroner BT anjiyografi tetkiki, invaziv koroner anjiyografi tetkiki gibi sadece damar lümeni hakkında değil, damar duvarı (eşlik eden pozitif remodelling varlığı) ve plakların karakteristiği hakkında da bilgi vermektedir. Yapılan çalışmalar sonucu anlaşılmıştır ki, akut koroner sendrom, lümeni tıkamayan, hafif-orta derece stenoza neden olan aterosklerotik plaklar sonucu oluşmaktadır (25, 26). Bu nedenle, pozitif remodelling gibi aterosklerotik değişiklikleri ve riskli plak karakteristiklerini (lipid yüklü, ülser) gösterebilen, koroner BT anjiyografi tetkiki, akut koroner olayların tanısında yardımcı olabilecek ümit vaat eden bir

tetkik olarak değerlendirilmektedir. Özellikle koroner BT anjiyografi tetkikin, yüksek negatif prediktif değerleri, tanı koymada ilk basamak tetkik olmasını sağlayan önemli bir özelliğidir. Bu sayede, invaziv bir yöntem olan konvansiyonel koroner anjiyografi tetkikinin, özellikle düşük riskli grupta, yapılmasının önüne geçilmesi gündeme gelmektedir. Ayrıca koroner BT anjiyografi tetkiki, çekim tekniğine bağlı olarak (tüm kardiyak siklus boyunca görüntü alınması – retrospektif EKG tetikleme), kalp kontraksiyon fonksiyonları (ejeksiyon fraksiyonu), kapak hareketleri, duvar hareketleri, kitle varlığı hakkında da bilgi vermektedir (27, 28).

Koroner arterlerin duvar yapıları ve pozitif remodelling varlığı günümüzde intravasküler ultrasound (IVUS) ile de değerlendirilebilmektedir. IVUS ayrıca aterom plaklarını içerdikleri lipid ve kalsifiye komponent açısından sınıflandırılmasını da imkan vermektedir (29). Pratik olmayışı, pahalı ve ileri derecede invaziv oluşu IVUS'un günlük kullanımdaki yerini kısıtlamıştır.

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) de koroner arterlerin değerlendirilmesi için kullanılabilir modaliteler arasındadır. Ayrıca MRG, kardiyak fonksiyon, sine görüntü elde edilerek miyokard kontraksiyon, MR perfüzyon ile canlılık değerlendirilmesi ve eski MI'ya ait sekel değişikliklerin değerlendirilmesine de olanak sağlamaktadır (30). Ancak hareket artefaktları, düşük uzaysal çözünürlük ve uzun süren tetkik süreleri nedeni ile MRG KAH varlığının değerlendirilmesinde rutin uygulamada yerini alamamıştır. Sıkı kalp hızı kontrolü olan hastalarda, koroner arter anomalisi ve konjenital kalp hastalıklarının ayrıntılı değerlendirilmesinde nadir olmayarak kullanılmaktadır.

Kalpte kapiller seviyede bölgesel kan akımı dağılımı, radyofarmasötik ajanlar kullanılarak değerlendirilmektedir. İki grup ajan, miyokard perfüzyon sintigrafisi (MPS) görüntülemesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar Talyum-201 (Tl-201) ve teknesyum-99m (Tc-99m) ile işaretli radyofarmasötiklerdir (31). MPS, miyokard canlılığının değerlendirilmesinde klinik olarak önemli bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

Pozitron Emisyon Tomografi (PET) ile miyokard metabolizma hızı ve kan akımı non-invaziv olarak değerlendirilebilmektedir. PET'de kullanılan ajanlar; nitrojen-13 ammonia (N-13 Ammonia), rubidium-82 ve oksijen-15 H₂O'dur (31).

PET çalışmalarının, sol ventrikül fonksiyonları ileri derecede bozulmuş olan ve koronerleri revaskülarizasyona uygun olup Tl-201 görüntülerinde sabit defekt izlenen kronik koroner arter hastalarına yapılması önerilmektedir (32).

2.5. BT Gelişimi Ve Radyasyon Dozu

1998 yılında çok kesitli bilgisayarlı tomografi (ÇKBT) cihazlarının tanıtımıyla, BT ile görüntüleme alanında çok önemli bir ilerleme sağlanmıştır. Bu sayede kısa bir sürede, tek nefes tutma süresi içerisinde birden fazla görüntü alınabildiği için kardiyak görüntüleme yapılabilir hale gelmiştir. 4 kesitli BT cihazlarının klinik uygulamadaki en önemli uygulaması, kardiyak görüntülemeyi EKG tetikleme yöntemiyle yapılmasını sağlamasıdır. 4 kesitli BT ile koroner arterlerin görüntülenebilmesi ve invaziv olmadan koroner arter hastalığının tanısının sağlanması, klinisyenlerin ilgisini çekmiş ve bu sayede sağlık dünyasında yaygın kullanılır hale gelmiştir (33, 34). 4 kesitli BT'nin düşük uzaysal ve temporal rezolüsyonu nedeniyle, koroner arterlere ait görüntülerin yetersiz kalitede olduğu ve koroner arteriyel sistemin yaklaşık %20'sinin değerlendirilemediği anlaşılmıştır(35). Özellikle kalp hızı 60'ın üstü olan tetiklerde 4 kesitli BT yetersizdir. 16 ve 64 kesitli BT'lerin tanıtımıyla koroner ÇKBT ye ait görüntü kalitesindeki sonuçlarda, olumlu yönde artış izlenmiştir (12, 36). 64 kesitli BT ile gantry dönüş hızındaki 330 msn'ye ulaşan düşüş, EKG tetikleme ile elde olunan koroner görüntülemeindeki temporal rezolüsyonda ilerleme sağlamıştır. Bu sayede ana koroner arterler, yan dalları ve hatta distal arterlerin görüntülenmesi sağlanmıştır. Uzaysal ve temporal rezolüsyondaki ilerleme, ilk jenerasyon cihazlarla karşılaştırıldığında, 64 kesitli BT'de KAH tanısının konmasında belirgin ilerleme sağlamıştır. Ayrıca 64 kesitli BT ile çekim süresinde de azalma sağlanmış, 15sn'den az bir sürede çekim yapılabilir hale gelmiştir. Bu sayede çevre dokularının kontrastlanması tamamlanmadan çekim yapılabilmiş, nefes tutma süresinde ve kullanılan kontrast madde miktarında azalma sağlanmıştır. Ayrıca; yüksek özgüllük ve duyarlılık sağlanarak, tüm koroner arteriyel sistemin daha iyi kalite ile gösterilmesi sağlanmıştır (12, 36-38).

Koroner görüntülemelemedeki daha ileri teknolojik gelişmeler çift tüplü BT sistemlerinin (ÇTBT) tanıtılması ile gerçekleştirilmiştir. ÇTBT cihazları ile temporal rezolüsyonun 83 msn'ye kadar düşmesi, yüksek kalp hızında, kalp hızına bağlı artefaktları azaltarak, koroner arteriyel sistemin yüksek kalitede görüntülenmesini sağlamıştır. Yapılan çalışmalar, ÇTBT sistemi ile elde edilen yüksek tanısal değeri ve görüntü kalitesi olan tetkiklerin, kalp hızından bağımsız elde edilebileceğini göstermektedir (39, 40).

64 kesitten sonra en son tanıtılan 256 kesit ve 320 kesitli BT cihazları ile, ÇKBT dünyasındaki gelişmeler, tüm kalp taramasını; 0,5 mm kesit kalınlığında ve tek gantry dönüşü ile elde edilmesini sağlamıştır. 320 kesitli BT ile, 16 cm uzunluğundaki bir kardiyak tarama, yüksek görüntü kalitesinde ve tüm koroner arteriyel sistemi gösterecek şekilde, tek kalp atımında (ortalama 1sn'de) yapılabilir hale gelmiştir (41, 42).

Koroner arter hastalığının tanısında, ÇKBT sistemlerindeki umut vaat eden gelişmeler dışında, maruz kalınan radyasyon dozu, ÇKBT'nin günlük kullanımdaki artan yeri nedeniyle, kaygı duyulan bir konu haline gelmiştir. Konvansiyonel koroner anjiyografi tetkikinde efektif maruz kalınan doz 3-9 mSv arasında değişim göstermekte iken, yapılan çalışmalarda ÇKBT de maruz kalınan radyasyon dozunun 20 mSv'a kadar ulaştığı gösterilmiştir (43, 44). Ayrıca segmentlere göre maruz kalınan radyasyon dozunun, 5-30 mSv arasında değişim gösterdiğini belirten çalışmalar da vardır (45). Bu yüzden ÇKBT tetkikindeki maruz kalınan radyasyon dozunun azaltılması, ÇKBT'nin koroner arter hastalığının tanısında kullanılan, güvenli bir yöntem olduğunu göstermek için gereklidir. Bu amaçla, tüp voltajının (kVp) ve akımının (mAs) ayarlanması, pitch değerinin artırılması ve uygun EKG tetikleme yönteminin kullanılması gibi farklı stratejik yöntemler vardır. Ancak radyasyon dozunda azalma sağlanmakla birlikte, görüntü kalitesinde ve tanısal başarıda kayıp olmaması gerekmektedir. Bahsi geçen doz azaltıcı stratejiler arasında en sık ve etkili kullanılan yöntem uygun EKG tetikleme tekniğinin seçilmesidir.

Kalbin, elektriksel aktivite ile kasılması, koroner arterlerin görüntülenmesini kompleks hale getirmektedir. Kalp hareketleri, tüm kalp siklusu boyunca aynı şiddette olmadığı için, koroner arterlerin görüntülenmesi için, kalbin

en az hareketli olduğu fazın -orta diastol fazı- seçilmesi gerekmektedir. Bunu elde edebilmek için, EKG tetikleme yöntemleri kullanılmakta olup, görüntüleme ile eş zamanlı olarak kalbin EKG bilgisi de kaydedilmekte ve görüntü ile senkronize edilmeye çalışılmaktadır. Daha sonra elde edilen ham görüntüler, mevcut senkronize edilmiş EKG bilgileri üzerinden istenilen bir aralık kullanılarak rekonstrükte edilmektedir. Optimum görüntü kalitesi ve kalp kasılmasına bağlı artefaktları azaltmak için en uygun aralık olarak, orta diastol fazı (ortalama kalp siklusunun ilk R dalgasından ikinci R dalgasına kadar olan sürenin %70'i) seçilmektedir. Bu şekilde elde edilen koroner BT anjiyografi tekniğine retrospektif EKG tetikleme yöntemi denilmektedir. Bu yöntemde tüm kalp siklusu boyunca görüntüler helikal olarak elde edildiği için maruz kalınan radyasyon dozu da beklendiği üzere yüksektir. Ancak tüm kalp siklusu hakkında bilgi içerdiği için, hem kalp kasılması hakkında (ejeksiyon fraksiyonu, duvar fonksiyonu) bilgi vermesi, hem de farklı rekonstrüksiyon aralıkları seçilerek, ham görüntülerden tekrar rekonstrüksiyonlar elde edilebilmesi, tanı koymada başarı artışı sağlanmaktadır. Retrospektif EKG tetiklemede maruz kalınan radyasyon dozunu azaltmak için tüp akım modülasyon yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde, EKG ile entegre olarak alınan görüntülerde, tanı değerinin düşük olacağı segmentler, özellikle kardiyak siklusun sistol fazında, tüp akımı düşürülmekte ve tanı koymada kullanılacak olan fazlarda normal tanısal değeri sağlayacak değerlerde akım verilmektedir. Bu sayede sistol fazında maruz kalınan radyasyon dozunda %30-50 arası düşüş sağlanmaktadır (46, 47).

