

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

**KORONER ANJİYOĞRAFİ UYGULANAN HASTALARDA
ÇOK KESİTLİ BT İLE
KORONER ARTER KALSİYUM SKORLAMA**

**Dr.Kemal GÜMÜŞ
UZMANLIK TEZİ**

**SİVAS
2006**

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

**KORONER ANJİYOĞRAFİ UYGULANAN HASTALARDA
ÇOK KESİTLİ BT İLE
KORONER ARTER KALSİYUM SKORLAMA**

Dr.Kemal GÜMÜŞ
UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Sema BULUT

SİVAS
2006

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fakülte Kurulu'nun 12/03/2002 tarih ve 2002/1 sayılı kararı ve Cumhuriyet Üniversitesi Rektörlüğü'nün 28/03/2002 tarih ve 463 sayılı yazısı ile uygun görülen tez yazım kılavuzuna göre hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	iii
İNGİLİZCE ÖZET (SUMMARY)	iv
KISALTMALAR	v
TABLolar	vi
ŞEKİLLER	vii
RESİMLER	viii
GRAFİKLER	ix
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1

2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 KORONER ARTER ANATOMİSİ	2
2.2 KORONER ARTER PATOLOJİLERİ	5
2.2.1 Koroner arter ateroskleroza	5
2.2.2 Aterosklerotik plak morfolojisi	8
2.3 KORONER ARTER KALSİFİKASYONU	10
2.3.1 Koroner arter kalsifikasyonunun EBBT ve ÇKBT ile tespiti	11
2.3.2 Koroner arter kalsiyum skorunun koroner hastalıkla ilişkisi	13
2.3.3 Koroner arter kalsifikasyonu ve darlık ilişkisi	15
2.4 ÇOK KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ	17
2.4.1. ÇKBT tarihçesi	17
2.4.2. Fizik özellikleri	17
2.4.3. ÇKBT'deki fizik gelişmelerinin görüntü ve tarama parametrelerine etkisi	20
2.4.4. ÇKBT ile kardiyak görüntüleme	23
3. GEREÇ ve YÖNTEM	25
3.1. Hasta grubu ve çalışma protokolü	25
3.2. ÇKBT çekim protokolü	25
3.3. Görüntülerin yorumlanması	25
3.4. Selektif koroner anjiyografi	26
4. BULGULAR	28

5. TARTIŞMA	37
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	43
7. KAYNAKLAR	44
EK 1 – ETİK KURUL KARARI	

ÖZET

Koroner arter hastalığı batı ülkelerinde ve ülkemizde en sık mortalite nedenidir. Koroner arter hastalıkları ve bunun sonucunda myokardial beslenme bozukluklarına sıklıkla sebep olan patoloji aterosklerozdur. Ateroskleroz, varlığı ve sebep olan etkenleri tespit edildiği takdirde tedaviyle durdurulabilen veya geriletilebilen, multifaktöryel, morbit ve mortalitesi olan bir hastalıktır.

Koroner arter duvarında izlenen kalsiyum miktarı koroner plak miktarı ile ilişkili olup aterosklerozun kesin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Gelecekteki kardiyovasküler hastalık riskini önceden belirlemede koroner arter kalsiyum miktarı ve dağılımının saptanması önemli bilgiler vermektedir. Aterosklerozun neden olduğu komplikasyonlar erken tanı ile belirgin derecede azaltılabilmektedir. Koroner aterosklerotik hastalık tanısında bugün için altın standart tanı yöntemi selektif koroner

anjyografi tetkikidir. Ancak hasta rahatı ve olası komplikasyonları açısında bazı riskleri bulunan invaziv bir yöntemdir. İnvaziv bir işlem olması ve yüksek negatifliği nedeni ile noninvaziv tanı yöntemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Günümüzde noninvaziv tanı yöntemi olan koroner kalsiyum skorlama, bu tekniğe sahip merkezlerde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Çalışmamızda koroner arter hastalığı semptomları nedeniyle kardioloji tarafından selektif koroner anjyografi yapılan 100 olguya Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT) ile Koroner Arter Kalsiyum Skorlama(KAKS) tekniği uygulandı. Kalsiyum skoru değerlerine göre koroner arterlerde anlamlı stenoz (luminal \geq 50 stenoz) bulunma oranı araştırıldı. KAKS'ı sıfır olan 33 olgunun bir tanesinde anlamlı stenoz tespit edildi(yalancı negatiflik %3, güvenilirlik %97). KAKS'ı pozitif olan 67 olguda koroner arterde anlamlı stenozu tespit etmede sensitivite %98 ve spesifite %70 saptandı.

Sonuç olarak KAKS ile bu konuda altın standart tanı yöntemi olan koroner anjyografi sonuçları uyumlu bulundu.

ANAHTAR KELİMELER: Koroner Arter Hastalığı, Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi, Koroner Arter Kalsiyum Skorlama, Selektif Koroner Anjyografi.

SUMMARY

Coronary Artery Disease (CAD) is the most frequent cause of the mortality in the Western countries and also in our country. The cause of coronary artery disease is atherosclerosis and it cause less blood flows to heart muscle cell. Atherosclerosis is a multifactorial disease , that intercappable and regressionable with effective treatment , also these disease has been morbidity and mortality.

Calcifications of the coronary artery wall are regerded as a recognized marker of coronary atherosclerosis. Quantified Coronary Calcification can help identify persons at higher than anticipated risk of future coronary events. The standart of reference for diagnosis of coronary artery disease still is conventional coronary angiography. The high cost and significant procedure related morbidity and mortality rates associated with coronary angiography have motivated the search for a noninvasive alternative

technique to assess coronary atherosclerosis. Coronary artery calcification score allows noninvasive assessment of coronary atherosclerosis, and a lot of medical center use it.

In this study, we were to investigate the accuracy of the Multi Detector CT (MDCT) Calcium Scoring (Ca-Sc) and conventional coronary angiography in the 100 symptomatic patient. We attempted to determine optimal quantities of calcium score to distinguish among significant luminal stenosis(50 % or greater). We found that only one patient with greater 50 % stenosis in the absence of calcification(false negativity 3%, reliability 97 %). MDCT demonstrated coronary calcium 67 patients subsequently found to have angiographically confirmed significant coronary disease(98 % sensitivity and 70 % spesivity).

The result , Coronary Artery Calcium Scoring is a highly sensitive and moderately spesific test like conventional coronary angiography .

Keywords: Coronary Artery Disease, Multi Detector CT ,Coronary Artery Calcium Scoring , Selective Coronary Angiography.

KISALTMALAR

BT : Bilgisayarlı tomografi

ÇKBT : Çok kesitli bilgisayarlı tomografi

EBBT : Elektron beam bilgisayarlı tomografi

EKG : Elektrokardiyografi

KAKS : Koroner arter kalsiyum skoru

LAD : Sol anterior desendan koroner arter
LCX : Sol sirkumfleks koroner arter
LMCA : Sol ana koroner arter
MR : Manyetik Rezonans
RCA: Sağ koroner arter
SKA : Selektif koroner anjiyografi
S/G : Sinyal/gürültü oranı

TABLÖLAR

Tablo 1 : Ateroskleroz gelişimin evreleri ve tipleri	7
Tablo 2: Plak morfolojileri	10
Tablo 3: 5433 erkekte yaşa göre kalsiyum skoru normogramı	14
Tablo 4: 4297 kadında yaşa göre kalsiyum skoru normogramı	14

Tablo 5: Koroner arter kalsiyum skorlamasının klinik olarak yorumlanması	15
Tablo 6: Koroner arter stenoz yüzdeleri	26
Tablo 7: Olguların yaşları, cinsiyetleri, persentil değerleri, toplam ve her bir koroner arterin kalsiyum skorları ve anjiyografide tespit edilmiş stenoz oranları (%)	28
Tablo 8: Stenoz oranları <50 ve ≥50 olan bireylerin yaş gruplarına göre toplam skorlarının dağılımı	31
Tablo 9: Stenoz oranları ≥50 ve <50 olan kadın ve erkeklerde toplam skorların karşılaştırılması	32
Tablo 10: KAKS >20, >80, >100 ve >400 olarak karşılaştırıldığında anlamlı stenoz için sensitivite ve spesifite değerleri	34