Koroner BT anjiyografi tetkikin günlük kullanımda artışı ve tetkike bağlı radyasyon dozu nedeniyle, farklı doz düşürücü yöntemler gündeme gelmektedir. Bu amaçla, önceleri elektron ışınli BT cihazı ile kalsiyum yükü hesaplanırken kullanılan prospektif EKG tetikleme yöntemi gündeme gelmiş ve çok düşük radyasyon dozu maruziyeti, bu tekniğin literatürde sıkça kullanılan bir yöntem olmasını ve gelişmesini sağlamıştır (11, 48-52). Bu yöntemde retrospektif EKG tetiklemeden farklı olarak görüntüler helikal olarak değil, aksiyel olarak alınmaktadır. Prospektif EKG tetikleme tekniğindeki esas basamak, görüntü bilgisi toplamak için, EKG trasesindeki görüntü için en uygun fazı seçip (R-R dalgasının yaklaşık %70'i) bu aralıkta X ışını tüpünü açıp, EKG trasesindeki diğer

zaman aralıklarında, X ışını tüpünü kapatmasıdır. Bu teknik, bu özelliğinden dolayı ayrıca step and shoot olarak da bilinmektedir. Prospektif EKG tetiklemenin, retrospektif EKG tetikleme yöntemi ile karşılaştırıldığında esas avantajı, EKG trasesindeki tek fazda X ışını verildiği için, tetkik sırasındaki radyasyon dozunda belirgin düşüş sağlamasıdır. Bazı çalışmalar bu farkın %90'a kadar ulaştığının göstermektedir (11, 53). Her ne kadar literatürde prospektif EKG tetikleme yöntemi ile elde olunan görüntülerin diagnostik kalitesinin yeterli olduğu belirtilse de, kalp siklusunun tek fazında görüntü alınması, eğer o kesit için alınan görüntünün diagnostik kalitesi yeterli değil ise, tetkikin güvenilirliğini, başka bir rekonstrüksiyon yapılamadığı için, düşürmektedir (özellikle kalp hızı daha yüksek olan hastalarda). Son zamanlarda bu sorun için, "padding" diye adlandırılan, yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde, X ışını tüpünün açıldığı fazdan (R-R dalgasının %70'i) ayrı olarak, görüntü için seçilen faz öncesi ve sonrası, kullanıcı tarafından ayarlanabilir aralıkta, X ışını açılarak görüntü alınması sağlanmaktadır (örnek; orta diyastolik faz ± 50 msn). Bu sayede optimum fazdaki görüntünün diagnostik kalitesi yeterli değil ise, tüm kalp siklusu boyunca radyasyon dozuna maruz kalmaktansa, faz öncesi ve sonrası belirtilen aralıkta görüntüler alınıp, farklı rekonstrüksiyonlar ile değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Ancak özellikle kalp hızı düşük ve düzgün ritm gösteren hastalarda, padding yönteminin ek bir avantajının olmadığı (maruz kalınan radyasyon dozunda artış olması ile birlikte) son çalışmalarda gösterilmektedir. Kalp hızı düşük ve ritmik olan hastalarda halen prospektif EKG tetikleme yöntemi, yüksek negatif prediktif değeri ile [%97-100] noninvaziv bir tarama testi olarak güvenle ve sıkça kullanılmaktadır (12, 54, 55).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Kapsamı

Aralık 2011-Şubat 2012 döneminde polikliniklerden KAH ön tanısı ile koroner BT anjiyografi tetkiki için, H.Ü.T.F. Radyoloji Anabilim Dalı Non-invazif Kardiyovasküler Görüntüleme Ünitesine gönderilen 200 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Aritmisi olan, koroner arteriyel sistemden farklı bir bölgenin de tarandığı hastalar, kontrast madde kullanılmasında sakınca olan (böbrek hastalığı, gebelik, kontrast madde alerjisi) hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

3.2 Koroner BT Anjiyografi Çekim Protokolü

Tüm hastaların öncelikle, kontrast madde almasında sakıncalı bir durum olmadığı tespit edildikten sonra (normal sınırlarda böbrek fonksiyon testi, gebelik şüphesi ve kontrast madde alerjisi olmaması), antekubital fossadan 18-20 G intraket yardımıyla intravenöz damar yolu açılmıştır. H.Ü.T.F. Radyoloji Anabilim Dalı Non-invazif Kardiyovasküler Görüntüleme Ünitesinde 64 kesit çift tüplü BT (SOMATOM Definition, Siemens Tıbbi Çözümler, Forchheim, Almanya) cihazında, çekim öncesi EKG bağlanarak ritm ve kalp hızları kontrol edilmiştir. Prospektif çekim yapılacak olan hastalara kalp hızları 70 üzeri ise 5 mg IV metoprolol –beloc- (betabloker) verilmiştir. Skenogram alınmasını takiben, tüm hastalara kontrastsız rutin kalsiyum skorlama tetkiki yapılmıştır.

Otomatik enjektör (Ulrich, Almanya) yardımıyla 80cc kontrast madde (İyopromid; Ultravist 370/100; 5cc/sn hızında ardından 50cc %0,9'luk serum fizyolojik 5cc/sn) çıkan aorta seviyesinden CARE Bolus (Siemens Tıp Çözümleri, Forchheim, Almanya) tekniği kullanılarak izlenilmiştir. Çıkan aorta atenüasyonu 100 HU'ya ulaştıktan 7 sn sonra, hastaya yüzeyel inspirasyonda nefes tutma komut verilmesinin ardından, kesitler kraniokaudal yönde alınmaya başlanılmıştır. Kesitler karinanın yaklaşık 2 cm superiorundan diafragma kubbelerine kadarki alanı içermektedir. Hastalar, retrospektif ve prospektif çekim teknikleri için rastgele seçilmiş olup, her hasta için tek çekim yapılmıştır. Retrospektif çekimler için EKG ile entegre tüp akım modülasyonu kullanılmış olup, kalp siklusunun %30-80 arası X ışını dozu optimum iken, kalp siklusunun diğer aralıklarında doz

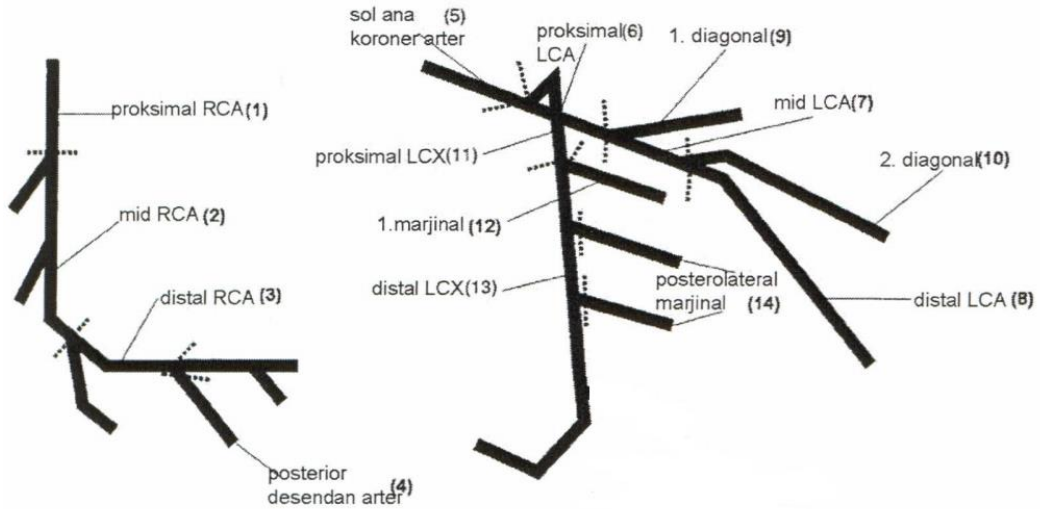
%20'ye düşürülmüştür. Çekim protokolü için, gantri rotasyon zamanı 330 msn, kesit ve detektör kalınlığı 0,6 mm, rekonstrüksiyon indeksi 0,6 mm, detektör konfigürasyonu 2x32x0,6 mm olarak ayarlanmıştır.

Vücut kitle indeksi (VKİ) 25'in altında olan hastalarda tüp voltajı 100 kVp olarak ayarlanarak çekim sağlanmıştır.

3.3 Çalışma Metodu

Elde olunan koroner BT anjiyografi tetkikleri, LEONARDO (Siemens) çalışma istasyonunda, 3-D yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Kalsiyum skorlama için elde olunan tetkikler ise uygun yazılım ve yaş gruplarına göre risk skalası kullanılarak değerlendirilmiştir.

Koroner arterler, Amerikan Kalp Birliğinin sınıflandırmasının 14 segmente göre modifiye edilmiş haritası üzerinden değerlendirilmiştir (56) (Resim 3.1.).



Resim 3.1. Koroner arter segmentleri haritası

Tetkikler 0,75 mm kalınlığında yumuşak doku filtresinde, uygun 3-D rekonstrüksiyonlar yapılarak değerlendirilmiştir. Retrospektif EKG tetikleme ile elde olunan incelemeler, tanısal değerin en yüksek olduğu (RCA, LAD, LM arterlerin net görüldüğü) kalp fazı seçilip, onun üzerinden yapılan rekonstrüksiyonlar ile değerlendirilmiştir. Tüm tetkikler, iki farklı radyolog

tarafından, koroner arterlerin görüntü kalitesi açısından değerlendirilmiştir. Görüntü kalitesini sınıflamak için 0-5 puan sistemi ile Likert ölçeği kullanılmıştır. Likert ölçeği puanları “1: kötü imaj kalitesi, damar duvarları seçilemiyor; 2: olması gerekenden düşük imaj kalitesi ve damar duvarlarının seçilebilirliği düşük; 3: orta damar duvar seçilebilirliği ve orta imaj kalitesi; 4: iyi, iyi atenüasyon değerleri ile damar duvar seçilebilirliği iyi derecede, iyi imaj kalitesi; 5: mükemmel, yüksek atenüasyon ile damar lümen değerlendirmesi mükemmel, mükemmel imaj kalitesi”, olarak belirlenmiştir. [5 en iyi, 1 en kötü, 0 ise değerlendirilemeyen (hipoplazik)].

Koroner arterlerin tanısal açıdan görüntü kalitesi dışında, koroner sistemin ve kalp boşluklarının dansiteleri (HU üzerinden), hastaların demografik bilgileri, tetkik sırasındaki ortalama kalp hızları, maksimum-minimum kalp hızı, kalsiyum skoru, VKİ, dose length product (DLP), eşlik eden komorbid hastalıkları (DM, HT vb), koroner arter anomalileri ve varyasyonlar açısından da değerlendirme ve karşılaştırma yapılmıştır.

Maruz kalınan radyasyon dozu, kardiyak görüntüleme için kullanılan sabit k değeri ile DLP üzerinden hesaplanmıştır ($Doz = DLP \times k$, $k=0,017$) (57, 58).

İstatistiksel analizler SPSS Windows Version 15.0 ve Stata Version 9.0 paket programlarında yapılmıştır. Sayısal değişkenler ortalama±standart sapma ve median [minimum – maksimum] değerler ile özetlenmiştir. Kategorik değişkenler ise sayı ve yüzde ile gösterilmiştir. Dansiteler bakımından iki gözlemci arasında uyum olup olmadığı Pearson korelasyon katsayısı ile değerlendirilmiştir. Skorlar bakımından her iki radyolog arasında, karar uyumu olup olmadığı ise ağırlıklandırılmış Kappa katsayısı ile belirlenmiştir.

Sayısal değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro Wilk testi ile incelenmiştir. Çekim teknikleri arasında sayısal değişkenler bakımından farklılık olup olmadığı parametrik test koşullarının sağlanması durumunda bağımsız gruplarda t testi ile, sağlanmaması durumunda ise Mann Whitney U testi ile araştırılmıştır.

Çekim teknikleri arasında kategorik değişkenler bakımından farklılık olup olmadığı ise ki kare testi ile incelenmiştir. Skor ile sayısal değişkenler arasındaki

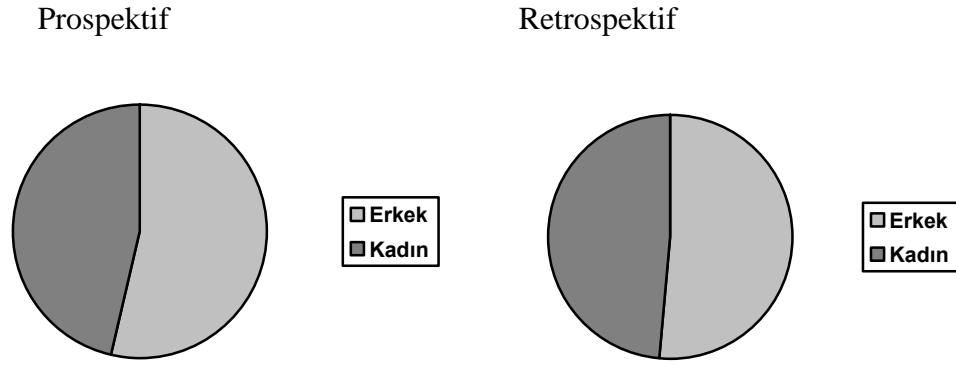
ilişkiye Spearman korelasyon katsayısı ile bakılmıştır. Kalp hızı grupları arasında skorlar bakımından farklılık olup olmadığı Kruskal Wallis testi ile araştırılmıştır.

Çekim teknikleri arasında dansite ölçümleri bakımından farklılık olup olmadığı araştırılırken; VKİ, kalsiyum ve kalp hızının etkisi kovaryans analizi ile araştırılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

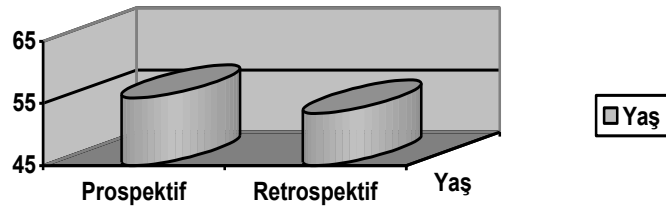
4.1 Hastaların Popülasyonu

Toplam 200 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. 200 hastanın 101'ine retrospektif EKG tetikleme yöntemi ile 99'una ise prospektif EKG tetikleme yöntemi ile çekimler yapılmıştır. 200 hastanın 105'i erkek (%52,5), 95'i (%47,5) kadındır. Gruplar arasında cinsiyet dağılımında anlamlı farklılık bulunmamıştır [prospektif Grup erkek hasta sayısı 53 (%53,5), retrospektif grup erkek hasta sayısı 52(%51,5)] .



Grafik 4.1. Grupların cinsiyete göre dağılımı

Hastaların yaş ortalaması 54,60 +/- 11,14'dür. Her iki grup arasında yaş ortalaması açısından anlamlı farklılık saptanmamıştır (Prospektif grup yaş ortalaması 55,85 +/- 10,74, Retrospektif grup yaş ortalaması 53,38 +/- 11,58).



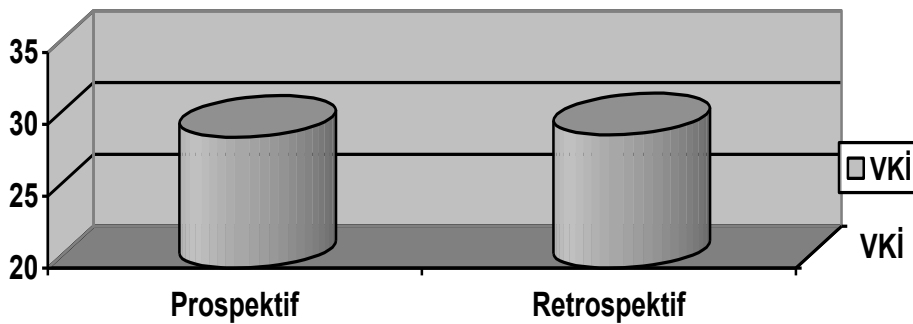
Grafik 4.2. Grupların yaşa göre dağılımı

Her iki grupta, KAH için risk faktörlerinin dağılımında, istatistiksel olarak anlamlı farklılık izlenmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 4.1. Grupların demografik özelliklerine ve KAH için risk faktörlerine göre dağılımı

	Prospektif Tetikleme (:99)	Retrospektif Tetikleme (:101)	P değeri
Erkek	53(53.5%)	52(51.5%)	0.7715
Yaş	55.85±10.74	53.38±11.58	0.1193
Vücut Kitle İndeksi (kg/m ²)	29.08±5.57	29.25±4.53	0.8121
Sigara	25(25.3%)	21(20.8%)	0.5609
Yüksek Tansiyon	43(43.4%)	55(54.5%)	0.119
Diyabet	16(16.2%)	21(20.8%)	0.5085
Aile Öyküsü	54(54.5%)	56(55.4%)	0.8982
Yüksek Kolesterol	38(38.4%)	44(43.6%)	0.4564
Ortalama Kalp Hızı	63.24±7.33	77.45±10.51	0.0001
Efektif radyasyon dozu (mSv)	3.128±1.01	11.538±4.62	0.0001
Ortalama atenüasyon değeri	363.48±106.57	333.71±97.81	<0.05

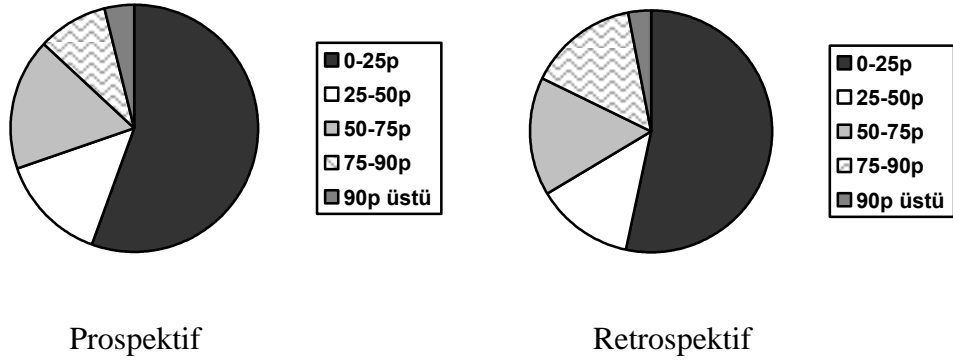
Her iki gruptaki hastaların ortalama VKİ'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (Prospektif grup: 29,08 +/- 5,57; Retrospektif grup: 29,25 +/-4,53).



Grafik 4.3. Grupların VKİ'ya göre dağılımı

4.2. Grupların Koroner Kalsiyum Skoruna Göre Dağılımı

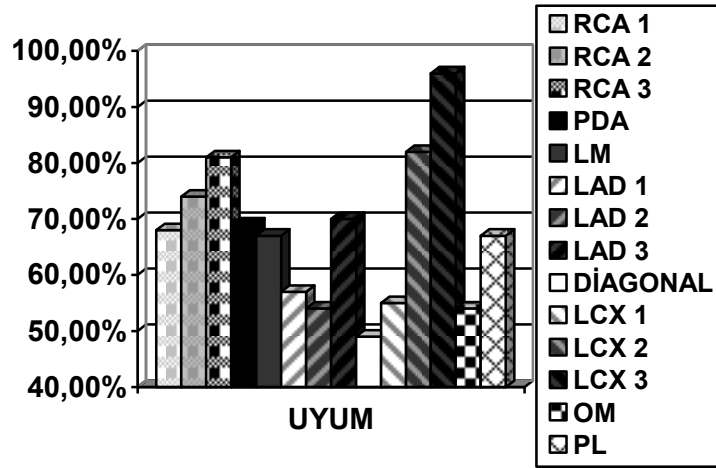
Prospektif gruptaki kalsiyum skor persentil değerleri (0-25p: %55,60; 25-50p: %14,10; 50-75p: %17,20; 75-90p: %9,10; 90p üstü:%4) ile, retrospektif gruptaki kalsiyum skor değerleri arasında (0-25p: %53,50; 25-50p: %12,90; 50-75p:%15,80; 75-90p:%14,90; 90p üstü: %3) istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).