ŞEKİLLER

Şekil 1. Arteriyel remodeling nedeniyle damar çapı artışı	16
Şekil 2. Farklı BT'lerde dedektör geometrisi	19

RESİMLER

Resim 1. Sağ ve sol ana koroner arter ve dalları	2
Resim 2. ÇKBT ve şematik çizimde sol anterior desendan arterde lipid içeriği yüksek, fibröz ve kalsifiye plaklar	9
Resim 3. Koroner arterlerin periarteriyel yağa göre hiperdens görünümüleri .	12
Resim 4. ÇKBT ve Tek Dedektörlü BT gantri rotasyon süreleri	18
Resim 5. Olgu 1 görüntüleri	35
Resim 6. Olgu 2 görüntüleri	36

GRAFİKLER

Grafik 1: Asemptomatik 3911 erkek olgunun yaş ve total kalsiyum skoruna göre elde edilmiş persentil grafiği	13
Grafik 2: ≥ 50 ve <50 koroner arter stenozuna sahip olguların yaş gruplarına göre KAKS değerleri	32
Grafik 3: KAKS'ı pozitif olan koroner arterlerin karşılaştırılması	33

1.GİRİŞ ve AMAÇ

Koroner arter hastalığı(KAH) batı ülkelerinde en sık hospitalizasyon ve mortalite nedenidir(1).Ülkemizde ise 1990 yılından itibaren yapılan prospektif TEKHARF çalışmasına göre nüfusun tamamında ölüm nedenlerinin %45'i kardiyovasküler hastalıklardan olmaktadır(2). KAH'da akut olaylarda hastane şartlarında dahi tedaviyle kısıtlı sonuçlar alınırken primer ve sekonder koruyucu yöntemlerle mortalite belirgin şekilde azaltılabilmektedir(3).

Koroner arterlerde kalsifik depozitler koroner arter plağı ile ilişkili olup aterosklerozun kesin bir göstergesidir. Klinik ve histopatolojik çalışmalar aterosklerotik koroner hastalığın şiddeti ile koroner kalsiyum skoru arasındaki yakın ilişkiyi göstermektedir. Epidemiyolojik çalışmalarla gelecekteki kardiyak hadise olasılığı ile aterosklerotik hastalık arasında ilişki ispatlandığından, koroner kalsiyum skoru kardiyovasküler hastalık riskini önceden belirlemede önemli bilgiler vermektedir(4).

Günümüzde koroner arter stenozu tesbitinde selektif koroner anjiyografi (SKA) altın standart kabul edilmektedir. Son yıllarda daha kolay uygulanabilir ve düşük risk taşıyan noninvaziv yöntemler için yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Alternatif görüntüleme yöntemleri; Manyetik Rezonans (MR), Elektron Beam Tomografi (EBT) ve ÇKBT'dir.

SKA koroner arterlerin lümen morfolojisi hakkında bilgi vermekte olup arter duvarında düzensizliğe neden olan plağın yapısı değerlendirilemez, bu nedenle ÇKBT ile koroner arter duvar patolojilerinin özellikleri üzerinde çalışmalara ağırlık verilmeye başlanılmıştır. ÇKBT ile kardiyak görüntülemeye, EKG eşliğinde prospektif tetikleme ve retrospektif pencereleme yöntemleri kullanılmaktadır. Prospektif tetikleme yöntemi temel olarak kalsiyum skorlama ve kalbin morfolojik değerlendirilmesinde kullanılmakta olup radyasyon dozu retrospektif pencerelemeye göre daha düşüktür(5).

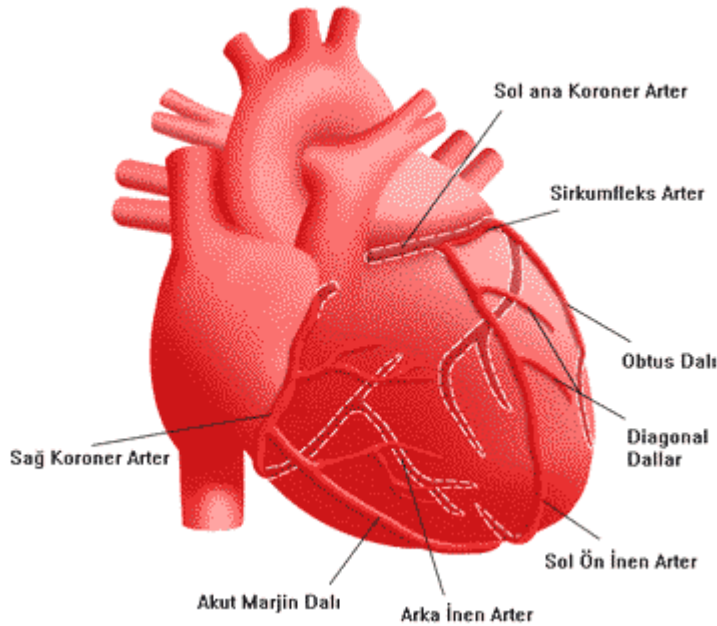
Bu çalışmada koroner aterosklerozun göstergesi olan kalsifikasyon varlığı ile miktarının saptanması ve stenoz tesbitinde ÇKBT'nin yerini ve başarısını tartışacağız.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. KORONER ARTER ANATOMİSİ

Aortanın ilk dalları olan koroner damarlar, myokard ve epikardı beslerler. Sağ ve sol koroner arter aort kapaklarının hemen üstünde, çıkan aortanın proksimal bölümünde, sinüs aortanın kendine uyan tarafından ayrılırlar. Bu iki damarın büyük bir kısmı koroner olukta bulunduğundan koroner arter adı verilmiştir(6).

Koroner arterler aortanın sinüslerinden çıkarlar. Sağ koroner arter, sağ aorta sinüsünden dik olarak çıkar. Vakaların % 40-50'sinde konus arteri de sağ aortik sinüsten ve sağ koroner arter çıkışının hemen önünden çıkmaktadır. Sol koroner arter, sol aortik sinüs duvarına paralel bir seyir gösterir(Resim 1).



Resim 1: Sağ ve sol ana koroner arter ve dalları

Koroner ostiumlarının stenozları, en çok aortanın sinotübüler birleşim yerinde gelişen kalsifikasyonlarından ileri gelir. Sağ koroner ostiumunun stenozu soldakinden 6-8 defa daha fazla görülür. Sifiliz veya romatoid artrit ile birlikte olan aortitlerde de ostial hastalık olabilir. Koroner arteriyografi, intraoperatif koroner perfüzyon ve aortik valvüler cerrahinin komplikasyonu olarakda koroner ostium hastalıkları gelişebilir(7).

Sol koroner arter

Aortanın sol koroner sinüsü içindeki bir ostiumdan çıkar. Pulmoner arter ile sol atrium arasından ilerler ve dallara ayrılır. Sol ana koroner arter uzunluğu birkaç mm. ile birkaç cm. arasında değişen kısa bir damardır; çapı, 3-6 mm kadardır. Anterior desendan arter ve sol sirkumfleks dallarına ayrılır. Bu ayrılma yerinden evvel miyokarda giren bir besleyici dalı yoktur. Bu yüzden kalp kontraksiyonları ile sol ana koroner arter eğilip bükülmelere uğrar.

Sol koroner arterin anterior desendan (LAD) dalı; ana pulmoner arteri halka şeklinde çeviren sol ana koroner arter'in devamı şeklinde önce interventriküler sulkus boyunca aşağıya doğru ilerler, kalbin apeksinde posterior interventriküler sulkusta dönerek yukarı doğru gider. LAD'den ayrılan damarlar sol ventrikül adalesine girerler ve miyokardın besleyici kanını taşırlar. Aynı damardan sağ ventrikülün interventriküler sulkusa komşu duvarlarına da daha küçük dallar ayrılır ve bunlar sağ ventrikülün medialini besler. LAD'den ayrılan bir dal pulmoner arter konusuna doğru gider, bu dal aynı şekilde sağ koroner arterden gelen buna benzer bir damarla anostomoz yapar(7)

LAD arterden;

a) Septal dallar çıkar. Septal dallar çok sayıdadırlar ve LAD artere dik olarak çıkıp interventriküler septuma girerler. Septal perforatorlar, septumun antero-superior kısmının 2/3' ünü, apikal kısmının ise tamamını, his demeti ile sağ dalı ve sol dalın anterior bölümlerini besler. Birinci septal perforator dal genellikle en geniş olanıdır.

b) Diagonal dallar (lateral dallar) çıkar. Bunlar sol ventrikülün lateral yüzünü besleyen yüzeysel dallardır; bir taneden fazla olabilir. Birinci septal dalın ayrılmasından evvel veya sonra çıkabilmektedirler.

Sol koroner arterin sirkumfleks (Cx) dalı; sol koroner arterden dik açı yaparak ayrılır. Sol atrium apendiksini altından yukarı doğru atrioventriküler sulkus içinde ilerler. Sol Cx daldan sol ventrikülün diyafragmatik veya inferior duvarını besleyen kısa dallar ayrılır. Cx'ten ayrılan dalların bir kısmı posterior interventriküler sulkusa girerek ilerler ve sol koronerin anterior desendan dalının küçük dalları ile karşılaşır. Cx arter % 10 oranında atrioventriküler sulkusun arka kısmında ilerleyerek kalbin krus dediğimiz kısmını döner ve posterior interventriküler sulkus içinde ilerler. Bu son tarif edilen anatomik şekilde sol ventrikülün tamamının besleyici kanını taşıyan sol koroner arterdir.

Cx arter sol atriumun önemli bir kısmını, sol ventrikülün lateral duvarını ve posterior duvarının bir kısmını besleyen kanı taşır. % 45 vakada sinüs düğümünün besleyici arteri de Cx'ten çıkar.

Cx dal, yukarda belirtildiği gibi çıkışından hemen sonra arkaya döner ve atrioventriküler çukur içinde arkaya doğru ilerler. Bu daldan sol ventrikülün lateral yüzüne giden dallar çıkar. Bu dallara marginal veya obitus margin (OM) dallar ismi verilmektedir. Marginal dallar 1-4 arasında değişen sayılardadır ve içlerinden bir tanesi, ana Cx daldan daha geniştir. Cx arterden bir de sol atrium Cx dalı ayrılır(7).

Sağ koroner arter

Sağ koroner arter(RCA), ön aortik sinüsten çıkar. Sağ tarafta atrioventriküler oluk içinde öne aşağıya doğru ilerler. İnsanların % 50-60'ında RCA'dan ilk önce Konus arteri ayrılıyor. Konus arteri sağ ventrikülün pulmonal çıkış bölümünü perfüze eder. Konus arterinin ayrılmasından sonra sağ koroner arter yoluna devam ederken marginal dal ayrılır (akut marginal dal). Akut marginal dal, kalbin sağ kenarı boyunca kaideden apekse doğru ilerler. Akut marginal dal ile konus arteri arasında birkaç küçük marginal dal olabilir. Sağ koronerin marginal dalları sağ ventrikül ön yüzünün 2/3 lateralini besler. Akut marginal dalın ayrılmasından sonra RCA, kendi planında kalbin arka yüzüne dönerek posterior interventriküler sulkustan aşağıya posterior desendan(PD) dal sağ koronerin distal segmenti olarak devam eder. PD arterden önemli septal dallar çıkarak yukarıya doğru ilerler ve septuma girer. RCA'nın proksimal kısmından interventriküler septumun infundibüler kısmını besleyen septal arterler çıkar. RCA'nın devamı olan PD arterden çıkan dallar ise interventriküler septumun alt 1/3'ini besler. PD arterin septal dallarından bir tanesi atrioventriküler düğüme girer. PD'den çıkan diğer yüzeysel arterler sol ventrikülün posterior inferior yüzünü beslerler. Bu dallara posterior sol ventrikül dalları adı verilmektedir(7).

Sol ventrikülün miyokardını besleyen posterior desendan arterin dallarından başka sağ koroner arterden daha küçük şu dallar çıkar:

Konus dalı: Sağ koroner arterin proksimal kısmından çıkıp sağ ventrikülün çıkış yolu adalesini besler.

Sağ atrium dalı: Sağ koronerden çıkar.

Sağ ventrikül dalları: Sağ koronerin inen kısmından çıkar.

2.2. KORONER ARTER PATOLOJİLERİ

Koroner arter hastalıkları ve bunun sonucunda myokardial beslenme bozukluklarına sıklıkla sebep olan patolojiler şu şekilde sıralanabilir(8) :

- *Ateroskleroz (%99)
- *Arteritler (Sistemik lupus eritematozus, Pan arteritis nodoza, Takayaşu vb.)
- *Embolizm
- *Koroner mural kalınlaşma (Amiloidoz, radyasyon)
- *Konjenital koroner arter hastalıkları (Arteriovenöz fistüller, koroner arter çıkış anomalileri)
- * Koroner daralmanın diğer sebepleri (spasm, aort diseksiyonu)

2.2.1 Koroner arter ateroskleroza

Etyoloji ve Patogenez

Lipidler, makrofajlar, düz kas hücreleri, fibroblastlar kalsiyum ve kompleks karbonhidratlar gibi maddelerin değişik oranlarda, lokal birikimlerinin oluşturduğu intimal plaklara ve bunların neden olduğu arteriyel darlık ve tıkanmalara, arterlerin esneklik ve antitrombotik özelliklerinin bozulmasına yol açan hastalığa ateroskleroz denir.

Ateroskleroz, neden olan etkenler tespit edildiği takdirde tedaviyle durdurulabilen veya geriletilebilen, multifaktöryel, morbit ve mortalitesi olan, sadece koroner damarlar değil tüm arteriyel sistemi tutabilen bir hastalıktır(8).

Epidemiyolojik araştırmalar bazı etkenlerin risk faktörleri olarak ateroskleroz gelişiminde rolü olduğu gerçeğini ortaya koymuşlardır. Aile hikayesi, cinsiyetin erkek olması ve ileri yaş değiştirilemeyen risk faktörleri olup total kolesterol, LDL kolesterolün yüksekliği, HDL kolesterolün düşük olması, hipertansiyon, diyabet, tütün kullanımı, sedanter yaşam, obesite, emosyonel stres, homosistein yüksekliği değiştirilebilmesi mümkün olan risk faktörleridir. Aterosklerotik sürecin başlamasında, plazma bileşimindeki bozukluklar, lenfosit, trombosit ve monositlerle endotel hücreleri arasında uzun yıllarca süregelen etkileşimlerin esas etken olduğu bilinmektedir(7).

Ateroskleroz oluşumunda geçerli olan teoriler;

1- Zedelenme (Injury) cevabı hipotezi: Endotel hasarı veya fonksiyonlarında bozulmanın tetiklediği olaylarla aterosklerozun oluşması.

2- Tümör veya monoklonal teori: Her bir aterosklerotik lezyonun viral veya şimik bir etkiyle mutasyona uğramış olan bir hücreden gelişen bening bir tümör olduğudur.

3- İnfeksiyon teorisi: Deneysel olarak kolesterol seviyesinin normal olması şartlarında virüs ile ateroskleroza benzeyen proliferatif olaylar tespit edilebilmektedir. Örneğin herpes virüsü ile oluşan vaskulitlerde ateroskleroza benzeyen proliferatif alanlar tespit edilebilmiştir(7,8).