Grafik 4.4. Grupların koroner kalsiyum skoruna göre dağılımı

4.3. Koroner Arter Segmentlerine Göre, İki Radyolog Arasındaki Karar Uyumu

Birbirinden bağımsız olan iki radyolog arasındaki uyum, segmentler arası değişim göstermekle birlikte (%48-95), ortalama %70 olarak tespit edilmiştir. Bazı segmentlerdeki uyumun düşük olmasının nedeni olarak, bu segmentlerin ince kalibrede ve genel olarak hareketli segmentler olmaları, düşünülmüştür.

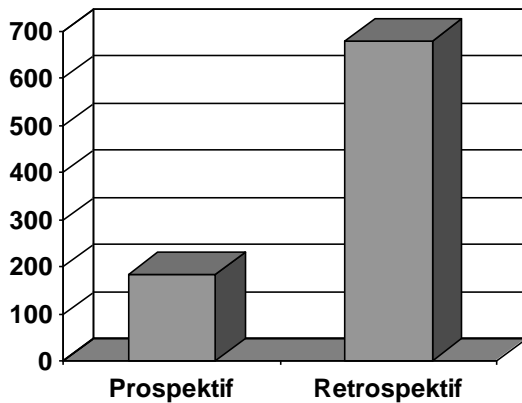


Grafik 4.5. İki radyolog arasındaki karar uyumunun, koroner arter segmentlerine göre dağılımı

Ağırlıklandırılmış Kappa katsayısı sonucuna göre bağımsız iki araştırmacı arasındaki karar uyumu, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlanmıştır ($p < 0,01$).

4.4. İki Çekim Tekniği Arasındaki Maruz Kalınan Radyasyon Dozu Farkı

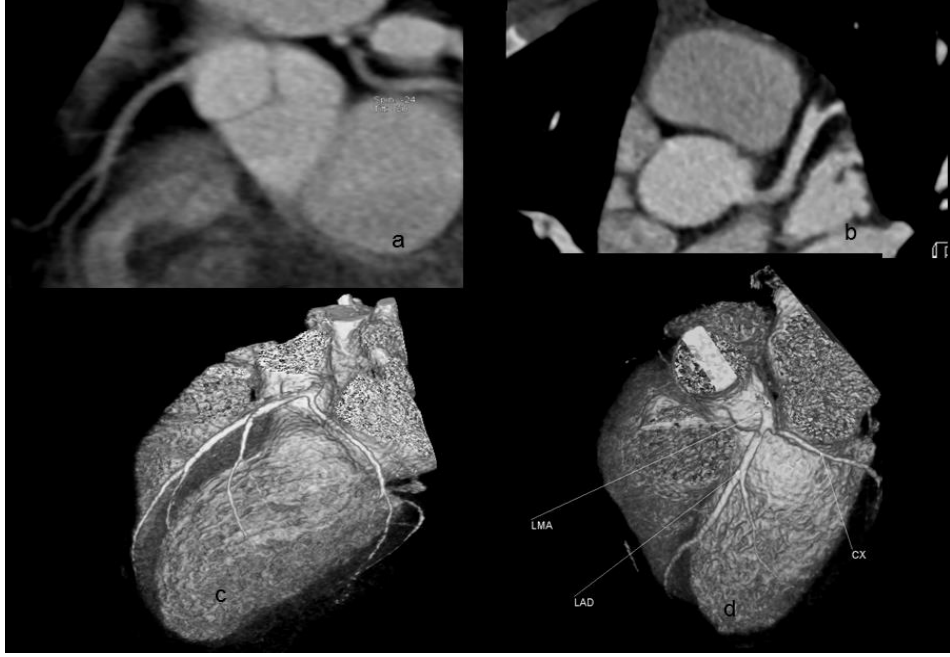
İki çekim tekniğinde, maruz kalınan ortalama radyasyon dozu değerleri açısından istatistiksel olarak kuvvetli fark olduğu sonucuna varılmıştır (Prospektif grup DLP: 184,5mGy-cm karşılığı 3,127msv; Retrospektif grup DLP: 678,73mGy-cm karşılığı 11,526msv). VKİ 25'in altında olan tek hastamızda koroner BT anjiyografi tetkiki 0,714 mSv radyasyon dozu ile elde edilmiştir (Resim 5.1.).



Prospektif; minimum: 0,867 msv,
ortalama: 3,127 msv

Retrospektif; minimum: 2,618 msv,
ortalama: 11,526 msv

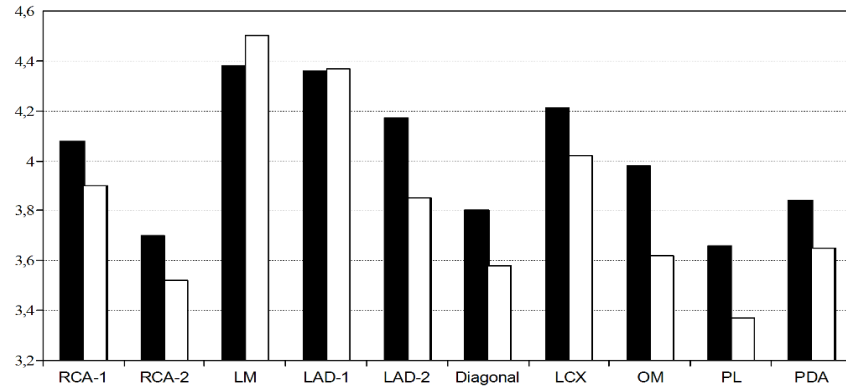
Grafik 4.6. İki çekim tekniği arasındaki maruz kalınan radyasyon dozu farkı



Resim 4.1. 0,714 mSv efektif radyasyon dozu (100kVp) ile elde edilmiş koroner BT anjiyografi tetkiki, MIP (a), aksiyel (b) ve VR (c,d) görüntülerde optimum kalitede görüntüler elde edildiği görülmektedir.

4.5. Koroner Arter Segmentlerinin Skor Açısından Dağılımı

İki çekim tekniği arasında radyasyon dozu açısından anlamlı fark olmasına rağmen, elde edilen görüntü kalitelerinin skorları bakımından, bazı segmentlerde (RCA-2, PDA, LM, LAD-1 ve diagonal arter) anlamlı farklılık yok iken ($p>0,05$), bazı segmentlerde prospektif çekim tekniğinin daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır ($p<0,05$).

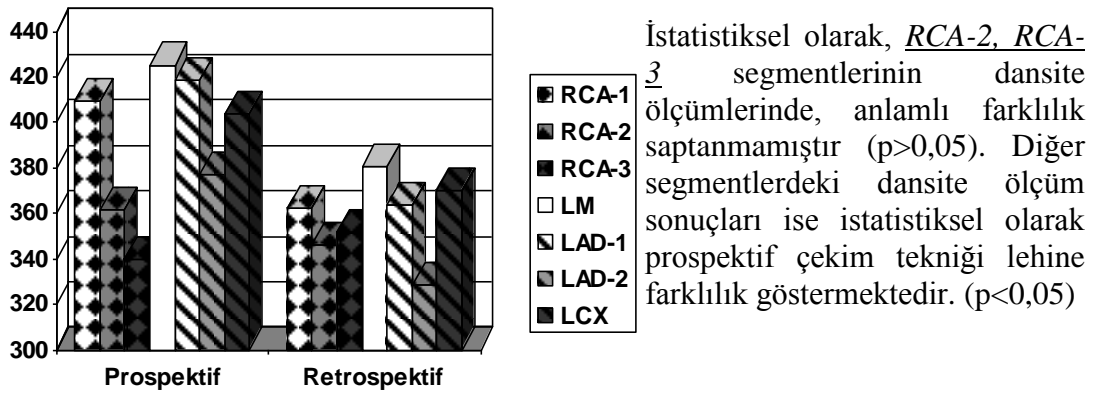


Grafik 4.7. Koroner arter segmentlerine göre görüntü kalite skoru dağılımı

■: Prospektif , □: Retrospektif

4.6. Koroner Arter Segmentlerinin Atenüasyon Açısından Dağılımı

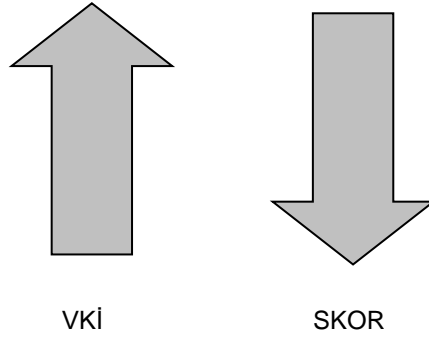
İki teknik arasında, intraluminal atenüasyon değerleri bakımından karşılaştırma yapıldığında genel olarak prospektif grup lehine anlamlı fark saptanmıştır (prospektif grup: ortalama atenüasyon: 363.48 ± 106.57 ; retrospektif grup: 333.71 ± 97.81). Atenüasyon değerleri hounsfield unit olarak hesaplanmış olup, prospektif çekimde elde edilen yüksek atenüasyon değerlerinin düşük kalp hızında rölatif olarak diyastol süresindeki uzamaya ikincil olduğu düşünülmüştür.



Grafik 4.8. Koroner arter segmentlerinin dansite (atenüasyon) açısından dağılımı

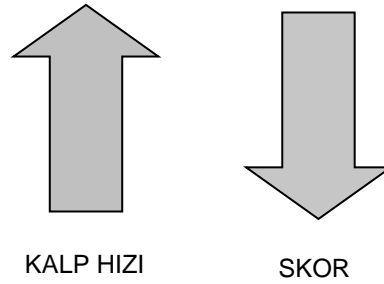
4.7. Vücut Kitle İndeksi İle Skor Arasındaki İlişki

Her iki çekim tekniğinde de, VKİ arttıkça elde olunan görüntülerin kalite skorlarında ters orantılı olarak düşüş izlenmiştir. Ancak bu ters orantı prospektif tetiklemede istatistiksel olarak anlamlı değilken ($p > 0,05$) (~%15'lik düşüş) retrospektif tetiklemede ise, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlanmıştır ($p < 0,05$) (~%27'lik düşüş).