Günümüzde en çok desteklenen teori zedelenme teorisidir. Ateroskleroz lezyonlarında hakim hücre tipi elemanları makrofajlar ve düz kas hücreleridir. Hiperkolesterolemi endotel hasarı yaparak monositlerin damar cidarına yapışmalarına, subendotelyal bölgeye geçerek köpük hücrelerine dönüşmelerine ve tedricen aynı bölgede düz kas hücrelerinin birikmesine sebep olmaktadır. Aterosklerozda yer alan hücre elemanları (endotel, düz kas, trombosit, monosit ve makrofaj) kemotaksis yapan maddeler ve PDGF (trombosit kaynaklı büyüme faktörü) gibi mitojen maddeler salgılayarak arter duvarında hücre proliferasyonuna yol açmaktadırlar.

Endotel hasarı, monosit / makrofaj ve trombositlerle karşılıklı etkileşimlerle intimada düz kas proliferasyonuna yol açarlar veya endotel hasarı doğrudan doğruya kendisi mitojen maddeleri çıkararak intimada düz kas proliferasyonuna sebep olur.

Aterosklerozda en erken patolojik bulgu yağlı izler (fatty streak) olup daha sonraki dönemlerde fibröz plaklar gelişir. Tablo 1'de Amerikan Kalp Cemiyeti (AHA) tarafından yapılan ateroskleroz gelişim evreleri ve tipleri görülmektedir(8). Komplikasyonlardan sorumlu olan lezyonların çoğunluğu fibröz plaklardır. En önemli komplikasyonları; trombüs oluşumuna neden olan fissür / ülserasyon ve endotel disfonksiyonu, anevrizma gelişimi ve arter stenozuna neden olarak ilgili arterin beslediği doku ve organda akut veya kronik iskemi gelişmesi ve fonksiyonel bozuklukların meydana gelmesidir(7).

Tablo 1 : Ateroskleroz gelişimin evreleri ve tipleri.

Plak tipi	Plak karakteristiği	İlişkili klinik sendrom
1- İntimal kalınlaşma	Köpük hücrelerinin infiltrasyonu	Asemptomatik
2- Yağlı çizgilenme	İnfiltrate makrofaj ve düz kas hücrelerinin içinde lipid birikimi	Asemptomatik
3- Preaterom	Ekstrasellüler lipid birikimi ve bağ dokusu artışı	Asemptomatik
4- Ateroma	Geniş ekstrasellüler intimal lipid çekirdeği; makrofaj, köpük hücresi ve T hücrelerini içeren inflamatuvar hücre infiltrasyonu	Genellikle asemptomatik, stable angina ile birlikte olabilir.
5a- Fibroaterom		Stable angina pectoris
5b-Fibröz tabakalı aterom	Lipid çekirdeğinde yaygın kalsifikasyon bulunan aterom	Stable angina pectoris veya asemptomatik
5c-Fibröz aterom	5c- Fibröz aterom veya organize mural trombus	Stable angina pectoris veya asemptomatik
6- Komplike lezyon	İntramural hemoraji ve/veya trombüs olan, yırtılmış tip IV veya V lezyon	Akut koroner sendromlar veya asemptomatik lezyon progresyonu

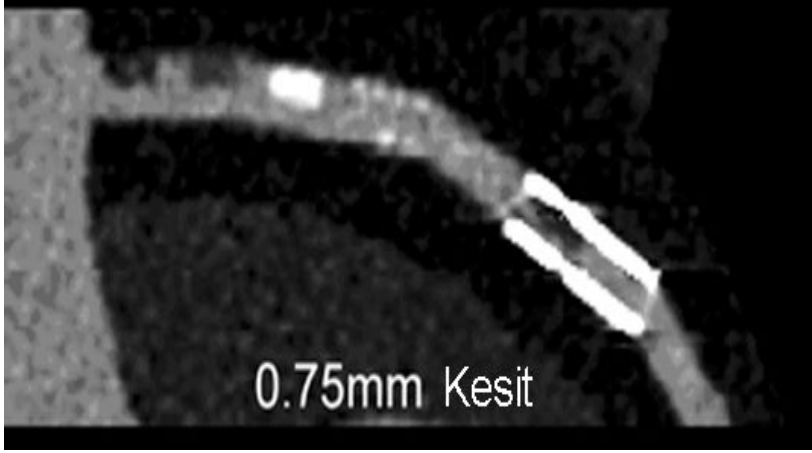
2.2.2 Aterosklerotik plak morfolojisi

Yağlı çizgiler aterosklerozun başlangıç lezyonudur ve primer olarak monositlerden gelen lipid dolu köpük hücreleri denilen hücre topluluğundan ibarettir. Bu lezyonların ilerlemiş ateroskleroz lezyonlarına fibröz plaklar denmektedir ve birkaç değişik büyüme faktörünün etkileşimi ile oluşur. Ateroskleroz patolojisi bulunan bir koroner arterde ortalama 20-30 aterom plağı bulunabilir. Bunların bazılarında plaklar kırılğan, diğerlerinde değildir. Kırılğan plaklar ince fibroz bir kep ve büyük bir lipid kor içeren rüptür eğilimli plaklardır. Bazı plaklar koroner akımı engellerken diğerleri lümenin çapını engellemeyerek kırılğan karakterleri sebebiyle, yırtılarak klinikte ciddi sonuçlara yol açabilir.

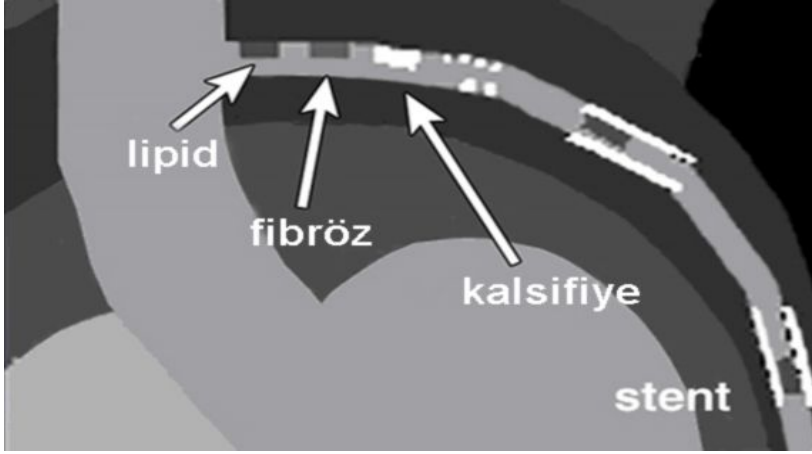
Kırılğan plaklar rüptür eğilimine sahip olduklarından sıklıkla stenoza neden olmadan akut koroner sendrom oluşturabilirler. Plakta rüptür olduğu zaman distal segmentte embolilere, rüptür yerinde trombosit adhezyon ve agregasyonlarına kısmi veya tam tıkanıklıkla sonuçlanacak olan trombüslere sebep olmaktadırlar. Koroner arterdeki stenozun derecesi ile rüptür eğilimi arasında bir korelasyon yoktur(7). Rüptür eğilimli plaklar konvansiyonel koroner anjiyografide anlamlı stenoz yapmadıkları sürece gözlenmezler(8,9).

BT dansitesine göre kalsifiye plakların dansitesi $419 \pm 194 \text{HÜ}$ (126 ile 736HÜ), fibröz plakların dansitesi $91 \pm 21 \text{HÜ}$ (61 ile 112HÜ) ve lipid içeriği yüksek plakların dansitesi $14 \pm 26 \text{HÜ}$ (-47 ile +47HÜ) dür(10). Kalsifikasyon gösteren plakların BT dansitesi, yumuşak ve fibröz plaklardan yüksektir(Resim 2a,b)(11).

Yaygın koroner arter kalsifikasyonu nonkalsifiye plaklar olmaksızın nadiren belirgin stenoza neden olur. Fibrokalsifiye plaklar BT'de yeni fibröz dokusuyla birlikte bulunan düzensiz kalsifikasyonlardır, bunlardan rüptür geliştiiği zaman akut koroner sendrom ve stenoza neden olduğu düşünölmektedir. Yumuşak plaklar ise BT dansitesine göre kalsifikasyon içermeyen plaklar olup sırasıyla preaterom, aterom, fibroaterom veya fibröz plak tiplerini içerir(Tablo 2)(12).



a



b

Resim 2a'da ÇKBT'de, 2 b'de ise şematik çizimde sol anterior desendan arterde lipid içeriği yüksek (30 HÜ), fibröz (80 HÜ) ve kalsifiye aterom plağı (500 HÜ) ile stentte % 50 luminal stenoza neden olan 30 HÜ dansiteye sahip lezyon görüntülenmiştir(11).

Tablo 2: Plak morfolojileri .

Plak	AHA sınıflaması	Kalsifikasyon	Nonkalsifiye kısım dansitesi	Konturları	Arteriyel yeniden şekillenme(re-modeling)
Aterom	4	Yok	~50 HU	Düzensiz	Pozitif
İnce fibröz kepli aterom	5	Olabilir	~70 HU	Düzensiz	Pozitif veya negatif
Trombüs	6	Olabilir	~40 HU	Düzensiz	Yüksek derecede stenoz veya oklüzyon
Fibrokalsifiye plak	7	Damar boyunca kalsifikasyon	~100HU veya yok	Düzensiz	Stenoz
Kalsifiye nodül	7-8	Damar boyunca veya küçük yuvarlak kalsifikasyon	~ 100 HU veya yok	Düzensiz	Pozitif
Fibrotik lezyon	8	Yok	~ 100 HU	Düzensiz	Pozitif veya negatif

2.3 KORONER ARTERLERİN KALSİFİKASYONU

Koronar arter kalsifikasyonu koronar ateroskleroz varlığının kesin olarak göstergesidir. EBBT ve ÇKBT koronar arter kalsifikasyon miktarını ve tespitini yapan noninvaziv tanı yöntemleridir. Yapılan çalışmalarda koronar arter kalsifikasyonu ile koronar aterosklerotik plak yükü arasında korelasyon bulunmuştur(13).

Koronar kalsifikasyon hayatın erken dönemlerinde başlar, ancak ilerlemiş ateroskleroza bulunan yaşlı bireylerde daha hızlı ilerleme gösterir. Kalsifikasyon aktif kemik formasyonuna benzer şekilde hidroksiapatit yapısındaki kalsiyum fosfatın

aterosklerotik hastalıkta koroner damarlarda çökmesi ile oluşan aktif, organize bir süreçtir(14). Koroner kalsiyum rüptüre olmuş plaklarda yaklaşık tüm vakaların % 70-80'inde gösterilmiştir. Ancak genç hastalarda akut koroner sendroma neden olan kopmuş plaklarda kalsiyum nadir olarak gösterilmiştir. Damar duvarında biriken plak arter duvarını deforme ederek, lümeninde daralmaya yol açmadan arter çapını lokal genişletebilir, arteriyel yeniden şekillenme veya remodeling dediğimiz bu olaya neden olan plaklarda da kalsifikasyon saptanmıştır(15).

Kalsifikasyon koroner plakların yırtılabilir veya durağan olduğunun göstergesi olarak kabul edilemez(16). Ancak kalsiyum miktarı ne kadar fazla ise aterosklerotik aktivitede o kadar fazladır(15,17). Kalsifikasyonun olmaması aterosklerotik plak varlığını dışlamasa da, kalsifikasyon sadece aterosklerotik arterlerde olur ve normal arterlerde gözlenmez.

Rumberger ve arkadaşları(18) çalışmalarında otopsi yapılmış kalplerin koroner arterlerindeki toplam kalsifiye plak alanını EBBT ile değerlendirmişler, plak varlığının ve alanının histopatolojik olarak tespiti ile karşılaştırmışlardır. Toplam koroner arter plak alanı ile koroner arter kalsifikasyonu arasında hem tek bir koroner arter düzeyinde hem de tüm kalp düzeyinde güçlü bir korelasyon bulunmuştur. Ancak kalsifikasyon her zaman aterosklerotik luminal daralmanın varlığıyla ve düzeyiyle korelasyon göstermez. Aynı çalışmada aterosklerotik plak ile kalsiyum ilişkisinin korelasyon gösterdiğini otopsi serilerinde EBBT ve histopatolojik çalışmalarla göstermişlerdir. İnceledikleri 13 kalp ve 38 koroner arter otopsisinde toplam aterosklerotik plak yükünün toplam kalsiyum skoru ile ilişkili olduğunu, ancak toplam plak alanının kalsifiye plak alanına göre 5 kat daha fazla olduğunu göstermişlerdir.

2.3.1 Koroner arter kalsifikasyonunun EBBT ve ÇKBT ile tespiti

Günümüzde noninvaziv kardiyak görüntüleme ve kalsiyum skorlama için 2 farklı teknoloji kullanılmaktadır. Bunlardan ilki ve uzun zamandan beri kullanılan EBBT ve daha yeni ve güncel olanı ise ÇKBT'dir(19).

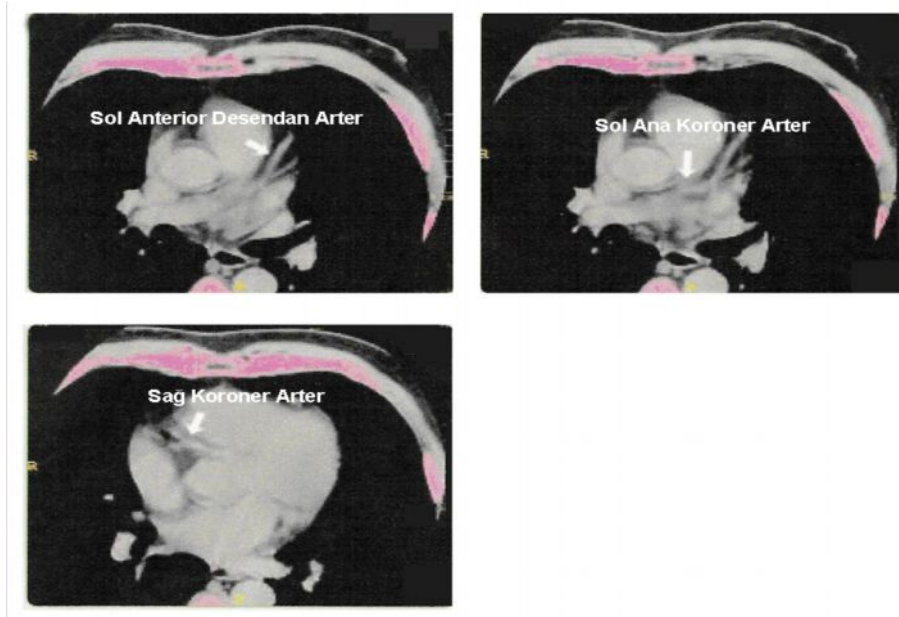
Koroner arterdeki kanın dansitesiyle kıyaslandığında daha düşük periarteriyel yağ dokusu nedeniyle koroner arterler kolaylıkla görüntülenebilmektedir(Resim 3). Aksiyel kesitlerde sol ana, sol anterior desendan, sol sirkumfleks ve sağ koroner arter,

tüm traseleri boyunca kalsifiye plak varlığı yönünden incelenmektedir(16). Kana göre yüksek attenüasyonu nedeniyle damar duvarındaki kalsiyum rahatlıkla izlenebilmektedir. EBBT ile kalsiyum miktarı, alanı ve yoğunluğu hesaplanabilir. Görüntüler 0,25 – 0,50 mm² piksel boyutunda elde edildiğinden, çok küçük miktarlardaki kalsiyum birikimleri de saptanabilmektedir. Histopatolojik çalışmalarda +130HÜ değerindeki dansitelerin kalsifikasyonla uyumlu olduğu gösterilmektedir (20-22). Yumuşak dokuların BT dansitelerinin ortalaması 50 HÜ olduğundan 130 HÜ değeri kalsifikasyon araştırılmasında yeterince yüksek bir değerdir.