Grafik 4.9. Vücut kitle indeksi ile skor arasındaki ilişki

Yaş ve kalsiyum skorları(persentil)'nin skor üzerine etkisi, her iki grup için de, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlanmamıştır ($p>0,05$)



Grafik 4.10. Kalp hızı ile skor arasındaki ilişki

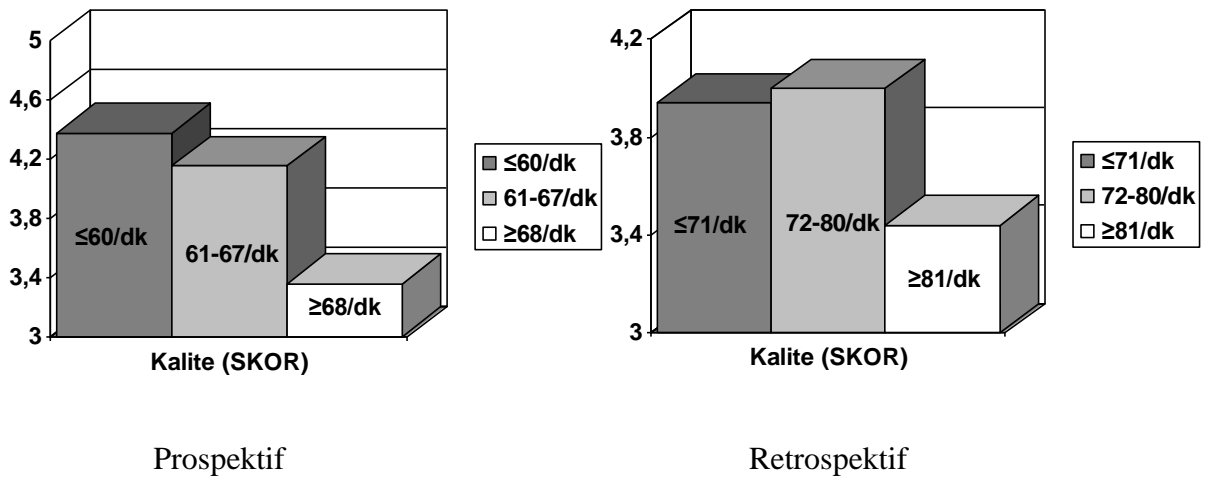
4.8. Kalp Hızı İle Skor Arasındaki İlişki Ve Kaliteli Görüntü İçin Çekim Tekniklerine Göre Eşik Kalp Hızları

Kalp hızı arttıkça, her iki teknikte de elde olunan görüntü kalitesinin (skor) düşüş gösterdiği izlenmiştir. Elde olunan sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

Kalp hızındaki artışın skor üzerine negatif etkisi, her iki çekim tekniği için farklı kalp hızı gruplarında anlamlı olarak sonuçlanmıştır. Prospektif çekim tekniği için kalp hızı grupları 60/dk ve altı, 61-67/dk, 68/dk ve üstü olarak gruplandırıldığında; 67/dk ve altı kalp hızlarında prospektif çekim tekniği için kalp hızlarındaki artışın görüntü kalitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı sonuçlanmamıştır ($p>0,05$). Ancak 68/dk ve üstü kalp hızlarında, kalp hızındaki

artışın görüntü kalitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı sonuçlanmıştır ($p<0,01$).

Benzer şekilde kalp hızlarını retrospektif çekim tekniği için gruplandığımızda (71/dk ve altı, 72-80/dk, 81/dk ve üstü), 80/dk ve altı kalp hızlarında, retrospektif çekim tekniğinde kalp hızındaki artışın skor üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı değilken ($p<0,05$), 81/dk ve üstü kalp hızlarında, kalp hızı artışının skor üzerine negatif etkisi istatistiksel olarak anlamlı sonuçlanmıştır ($p>0,05$).



Grafik 4.11. Görüntü kalite skoru ile gruplara göre elde edilmiş kalp hızı eşik değerleri arasındaki ilişki

5. TARTIŞMA

Kardiyak BT anjiyografi tetkikin ilk olarak uygulanabilirliği, 1990 lı yılların sonlarında 4- kesitli BT cihazları kullanılarak gösterilmeye başlanmıştır (43, 59). Çekim tekniği olarak EKG tetikleme ile birlikte retrospektif yöntem kullanılmış olup tüm kardiyak siklus görüntüleri elde edilmiştir. 4 kesitli BT cihazlarının tanısal başarısı ile ilgili yapılan bir çalışmada, konvansiyonel anjiyografi tetkiki ile karşılaştırıldığında %78 duyarlılık ve özellikle yüksek derecede özgülük oranı (%93) ile dikkati çekmiştir (35). Yine 4 kesitli BT ile ilgili çalışmalarda, koroner arter segmentlerinin yaklaşık %30'unun değerlendirilemediği ancak değerlendirilen segmentlerde %60 pozitif prediktif değer ile birlikte %98 negatif prediktif değer saptandığı gösterilmiştir (60, 61). Farklı bir çalışmada da 4 kesitli BT ile koroner arter segmentlerinin yaklaşık %20'sinin değerlendirilemediği gösterilmiştir(35). 4 kesitli BT ile elde edilen görüntü kalitesinin tanısal olarak değerlendirmede istenilen düzeyde olmaması ve çoğu zaman yaklaşık %20-30'a ulaşan değerlendirilemeyen segment varlığı her ne kadar büyük dezavantajlar olsa da çalışmalarda gösterilen yüksek negatif prediktif değerler kardiyak BT için umut verici olarak kabul edilmiştir.

16 kesitli BT cihazlarının tanıtımı ve 400 msn'in altına düşen gantri dönüş zamanı ile birlikte, koroner BT anjiyografi tetkiklerinin görüntü kalitesinde önemli ölçüde artış elde edilmiş olup yapılan çalışmalarda %85-98 duyarlılık ve %96-98 özgülüğe ulaşan sonuçlar olduğu gösterilmiştir (62, 63). 64 kesitli BT'lerin üretimleriyle birlikte daha kısa sürede tamamlanan ve daha yüksek uzaysal ve temporal çözünürlüğe sahip tetkikler mümkün olmuştur. 64 kesitli BT ile elde edilen volümetrik bilgiler sayesinde yan dallar ve daha önceleri değerlendirilemeyen kısa segmentler de görüntülenebilinmiştir. Özellikle 64 kesitli BT cihazı ile yapılan çalışmalar sonucu, KAH tanısında, koroner BT anjiyografi tetkikinın konvansiyonel anjiyografi tetkikine güvenilir bir alternatif olacağı sonucuna, yüksek duyarlılık ve özgülük değerlerinin gösterilmesiyle, ulaşılmıştır (13, 15, 64).

2006 yılında, ilk çift tüplü BT cihazı tanıtılmıştır (65). Bir gantry içerisindeki çift X ışını tüpü sayesinde rotasyon zamanı ve temporal çözünürlükte belirgin derecede artış sağlanmıştır. 83 msn'ye kadar temporal çözünürlük sağlanmış olup, bu sayede kardiyak BT için en önemli engelleyici faktör olan kalp hızına bağlı artefaktların önüne geçilmeye başlanmıştır. ÇTBT cihazları ile yapılan çalışmalarda, kalp hızından bağımsız olarak, KAH değerlendirilmesinde yüksek tanısal doğruluk elde edilebileceği savunulmuştur (66, 67). Leber ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada, ÇTBT ile elde edilen tetkiklerin, tanısal doğruluğunun ve görüntü kalitesinin kalp hızından bağımsız olduğunu savunmuşlardır (67).

Prospektif EKG tetikleme tekniğinin en önemli limitasyonu, elde olunan imajların sadece kalp siklusunun kısıtlı bir parçasına ait bilgi içermesidir. Bunun sonucu olarak, kalp kapaklarının ve kalp kasının fonksiyonel değerlendirilmesi, hareket bozukluklarının değerlendirilmesi, retrospektif EKG tetikleme tekniğinin aksine, yapılamamaktadır. Prospektif EKG tetiklemenin diğer bir devavantajı ise basamaklanma artefaktlarıdır. Prospektif çekimde tek bir faz aralığında görüntü elde edileceği için, kalp kasılmasına bağlı oluşan basamaklanma artefaktlarını azaltılması açısından, görüntü elde edilecek kardiyak siklusun iyi belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla koroner arterlerin kardiyak siklus boyunca ne kadar hareket ettiklerini gösteren araştırmalar vardır (68, 69). Çalışmalarda en çok RCA en az LAD'nin hareket ettiği gösterilmiş olup, kalp hızına bağlı artefaktlardan en az LAD'nin etkileneceği savunulmuştur. Ortalama hareket sayıları baz alınarak yapılan değerlendirmede, koroner arterlerin kalp siklusunun %30-50 (sistol sonu-erken diyastol) ve %70-80 (orta diyastol) aralıklarında en az hareketi gösterdikleri saptanmıştır (68, 69). Bu bilgiler ışığında, kısıtlı rekonstrüksiyon aralığı nedeniyle, basamaklanma artefaktları prospektif EKG tetikleme yöntemi ile elde edilmiş koroner BT anjiyografi tetikinin değerlendirilmesinde, çok önemlidir. Bu durumun önüne geçebilmek için bazı BT üreticileri, çekim tekniğine "padding" adı verilen bir parametre eklemiştir. Padding yöntemi, seçilen R-R dalgası fazının öncesinde ve sonrasında, kullanıcının istediği süre aralığı doğrultusunda bilgi elde edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede koroner arterlerin daha az hareket ettikleri rekonstrüksiyon fazlarına da ait bilgiler elde edilecektir. Ancak,

LaBounty ve ark. yaptıkları bir araştırmada, kalp hızları iyi derecede kontrol altında olan hastalarda 100 msn padding kullanmanın (maruz kalınan radyasyon dozunda %40-50 artışı beraberinde getirmektedir) elde edilen görüntü kalitesinde anlamlı bir etkisi olmadığını, göstermişlerdir (70). Bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlar gösteriyor ki; 1. jenerasyon çift tüplü BT cihazında 67 ve altı kalp hızlarında, padding yöntemi kullanılmadan yüksek kalitede ve artifaktsız imajlar elde edilebilmektedir.

Yapmış olduğumuz çalışmamızda, prospektif ve retrospektif EKG tetikleme yöntemleriyle koroner BT anjiyografi tetkikleri elde edilmiş olan iki grup hasta karşılaştırılmıştır. Kalp hızından bağımsız olan retrospektif grupta en iyi görüntüyü sağlayan rekonstrüksiyon aralığı kullanılarak seçilen görüntüler, 70 ve altı kalp hızlarında elde edilen prospektif çekim tekniği ile karşılaştırılmıştır. Prospektif grupta %72 radyasyon dozunda azalma ile birlikte benzer hatta daha iyi görüntü kalitesinde ve yüksek atenüasyon değerlerinde imajlar elde edilebildiği sonucuna ulaşılmıştır. İmaj kalitesi ve atenüasyon değerlerinin yüksek olması, düşük kalp hızlarında uzamış olan diastolik faza ikincil olduğu düşünülmüştür. Diastol fazındaki uzama sayesinde koroner arterler kontrast madde ile daha fazla doluş göstermektedir. Benzer sonuçların, literatürde farklı araştırmalarda da elde edildiği, bildirilmektedir (51, 71, 72).

Çalışmamızda prospektif gruptaki ortalama maruz kalınan radyasyon dozu 3.127 mSv olarak tespit edilmiştir. Bu bilgi ışığı altında, koroner BT anjiyografi tetkiki diğer görüntüleme modaliteleri ile karşılaştırıldığında, koroner BT anjiyografi tetkikinde önemli ölçüde radyasyon dozunda azalma elde edildiği söylenebilir. Koroner arterlerin değerlendirilmesi için kullanılan diğer modalitelerde maruz kalınan radyasyon dozları; konvansiyonel koroner anjiyografide 2-5.6 mSv, egzersiz miyokard pozitron emisyon tomografisinde (99m Tc) 8-17.5 mSv, thaliyum(201Tl) stres miyokard perfüzyon incelemede 18-25.1 mSv ve 201 Tl-99m Tc kullanılarak elde edilen dual izotop perfüzyon çalışmasında ise maruz kalınan efektif doz 27.3 mSv olduğu literatürde belirtilmektedir (71, 73-76). VKİ 25'in altında olan hastalarda düşük kVp ile radyasyon dozunda daha fazla azalma sağlanarak koroner BT anjiyografi tetkiki yapılabilmektedir. Özellikle pediatrik hastalarda koroner arterlerde anevrizma

varlığının değerlendirilmesinde, bu yöntem kullanılmaktadır. Çalışmamızda sadece bir hastada VKİ 25'in altında olup, bu hastada koroner BT anjiyografi tetkiki, 0,714 mSv efektif doz ile elde edilebilmiştir. Literatürde de standart tüp voltajının 120 kVp'den 100 kVp'ye düşürülmesi ile radyasyon dozunda fazladan %40'a yakın düşüş sağlandığı araştırmalarda bildirilmiştir (45, 77). Düşük voltajdaki çekimin sağladığı diğer avantaj ise lümen içi kontrast maddenin dansitesinde artış elde edilmesidir. Bu sayede gerekli olan kontrast madde miktarında da düşüş sağlanabilmektedir (78). Düşük kVp ile elde edilen tetkiklerin dezavantajı olarak, görüntüdeki gürültü artışından bahsedilebilir. Ancak, çalışmalarda tanısal açıdan fark olmadığı gösterilmiştir (77, 79). Ayrıca, LaBounty ve ark. yakın zamanda yapmış oldukları bir çalışmada VKİ'nin 25 altında olan hastalarda, 100 kVp ile 80 kVp tüp voltajlarında elde edilmiş tetkikler arasında yorumlanabilirlik ve kalite bakımında fark olmadığını belirtmişlerdir (80).

Hirai ve ark. 64 kesitli BT cihazı ile yaptıkları bir çalışmada, 74 ve altı kalp hızlarında koroner arter darlıklarının tanısında, prospektif ve retrospektif tekniklerinin benzer tanısal performansa sahip olduklarını ve prospektif çekim ile %79 radyasyon dozunda azalma sağladıklarını bildirmişlerdir (48). Hong ve ark. 64 kesitli BT kullanarak, prospektif tetikleme yöntemi ile elde ettikleri koroner BT anjiyografi tetkiklerinin tanısal başarısını, konvansiyon anjiyografi ile karşılaştırdıkları bir çalışmada, duyarlılığın %95 negatif prediktif değerini ise %98 olarak saptadıklarını ve ortalama maruz kalınan radyasyon dozunun yaklaşık 3.5 mSv olduğunu, belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada prospektif çekim için 65/dk ve altı kalp hızlarını seçmişlerdir (81). Shuman ve ark. ise benzer bir çalışmada prospektif çekim ile %77 doz azalması sağladıklarını ancak prospektif çekimin 75/dk üstü kalp hızlarında kullanılmamasını gerektiğini bildirmişleridir (51). Yine benzer bir çalışmada 64 kesitli BT ile, 65/dk ve altı kalp hızlarında prospektif çekim tekniği ile tanısal kayıp olmadan %79 radyasyon dozunda azalma sağlandığı bildirilmiştir (82). Başka bir çalışmada Lu ve ark. 1. Jenerasyon çift tüplü BT cihazı kullanarak, ortalama 67,7 kalp hızında (premedikasyon olmadan), padding tekniği ile tarama açısını 260°'den 460°'a uzattıklarında, görüntü kalitesi ve tanısal doğruluk açısından her iki teknikte anlamlı farklılık bulamadıklarını,

bildirmişlerdir (83). Bununla birlikte prospektif grupta %70 radyasyon dozunda azalma sağladıklarının göstermişlerdir. Bizim sonuçlarımız da, bahsi geçen yazarların sonuçları ile uyuşmaktadır. Ayrıca, bizim sonuçlarımız, her iki çekim tekniği ile yüksek kalitede görüntüler elde edebilmek için, kalp hızları açısından eşik değerler olduğunu göstermiştir.

Çalışmamızda ayrıca koroner arter lümenlerinin atenüasyon değerleri de değerlendirilmiş olup prospektif yöntem ile elde edilen tetkiklerde atenüasyon değerlerinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır ($p<0,05$). Literatürde, atenüasyon değerlerindeki artışın, özellikle koroner kalsifikasyonların eşlik ettiği arteryel sistemlerde, tanısal değere pozitif etkileyeceği bildirilmiştir (84, 85). Ancak, Husmann ve ark. yaptıkları bir çalışmada 64 kesitli BT cihazı ile elde edilen görüntülerde, koroner arter atenüasyonlarının, stenoz ölçüm ve değerlendirilmesi üzerine anlamlı bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Bahsi geçen çalışmada, koroner arterlerin stenoz dereceleri ve plakların ölçümleri konvansiyonel anjiyografi ile karşılaştırılmıştır (86). Başka bir çalışmada, kontrast madde olarak iopromide 370 ve iomeprol 400 karşılaştırıldığında, koroner arter atenüasyon değerlerinin iopromide 370 ile önemli ölçüde yüksek elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Aynı çalışmada bunun nedeni olarak, kullanılan kontrast madde viskozitesinin kan viskozitene yakın olması gerekliliği savunulmuştur (87).

Çalışmamızın iki ana kısıtlılığı vardır. Birincisi, koroner BT anjiyografi tetkiklerinin diagnostik başarısı konvansiyonel anjiyografi tetkiki ile karşılaştırılmamıştır. Bunun nedeni, çoğu hastamıza invaziv koroner anjiyografi işleminin yapılmamasıdır. İkinci olarak, imaj kalitesinin değerlendirmesinde, kısmen öznel bir ölçek olan “Likert” ölçeğinin kullanılmasıdır. Ancak elde ettiğimiz iyi κ değeri, bu öznelliğin önüne geçmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Literatürde de belirtildiği üzere, 1. jenerasyon çift tüplü BT cihazları ile koroner BT anjiyografi tetkikinin, kalp hızından bağımsız olarak, iyi kalitede elde edilebileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda, her iki çekim tekniği için de iyi kalitede görüntü elde edebilmek için kalp hızları açısından eşik değerlerin olduğu gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar; kalp hızı retrospektif çekim tekniği için 81 ve üzerine, prospektif çekim tekniği için 68 ve üzerine çıktığı zaman, görüntü kalitesi ve atenüasyon değerleri üzerine istatistiksel olarak olumsuz etki olduğunu, göstermektedir. Prospektif çekim tekniği öncesinde, yüksek kalitede görüntü elde edebilmek için, premedikasyon ile kalp hızını düşürmek iyi bilinen bir yöntemdir. Bununla birlikte, çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda, retrospektif çekim öncesinde de, kalp hızını eşik değerin altına düşürmenin görüntü kalitesi ve atenüasyon değerleri üzerine istatistiksel olarak olumlu etkisi olduğu gösterilmiştir.

Sonuç olarak, koroner görüntüleme öncesi kalp hızlarının eşik değerlere düşürülmesini, gerek görüntü kalitesi üzerine olumlu etkisi gerekse hastanın maruz kaldığı radyasyon dozundaki önemli düşüş nedeniyle, önermekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, Carnethon M, Dai S, De Simone G, ve ark. Executive summary: heart disease and stroke statistics--2010 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121(7):948-54.
2. Hennekens CH. Increasing burden of cardiovascular disease: current knowledge and future directions for research on risk factors. *Circulation*. 1998;97(11):1095-102.
3. Libby P. Inflammation in atherosclerosis. *Nature*. 2002;420(6917):868-74.
4. Resnick HE, Howard BV. Diabetes and cardiovascular disease. *Annual review of medicine*. 2002;53:245-67.
5. Onat A, Karabulut A, Esen AM, Uyarel H, Özhan H, Albayrak S. TEKHARF Çalışması 2005 taramasına ilişkin mortalite ve koroner olay analizi. *Türk Kardiyol Dern Arfl*. 2006;34:149-53.
6. Centers for Disease C, Prevention. Decline in deaths from heart disease and stroke--United States, 1900-1999. *MMWR Morbidity and mortality weekly report*. 1999;48(30):649-56.
7. Pocock SJ, Shaper AG, Phillips AN. Concentrations of high density lipoprotein cholesterol, triglycerides, and total cholesterol in ischaemic heart disease. *Bmj*. 1989;298(6679):998-1002.
8. Jellinger PS, Smith DA, Mehta AE, Ganda O, Handelsman Y, Rodbard HW, ve ark. American Association of Clinical Endocrinologists' Guidelines for Management of Dyslipidemia and Prevention of Atherosclerosis. *Endocrine practice : official journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists*. 2012;18 Suppl 1:1-78.
9. Dostbil Z, Çil H, Atılgan ZA, Tekbaş E, Kaya B, Kaya S. Miyokard perfüzyon sintigrafisi, eforlu EKG ve koroner anjiyografi sonuçlarının karşılaştırılması. *Dicle Medical Journal/Dicle Tip Dergisi*. 2010;37(2).
10. Di Mario C, Gorge G, Peters R, Kearney P, Pinto F, Hausmann D, ve ark. Clinical application and image interpretation in intracoronary ultrasound. Study Group on Intracoronary Imaging of the Working Group of Coronary Circulation and of the Subgroup on Intravascular Ultrasound of the Working Group of Echocardiography of the European Society of Cardiology. *European heart journal*. 1998;19(2):207-29.
11. Pontone G, Andreini D, Bartorelli AL, Cortinovis S, Mushtaq S, Bertella E, ve ark. Diagnostic accuracy of coronary computed tomography angiography: a comparison between prospective and retrospective electrocardiogram