ÇKBT ile koroner arter kalsiyumunun değerlendirilmesi için 3 mm kalınlığında 2.5 mm kolimasyonla karinadan kalbin tabanına kadar aksiyel görüntüler elde edilmektedir.

Tetik EKG tetiklemeli hem prospektif hemde retrospektif olarak yapılabilmektedir. Spiral görüntülemeye retrospektif tetikleme tercih edilmektedir. Görüntüler 20 saniye nefes tutma süresinde EKG tetiklemeli olarak RR aralığının % 40 veya % 80'inde geç diastolde elde edilmektedir.

Agatston skorlaması veya volümetrik skorlama kullanılabilir. Agatston skorlamasına göre toplam KAKS, EBBT yönteminde olduğu gibi tüm tomografik kesitler üzerinde bulunan dört ana koroner arterdeki kalsifiye plakların toplam alanı ve toplam skoru olarak hesaplanmaktadır(23).



Resim 3: Koroner arterler periarteriyel yağa göre hiperdens görünümde.

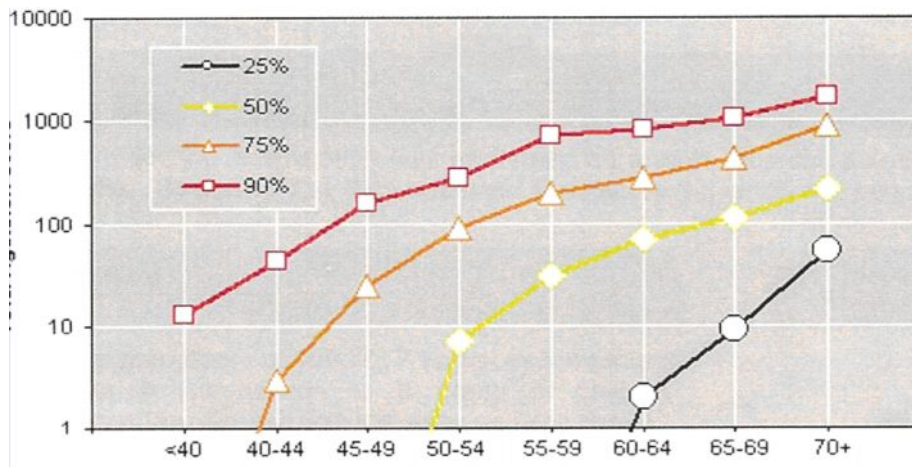
Total kalsifiye plak miktarının volümetrik ölçümü genel olarak Agatston skorlaması ile korelasyon göstermektedir. Volümetrik yöntemde koroner kalsiyumun kitlesi ölçülür ve hidroksiapatit fantomları kullanılır(12,23).

2.3.2 Koroner arter kalsiyum skorunun koroner hastalıkla ilişkisi

Koroner arter duvarında izlenen kalsiyum miktarı koroner plak miktarı ile ilişkili olup aterosklerozun kesin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir(21). Yapılan klinik ve histopatolojik çalışmalarda aterosklerotik koroner arter hastalığı ile koroner arter kalsiyum skoru arasında güçlü korelasyon belirtilmiştir. Gelecekteki kardiyovasküler hastalık riskini önceden belirlemede koroner arter kalsiyum miktarı ve dağılımının saptanması önemli bilgiler vermektedir.

KAKS, öncelikle Janowitz ve arkadaşlarının(23) asemptomatik kişilerden yaş ve cinsiyet gruplarına göre elde ettikleri normogram değerler olarak belirlenen ortalama kalsiyum skorları ile karşılaştırmalı değerlendirilir. Aynı çalışma sonucu ayrıca asemptomatik kişilerde, cinsiyetlerine göre 5 yıllık yaş gruplarında elde ettikleri normogram değerler ile kardiyovasküler olay riskini belirli persentil aralıklarında değerlendirmişlerdir(< 25, 25-50, 51-75, 76-90 ve >90) . Yaş alt sınırı olarak erkeklerde 40 ve kadınlarda 35 yaş kabul edilmektedir(Grafik 1 -Tablo 3, 4)(24).

Grafik 1: Asemptomatik 3911 erkek olgunun yaş ve total kalsiyum skoruna göre elde edilmiş persentil grafiği.



Tablo 3: 5433 erkekte yaşa göre kalsiyum skoru normogramı

	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-70
<u>25th %</u>	0	0	0	0	3	14	28
<u>50th %</u>	0	0	3	16	41	118	151
<u>75th %</u>	2	11	44	101	187	434	569
<u>90th %</u>	21	64	176	320	502	804	1178

Tablo 4: 4297 kadında yaşa göre kalsiyum skoru normogramı

	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-70
<u>25th %</u>	0	0	0	0	0	0	0
<u>50th %</u>	0	0	0	0	0	4	2
<u>75th %</u>	0	0	0	10	33	87	123
<u>90th %</u>	4	9	23	66	140	310	362

AHA'nın 1996 yılında KAKS yorumlaması için yaptığı tavsiyeler (11):

- Negatif EBBT testi (kalsiyum skoru=0) aterosklerotik plak varlığını çok yüksek olasılıkla dışlar.
- Negatif test normal koroner anjiyogramların büyük bir kısmında izlenir.
- Negatif testte önemli stenozun olduğu KAH olasılığı çok düşüktür.
- Negatif test sonraki 2-5 yıllık süre içinde düşük kardivasküler riski gösterir.
- Yüksek kalsiyum skoru sonraki 2-5 yıl içinde orta-yüksek kardiyovasküler olay riskini gösterir.
- Pozitif EBT testi koroner aterosklerotik plak varlığını gösterir.
- Daha yüksek kalsiyum skoru daha yüksek olasılıklı tıkalı KAH göstergesidir, ancak birebir ilişki yoktur ve bu sonuç spesifik değildir.

-Toplam kalsiyum miktarı total aterosklerotik plak miktarı ile koreledir, ancak bu gerçek plak miktarının altında bir değerdir(11,).

Asemptomatik olgular için KAKS değerlerine göre koroner arterlerinde anlamlı stenoz bulunma olasılıkları ve gerekli tavsiyeler Tablo 5’de gösterilmiştir(25).

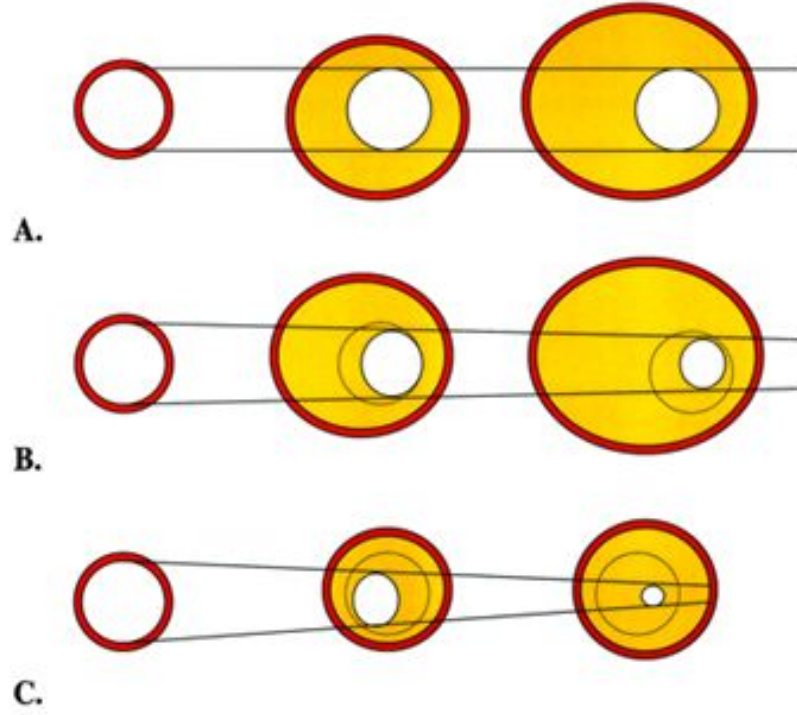
Tablo 5: Koroner arter kalsiyum skorlamasının klinik olarak yorumlanması.