- triggering. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;54(4):346-55.
12. Pugliese F, Mollet NR, Runza G, van Mieghem C, Meijboom WB, Malagutti P, ve ark. Diagnostic accuracy of non-invasive 64-slice CT coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *European radiology*. 2006;16(3):575-82.
 13. Vanhoenacker PK, Heijenbrok-Kal MH, Van Heste R, Decramer I, Van Hoe LR, Wijns W, ve ark. Diagnostic performance of multidetector CT angiography for assessment of coronary artery disease: meta-analysis. *Radiology*. 2007;244(2):419-28.
 14. Lehmkuhl L, Herz F, Foldyna B, Nagel HD, Grothoff M, Nitzsche S, ve ark. Diagnostic performance of prospectively ECG triggered versus retrospectively ECG gated 64-slice computed tomography coronary angiography in a heterogeneous patient population. *European journal of radiology*. 2011;80(2):342-8.
 15. Sun Z, Lin C, Davidson R, Dong C, Liao Y. Diagnostic value of 64-slice CT angiography in coronary artery disease: a systematic review. *European journal of radiology*. 2008;67(1):78-84.
 16. Braunwald F, Kasper, Hauser, Longo,, Jameson. *Harrison's principles of internal medicine*. McGraw-Hill Professional Publishing; 15th edition 2001
 17. Thompson GR, Carlson LA. *A handbook of hyperlipidaemia: Current Science*; 1989.
 18. İliçin G, Biberöğlü K, Süleymanlar G, Ünal S. *Temel iç hastalıkları*. Güneş Kitabevi, Ankara. 2003:2279-330.
 19. Sadler TW. *Langman's medical embryology: Palme yayıncılık*, 6.basım, Kardiovasküler Sistem, Bölüm12, sayfa:171-197.
 20. Edwards W. *Anatomy of the cardiovascular system. Clinical Medicine*. 1984;6:1-24.
 21. Paç M, Akçevin A, Aykut Aka A, Buket S, Sarıoğlu T, Solak H, ve ark. *Damar Cerrahisi Kalbin Cerrahi Anatomisi Chapter 1*. Sayfa.
 22. Kayan M, Yavuz T, Munduz M, Türker Y, Yeşildağ A, Etli M, ve ark. Evaluation of coronary artery anomalies using 128-Slice computed tomography. *Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi*. 2012;20(3):480-7.
 23. Pannu HK, Flohr TG, Corl FM, Fishman EK. Current concepts in multi-detector row CT evaluation of the coronary arteries: principles, techniques, and anatomy. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*. 2003;23 Spec No:S111-25.

24. van Buuren F, Horstkotte D. [21st report about the statistics of the heart catheterization laboratory in the German Federal Republic. Results of the joint inquiry of the Commission for Clinical Cardiology and of the Working Groups for Interventional Cardiology and Angiology of the German Society for Cardiology and Circulatory Research in the year 2004]. *Clinical research in cardiology : official journal of the German Cardiac Society*. 2006;95(7):383-7.
25. Giroud D, Li JM, Urban P, Meier B, Rutishauer W. Relation of the site of acute myocardial infarction to the most severe coronary arterial stenosis at prior angiography. *The American journal of cardiology*. 1992;69(8):729-32.
26. Virmani R, Kolodgie FD, Burke AP, Farb A, Schwartz SM. Lessons from sudden coronary death: a comprehensive morphological classification scheme for atherosclerotic lesions. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 2000;20(5):1262-75.
27. Juergens KU, Grude M, Fallenberg EM, Opitz C, Wichter T, Heindel W, ve ark. Using ECG-gated multidetector CT to evaluate global left ventricular myocardial function in patients with coronary artery disease. *AJR American journal of roentgenology*. 2002;179(6):1545-50.
28. Mochizuki T, Hosoi S, Higashino H, Koyama Y, Mima T, Murase K. Assessment of coronary artery and cardiac function using multidetector CT. *Seminars in ultrasound, CT, and MR*. 2004;25(2):99-112.
29. Nair A, Kuban BD, Tuzcu EM, Schoenhagen P, Nissen SE, Vince DG. Coronary plaque classification with intravascular ultrasound radiofrequency data analysis. *Circulation*. 2002;106(17):2200-6.
30. Weinsaft JW, Klem I, Judd RM. MRI for the assessment of myocardial viability. *Magnetic resonance imaging clinics of North America*. 2007;15(4):505-25.
31. TURGUT B, ERSELCAN T. Koroner Arter Hastalığında Miyokard Perfüzyon SPECT Görüntülemenin Önemi Ve Nükleer Kardiyolojik Uygulamalar. *C. Ü. Tıp Fakültesi Dergisi* 2002;24(4): 215 –224.
32. Schroter G, Schneider-Eicke J, Schwaiger M. Assessment of tissue viability with fluorine-18-fluoro-2-deoxyglucose (FDG) and carbon-11-acetate PET imaging. *Herz*. 1994;19(1):42-50.
33. Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A, Baumbach A, Georg C, Kuzo R, ve ark. Non-invasive coronary angiography with high resolution multidetector-row computed tomography. Results in 102 patients. *European heart journal*. 2002;23(21):1714-25.
34. Nieman K, Rensing BJ, van Geuns RJ, Munne A, Ligthart JM, Pattynama PM, ve ark. Usefulness of multislice computed tomography for detecting

- obstructive coronary artery disease. *The American journal of cardiology*. 2002;89(8):913-8.
35. Sun Z, Jiang W. Diagnostic value of multislice computed tomography angiography in coronary artery disease: a meta-analysis. *European journal of radiology*. 2006;60(2):279-86.
 36. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, Goldstein JA. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005;46(3):552-7.
 37. Mollet NR, Cademartiri F, Krestin GP, McFadden EP, Arampatzis CA, Serruys PW, ve ark. Improved diagnostic accuracy with 16-row multi-slice computed tomography coronary angiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005;45(1):128-32.
 38. Ong TK, Chin SP, Liew CK, Chan WL, Seyfarth MT, Liew HB, ve ark. Accuracy of 64-row multidetector computed tomography in detecting coronary artery disease in 134 symptomatic patients: influence of calcification. *American heart journal*. 2006;151(6):1323 e1-6.
 39. Achenbach S, Ropers D, Kuettner A, Flohr T, Ohnesorge B, Bruder H, ve ark. Contrast-enhanced coronary artery visualization by dual-source computed tomography--initial experience. *European journal of radiology*. 2006;57(3):331-5.
 40. Johnson TR, Nikolaou K, Wintersperger BJ, Leber AW, von Ziegler F, Rist C, ve ark. Dual-source CT cardiac imaging: initial experience. *European radiology*. 2006;16(7):1409-15.
 41. Dewey M, Zimmermann E, Deissenrieder F, Laule M, Dubel HP, Schlattmann P, ve ark. Noninvasive coronary angiography by 320-row computed tomography with lower radiation exposure and maintained diagnostic accuracy: comparison of results with cardiac catheterization in a head-to-head pilot investigation. *Circulation*. 2009;120(10):867-75.
 42. Rybicki FJ, Otero HJ, Steigner ML, Vorobiof G, Nallamshetty L, Mitsouras D, ve ark. Initial evaluation of coronary images from 320-detector row computed tomography. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2008;24(5):535-46.
 43. Sun Z. Multislice CT angiography in cardiac imaging: prospective ECG-gating or retrospective ECG-gating? *Biomedical imaging and intervention journal*. 2010r;6(1):e4.
 44. Sun Z, Ng KH. Multislice CT angiography in cardiac imaging. Part III: radiation risk and dose reduction. *Singapore medical journal*. 2010;51(5):374-80.

45. Hausleiter J, Meyer T, Hermann F, Hadamitzky M, Krebs M, Gerber TC, ve ark. Estimated radiation dose associated with cardiac CT angiography. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. 2009;301(5):500-7.
46. Deetjen A, Mollmann S, Conradi G, Rolf A, Schmermund A, Hamm CW, ve ark. Use of automatic exposure control in multislice computed tomography of the coronaries: comparison of 16-slice and 64-slice scanner data with conventional coronary angiography. *Heart*. 2007;93(9):1040-3.
47. Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B, Flohr T, Suess C, Schoepf UJ, ve ark. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG-controlled tube current modulation. *European radiology*. 2002;12(5):1081-6.
48. Hirai N, Horiguchi J, Fujioka C, Kiguchi M, Yamamoto H, Matsuura N, ve ark. Prospective versus retrospective ECG-gated 64-detector coronary CT angiography: assessment of image quality, stenosis, and radiation dose. *Radiology*. 2008;248(2):424-30.
49. Hsieh J, Londt J, Vass M, Li J, Tang X, Okerlund D. Step-and-shoot data acquisition and reconstruction for cardiac x-ray computed tomography. *Medical physics*. 2006;33(11):4236-48.
50. Husmann L, Valenta I, Gaemperli O, Adda O, Treyer V, Wyss CA, ve ark. Feasibility of low-dose coronary CT angiography: first experience with prospective ECG-gating. *European heart journal*. 2008;29(2):191-7.
51. Shuman WP, Branch KR, May JM, Mitsumori LM, Lockhart DW, Dubinsky TJ, ve ark. Prospective versus retrospective ECG gating for 64-detector CT of the coronary arteries: comparison of image quality and patient radiation dose. *Radiology*. 2008;248(2):431-7.
52. Xu L, Yang L, Zhang Z, Li Y, Fan Z, Ma X, ve ark. Low-dose adaptive sequential scan for dual-source CT coronary angiography in patients with high heart rate: comparison with retrospective ECG gating. *European journal of radiology*. 2010;76(2):183-7.
53. Klass O, Jeltsch M, Feuerlein S, Brunner H, Nagel HD, Walker MJ, ve ark. Prospectively gated axial CT coronary angiography: preliminary experiences with a novel low-dose technique. *European radiology*. 2009;19(4):829-36.
54. Herzog C, Zwerner PL, Doll JR, Nielsen CD, Nguyen SA, Savino G, ve ark. Significant coronary artery stenosis: comparison on per-patient and per-vessel or per-segment basis at 64-section CT angiography. *Radiology*. 2007;244(1):112-20.
55. Muhlenbruch G, Seyfarth T, Soo CS, Pregalathan N, Mahnken AH. Diagnostic value of 64-slice multi-detector row cardiac CTA in symptomatic patients. *European radiology*. 2007;17(3):603-9.