Kalsiyum skoru	Değerlendirme	Klinik önem	Tavsiyeler
Kalsifikasyon yok(0)	koroner arter hastalığı % 95 oranında ekarte edilebilir		
1-10	Minimal kalsifikasyon	Anlamlı stenozun olduğu koroner arter hastalığı beklenmiyor(<%10)	Koruyucu tıp
11-100	Hafif derecede kalsifikasyon	Minimal veya orta derecede koroner arter stenozu olabilir	Risk faktörleri değerlendirilmeli
101-400	Orta derecede kalsifikasyon	Nonobstruktif KAH olasılığı yüksektir, anlamlı stenozun olduğu koroner arter hastalığı olabilir	Muhtemel risk faktörleri tedavi edilmeli, stres testleri düşünülmeli
>400	Yaygın kalsifikasyon	Yüksek olasılıkla (>%90) en az bir koroner arterde anlamlı stenoz vardır	İndüklenebilir iskemi için stres EKG testi, konvansiyonel koroner anjiyografi tetkiki?

2.3.3 Koroner arter kalsifikasyonu ve darlık ilişkisi

Koroner arter darlık şiddeti ile toplam koroner arter kalsiyum skoru arasında lineer bir ilişki vardır (26). Rumberger ve arkadaşlarının(18) kalsiyum skoru ve koroner anjiyo karşılaştırmalı yaptığı bir çalışmada kalsifikasyon tespitinin kardiyovasküler ateroskleroz ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Fakat kalsifikasyon miktarı koroner anjiyoda tespit edilen lüminal darlığın segment düzeyinde tespit edilmesinde faydalı bulunmamıştır. Yapılan çalışmalarda artan koroner kalsifikasyon ile koroner darlık şiddeti paralellik göstermiş olsa da bu ilişki zayıf bulunmuştur ve anjiyografik olarak segment düzeyinde darlık şiddeti tahmin etmekte kullanılmamıştır. Bu olay artan plak

yükü ile birlikte arteriyel yeniden şekillenmeyle (remodeling) luminal açıklığı sağlayabilmek için koroner arter çapının artmasıyla açıklanabilir(Şekil 1)(27)



Şekil 1: A, B ve C’de arteriyel remodeling nedeniyle damar çapı artışı görülmektedir. A’da luminal darlık izlenmiyor. B ve C’de remodeling’e rağmen luminal darlık izlenmekte.

2.4. ÇOK KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (ÇKBT)

2.4.1. ÇKBT tarihçesi

ÇKBT şu anda BT teknolojisinde ulaşılan son noktadır. Helikal taramanın geliştirildiği 1989 yılından sonra 1991 yılında 1 mm'nin altında kesit alabilen cihazlar üretilmiştir. Aynı yıl bugünkü ÇKBT teknolojisinin öncüsü olan iki detektörlü helikal BT geliştirilmiştir. 1993 de gerçek zamanlı BT'nin kullanıma girmesiyle BT floroskopi altında biyopsi işlemlerinin yapılabilmesi, damar yapıları ya da organların içindeki kontrastlamanın monitörizasyonuna (Otomatik bolus yakalama programları) olanak sağlanmıştır. 1995 yılında gantri rotasyon zamanı 1 sn'nin altına inmiş, 1998'de ise günümüzde hala geçerli olan 0,42 saniye'ye indirilmiştir. Aynı yıl da ilk çok kesitli sistemler klinik kullanıma girmiştir(28).

2.4.2. Fizik özellikleri

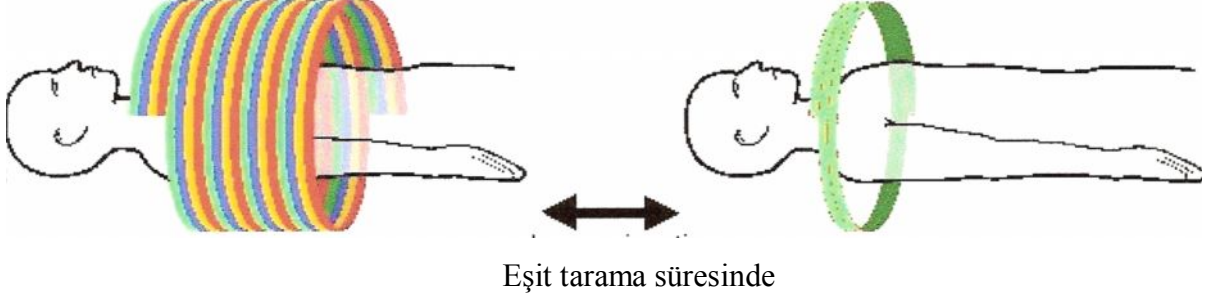
Gantri Rotasyon Süresi

Çok kesitli BT teknolojisi ile tek rotasyonda ve aynı anda çok sayıda ardışık kesitler alınarak daha geniş anatomik bölgelerin taranabilmesi sağlanmıştır. Longitudinal (z eksen) eksen çözünürlüğü de artmıştır. Rotasyon süresindeki bu kısalma ile hastadan kaynaklanan istemli ya da istemsiz (kalp, bağırsak vb.) hareket artefaktları minimuma indirgenmiş ve aynı zamanda daha geniş bir hacmin taranmasına olanak sağlamıştır(Resim 4).

Rotasyon zamanının kısalmasıyla birlikte detektör teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak elde edilen çok sayıda analog (data) verilerin dijital verilere dönüştürülmesinde kullanılan DAS (Data Acquisition System) sayısında artışa neden olmuştur(29). Ayrıca azalan rotasyon zamanı gerekli x ışın miktarında artışa, bunun sonucu olarak da tüp soğuma kapasitesinin artırılması gerektiğini doğurmuştur.

4 dedektörlü ÇKBT
(0.5 sn rotasyon süresi)

tek dedektörlü helikal BT
(1 sn rotasyon süresi)



Resim 4: Eşit tarama süresinde ÇKBT ile daha fazla alan taranabilmekte

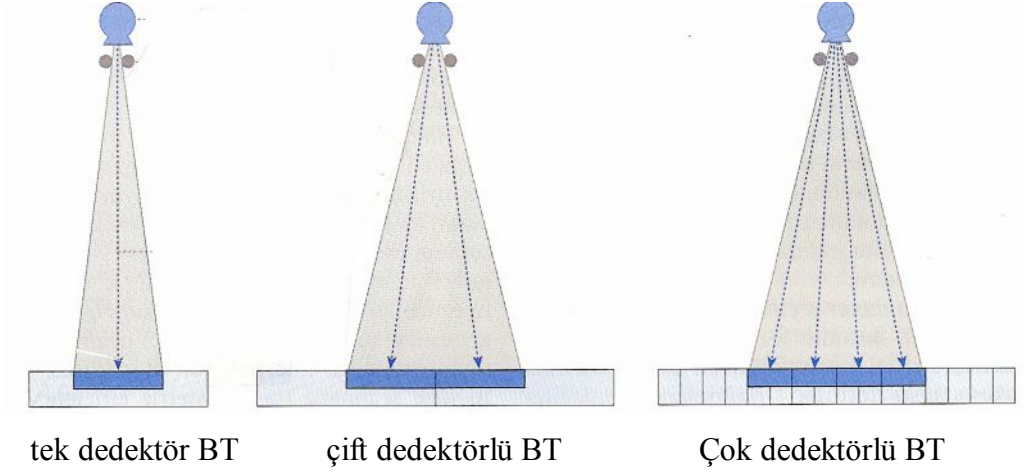
İnce Kesit Kalınlıkları

ÇKBT cihazlarında x – ışını tüpünün rotasyon süresinin çok kısa ve rotasyon boyunca masa hareketinin aralıksız olması nedeniyle kesit taramasının yanı sıra hacimsel görüntülemeye de izin verir. Yüksek kalitede hacim bilgisi için longitudinal düzlemdeki çözünürlüğün yeterli olması gerekmektedir.