56. Austen WG, Edwards JE, Frye RL, Gensini GG, Gott VL, Griffith LS, ve ark. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. *Circulation*. 1975;51(4 Suppl):5-40.
57. Xu L, Zhang Z. Coronary CT angiography with low radiation dose. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2010;26 Suppl 1:17-25.
58. Feuchtner G, Goetti R, Plass A, Baumueller S, Stolzmann P, Scheffel H, ve ark. Dual-step prospective ECG-triggered 128-slice dual-source CT for evaluation of coronary arteries and cardiac function without heart rate control: a technical note. *European radiology*. 2010;20(9):2092-9.
59. Ohnesorge B, Flohr T, Becker C, Kopp AF, Schoepf UJ, Baum U, ve ark. Cardiac imaging by means of electrocardiographically gated multislice spiral CT: initial experience. *Radiology*. 2000;217(2):564-71.
60. Achenbach S, Giesler T, Ropers D, Ulzheimer S, Derlien H, Schulte C, ve ark. Detection of coronary artery stenoses by contrast-enhanced, retrospectively electrocardiographically-gated, multislice spiral computed tomography. *Circulation*. 2001;103(21):2535-8.
61. Giesler T, Baum U, Ropers D, Ulzheimer S, Wenkel E, Mennicke M, ve ark. Noninvasive visualization of coronary arteries using contrast-enhanced multidetector CT: influence of heart rate on image quality and stenosis detection. *AJR American journal of roentgenology*. 2002;179(4):911-6.
62. Kuettner A, Trabold T, Schroeder S, Feyer A, Beck T, Brueckner A, ve ark. Noninvasive detection of coronary lesions using 16-detector multislice spiral computed tomography technology: initial clinical results. *Journal of the American College of Cardiology*. 2004;44(6):1230-7.
63. Ropers D, Baum U, Pohle K, Anders K, Ulzheimer S, Ohnesorge B, ve ark. Detection of coronary artery stenoses with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction. *Circulation*. 2003;107(5):664-6.
64. Abdulla J, Abildstrom SZ, Gotzsche O, Christensen E, Kober L, Torp-Pedersen C. 64-multislice detector computed tomography coronary angiography as potential alternative to conventional coronary angiography: a systematic review and meta-analysis. *European heart journal*. 2007;28(24):3042-50.
65. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Suss C, ve ark. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *European radiology*. 2006;16(2):256-68.


66. Brodoefel H, Burgstahler C, Tsiflikas I, Reimann A, Schroeder S, Claussen CD, ve ark. Dual-source CT: effect of heart rate, heart rate variability, and calcification on image quality and diagnostic accuracy. *Radiology*. 2008;247(2):346-55.
67. Leber AW, Johnson T, Becker A, von Ziegler F, Tittus J, Nikolaou K, ve ark. Diagnostic accuracy of dual-source multi-slice CT-coronary angiography in patients with an intermediate pretest likelihood for coronary artery disease. *European heart journal*. 2007;28(19):2354-60.
68. Achenbach S, Ropers D, Holle J, Muschiol G, Daniel WG, Moshage W. In-plane coronary arterial motion velocity: measurement with electron-beam CT. *Radiology*. 2000;216(2):457-63.
69. Paulin S. Coronary Angiography. A Technical, Anatomic and Clinical Study. *Acta radiologica: diagnosis*. 1964;223:1+.
70. Labounty TM, Leipsic J, Min JK, Heilbron B, Mancini GB, Lin FY, ve ark. Effect of padding duration on radiation dose and image interpretation in prospectively ECG-triggered coronary CT angiography. *AJR American journal of roentgenology*. 2010;194(4):933-7.
71. Earls JP, Berman EL, Urban BA, Curry CA, Lane JL, Jennings RS, ve ark. Prospectively gated transverse coronary CT angiography versus retrospectively gated helical technique: improved image quality and reduced radiation dose. *Radiology*. 2008;246(3):742-53.
72. Qin J, Liu LY, Meng XC, Zhang JS, Dong YX, Fang Y, ve ark. Prospective versus retrospective ECG gating for 320-detector CT of the coronary arteries: comparison of image quality and patient radiation dose. *Clinical imaging*. 2011;35(3):193-7.
73. Coles DR, Smail MA, Negus IS, Wilde P, Oberhoff M, Karsch KR, ve ark. Comparison of radiation doses from multislice computed tomography coronary angiography and conventional diagnostic angiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;47(9):1840-5.
74. Hunold P, Vogt FM, Schmermund A, Debatin JF, Kerkhoff G, Budde T, ve ark. Radiation exposure during cardiac CT: effective doses at multi-detector row CT and electron-beam CT. *Radiology*. 2003;226(1):145-52.
75. Thompson RC, Cullom SJ. Issues regarding radiation dosage of cardiac nuclear and radiography procedures. *Journal of nuclear cardiology : official publication of the American Society of Nuclear Cardiology*. 2006;13(1):19-23.
76. Valentin J VD. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals (addendum 2 to ICRP publication 53). *Annals of the ICRP*. 1998;28(3):1-126.

77. Pflederer T, Rudofsky L, Ropers D, Bachmann S, Marwan M, Daniel WG, ve ark. Image quality in a low radiation exposure protocol for retrospectively ECG-gated coronary CT angiography. *AJR American journal of roentgenology*. 2009;192(4):1045-50.
78. Sigal-Cinqualbre AB, Hennequin R, Abada HT, Chen X, Paul JF. Low-kilovoltage multi-detector row chest CT in adults: feasibility and effect on image quality and iodine dose. *Radiology*. 2004;231(1):169-74.
79. Park EA, Lee W, Kang JH, Yin YH, Chung JW, Park JH. The image quality and radiation dose of 100-kVp versus 120-kVp ECG-gated 16-slice CT coronary angiography. *Korean journal of radiology : official journal of the Korean Radiological Society*. 2009;10(3):235-43.
80. LaBounty TM, Leipsic J, Poulter R, Wood D, Johnson M, Srichai MB, ve ark. Coronary CT angiography of patients with a normal body mass index using 80 kVp versus 100 kVp: a prospective, multicenter, multivendor randomized trial. *AJR American journal of roentgenology*. 2011;197(5):W860-7.
81. Hong YJ, Kim SJ, Lee SM, Min PK, Yoon YW, Lee BK, ve ark. Low-dose coronary computed tomography angiography using prospective ECG-triggering compared to invasive coronary angiography. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2011;27(3):425-31.
82. Maruyama T, Takada M, Hasuike T, Yoshikawa A, Namimatsu E, Yoshizumi T. Radiation dose reduction and coronary assessability of prospective electrocardiogram-gated computed tomography coronary angiography: comparison with retrospective electrocardiogram-gated helical scan. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(18):1450-5.
83. Lu B, Lu JG, Sun ML, Hou ZH, Chen XB, Tang X, ve ark. Comparison of diagnostic accuracy and radiation dose between prospective triggering and retrospective gated coronary angiography by dual-source computed tomography. *The American journal of cardiology*. 2011;107(9):1278-84.
84. Cademartiri F, Mollet NR, Lemos PA, Saia F, Midiri M, de Feyter PJ, ve ark. Higher intracoronary attenuation improves diagnostic accuracy in MDCT coronary angiography. *AJR American journal of roentgenology*. 2006;187(4):W430-3.
85. Cademartiri F, Mollet NR, van der Lugt A, McFadden EP, Stijnen T, de Feyter PJ, ve ark. Intravenous contrast material administration at helical 16-detector row CT coronary angiography: effect of iodine concentration on vascular attenuation. *Radiology*. 2005;236(2):661-5.
86. Husmann L, Gaemperli O, Valenta I, Schepis T, Scheffel H, Stolzmann P, ve ark. Impact of vessel attenuation on quantitative coronary angiography with 64-slice CT. *The British journal of radiology*. 2009;82(980):649-53.

87. Kim EY, Yeh DW, Choe YH, Lee WJ, Lim HK. Image quality and attenuation values of multidetector CT coronary angiography using high iodine-concentration contrast material: a comparison of the use of iopromide 370 and iomeprol 400. *Acta radiologica*. 2010;51(9):982-9.

EKLER

Ek 1. Araştırma Projesi Değerlendirme Formu



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

06100 Sıhhiye-Ankara
Telefon: 0 (312) 305 1082 • Faks: 0 (312) 310 0580
E-posta: goetik@hacettepe.edu.tr

28 Ocak 2013

Sayı: B.30.2.HAC.0.05.07.00 /1106

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 02.01.2013 ÇARŞAMBA
Toplantı No : 2013/01
Proje No : GO 13/01 (Değerlendirme Tarihi 02.01.2013)
Karar No : GO 13/01 - 09

Üniversitemiz Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, öğretim üyelerinden Doç. Dr. Tuncay Hazırolan'ın sorumlu araştırmacı olduğu Dr. Emre Ünal'ın tezi olan GO 13/01 kayıt numaralı ve "Kardiyak Bilgisayarlı Tomografi Tetkikinde Günlük Uygulamada Rutin Kullanılan Çekim Tekniklerinin Görüntü Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi" başlıklı proje önerisi Kurulumuzda değerlendirilmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

<p>1. Prof. Dr. Nurten Akarsu (Başkan)</p> <p>2. Prof. Dr. Nüket Örnek Buken (Üye)</p> <p>İZİNLİ</p> <p>3. Prof. Dr. Hakan S. Orer (Üye)</p> <p>4. Prof. Dr. Sevdâ F. Müftüoğlu (Üye)</p> <p>Prof. Dr. Cenk Sökmensüer (Üye)</p> <p>6. Prof. Dr. Kafiye Eroğlu (Üye)</p> <p>7. Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay (Üye)</p> <p>GÖREVLİ</p> <p>8. Prof. Dr. Yılmaz Selim Erdal (Üye)</p>	<p>9 Prof. Dr. Songül Vaizoğlu (Üye)</p> <p>10. Prof. Dr. Melahat Görduysus (Üye)</p> <p>11. Doç. Dr. R. Köksal Özgül (Üye)</p> <p>12. Prof. Dr. Cansın Saçkesen (Üye)</p> <p>13 Doç. Dr. Ayşe Lale Doğan (Üye)</p> <p>14. Doç. Dr. S. Kutay Demirkan (Üye)</p> <p>15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev Turnagöl (Üye)</p> <p>16. Av. Meltem Onurlu (Üye)</p>
---	--