Longitudinal çözünürlüğünü etkileyen esas faktör kesit kalınlığıdır. Dedektör teknolojisindeki gelişmelerle minimum kesit kalınlığı giderek düşürülmektedir. Böylece ulaşılan antizotropik voksel geometrisi sayesinde multiplanar reformasyonlar ve üç boyutlu görüntüleme optimal yapılabilmektedir(30).

Detektör Geometrisi

Dedektörler ÇKBT teknolojisinin ana dayanaklarından biridir. Konvansiyonel helikal BT cihazlarında dedektörler tek sıra halinde dizilmiştir. ÇKBT sistemlerinde ise dedektörler çok sayıda dedektör sırasından oluşturulmuş iki boyutlu bir yapıdır(Şekil 2).



Şekil 2: Farklı BT'lerde dedektör geometrisi(12)

Paralel sıralanmış, eşit büyüklükteki dedektör dizilerine matriks dedektör denirken, adaptif dedektörler santralden perifere doğru genişleyen dedektör dizileri içerir. Matriks ve adaptif dedektör yapılarının bir arada kullanılmalarına da hibrid dedektör adı verilir. Hibrid dedektörlerde dedektör dizisi santralinde eşit kalınlıkta ince dedektör dizisi kullanılırken kenarlarında eşit kalınlıkta daha geniş dedektör dizileri içerir(29). Sistemdeki minimum kesit kalınlığını belirleyen unsur, en küçük dedektör elemanının z eksenindeki kalınlığıdır.

Görüntü Rekonstrüksiyonu

ÇKBT görüntü rekonstrüksiyon algoritmalarına son derece bağımlı çalışan sistemlerdir. Konvansiyonel helikal BT'de kullanılan rekonstrüksiyon yöntemleri ÇKBT'de x ışınının detektöre açılı gelmesi (cone açısı) nedeni ile artefaktlara yol açmaktadır(29). Bu artefaktların giderilmesi için ÇKBT cihazlarında konvansiyonel helikal BT'de kullanılan 180 derece lineer interpolasyon algoritması değil, çok noktalı (multipoint) interpolasyon ile görüntü rekonstrüksiyonu yapılmaktadır(31,32). Bu tekniğe göre daha yüksek kalitede görüntü elde edilmektedir.

ÇKBT'de görüntü rekonstrüksiyonunda kullanılan ikinci bir yöntem de z filtre rekonstrüksiyonu algoritmasıdır. Z filtre rekonstrüksiyonu ile helikal dönüş sırasında longitudinal aks boyunca elde edilen verilerin tümü ana bilgisayara gelmeden değerlendirilerek filtre etmek mümkündür. Bu algoritma ile veri iletim artefaktlarının azaltılması da sağlanmıştır(32).

2.4.3. ÇKBT'deki fizik gelişmelerinin görüntü ve tarama parametrelerine etkisi

1. Pitch değeri

Spiral BT'de pitch faktörü tütün tam bir rotasyonu süresinde masa hızının kesit kalınlığına oranı şeklinde ifade edilir. ($P = \text{masa hızı} / n \times \text{kesit kalınlığı}$, n aktif dedektör sayısı). Çoğu incelemede pitch 1 ile 2 arasındadır.

ÇKBT'de ise pitch kavramı iki farklı şekilde tanımlanmaktadır. Bunlardan birincisi spiral BT'de olduğu gibi tütün tam bir rotasyonu süresinde masa hızı kesit kalınlığı oranı olarak hesaplanır. İkinci yöntemde ise tam bir rotasyon süresinde olan masa hareket miktarının kolime ışın demeti genişliğine oranı şeklinde değeri hesaplanır ve beam pitch (P^*) değeri olarak ifade edilir(33) ($P^* = \text{masa hızı} / \text{kesit kalınlığı}$). Bu yöntemde tek bir aktif detektör kanalının kesit kalınlığı kullanılır. Bahsedilen yöntemlere örnek verecek olursak 4 detektörlü bir ÇKBT'de ikinci yöntemde 3 olarak verilen pitch değeri birinci yönteme göre 0,75'e karşılık gelir. Her iki yöntemde sonuç aynı olmakla birlikte hesaplama yönteminin bilinmesi karşılaştırılmalar açısından önemlidir.

2. Pitch değeri ve görüntü kalitesine etkisi

Farklı kesit kalınlıkları için değişken z aks duyarlılığı (SSP – section sensitivity profiler ve görüntü artefaktları) rekonstrüksiyon algoritmasında pitch tercihinin denk olmasına ihtiyaç duyar(29). Pitch belli bir değer üzerine çıktığında SSP belirgin derecede uzar buna bağlı olarak gerçek kesit kalınlığı (full width at half maximum; FWHM) nominal kesit kalınlığına göre belirgin biçimde genişler.

Bazı firmalar cihazlarında uzaysal çözünürlüğün önemli olduğu klinik durumlarda pitch faktörünün 3, yüksek hacimlerin kısa zamanda taranmasının gerekli olduğu durumlarda 6 pitch'in kullanılmasını önermektedir.

3. Kesit kalınlığında azalma

ÇKBT teknolojilerindeki gelişimle orantılı olarak minimum kesit kalınlıkları elde edilmiştir. Kesit kalınlığını belirleyen aktif en küçük detektör kalınlığıdır. Bugün için bu değer 0,5 – 0,625 arasında değişmektedir(33). ÇKBT sayesinde bu denli ince

kesitler alınabilmekte, isteğe bağı görüntü planları değiştirilebilmekte, multiplanar reformasyon, volüm reformat ve 3 boyutlu rekonstrüksiyonlara olanak sağlanmaktadır.

4. Gantri rotasyon süresinin kısalması

16 detektörlü ÇKBT'de rotasyon zamanı 0,40-0,42 saniye arasında olup rutin temporal rezolüsyon 80-200 ms'ye düşürülmüştür. Bu değerler klinikte koroner kalsiyum skorlama ve koroner arter anjiyografi gibi kardiyak uygulamaların yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca kalp atımındaki eşik değer temporal rezolüsyonla daha yüksek değerlere ulaşmıştır ki (80-85 atım) taramada bu değer önem kazanmıştır(12). Kalp hızı ve ritmi uygun hastalarda koroner arterlerin proksimal ve orta segmentlerinin BT anjiyografi ile değerlendirilmesi mümkün hale gelmiştir(34).

5- Tarama hızındaki artış

ÇKBT sistemlerinde tarama hızının artmasında esas etkenler gantri rotasyon süresinin kısa olması ve pitch faktörünün artmasıdır. 4 detektörlü taramalarda bu özellik sayesinde 0,5 saniye rotasyon zamanı ile karşılaştırıldığında konvansiyonel tek dedektörlü BT'ye göre 8 kat daha hızlı bulunmuştur. Gelişmiş ÇKBT'lerde konvansiyonel spiral BT ye göre 8-20 kat daha hızlı tarama yapılabilmektedir(12).

6- X ışınından yararlanma faktöründe artış

ÇKBT de kullanılan x ışınının longitudinal eksenindeki toplam kalınlığı konvansiyonel tek detektörlü BT'ye göre daha fazladır. ÇKBT'de seçilen dedektör konfigürasyonuna göre x ışını kolimasyonu daha geniştir(33). Konvansiyonel helikal BT de kullanılmayan, bir ölçüde ziyan edilen x ışınları multidedektör sistemlerinde veri elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

X ışını yararlanmasında bu artışla tüp yüklenmesi azaltılmakta ve helikal taramanın tüp soğutması için bekleme süresi olmaksızın daha uzun süreler devam edilebilmesine imkân sağlamaktadır. X ışını yararlanma faktörünün artması dolayısıyla tüp ömrü de belirgin olarak uzamaktadır(31).

7-Radyasyon dozu

ÇKBT kullanımı ile birlikte hasta radyasyon dozunun arttığı yönünde başta genel bir kanı oluşmuştur. Ancak yapılan deneysel çalışmalar sonucunda çıkan sonuç çekim parametrelerinin görüntü kalitesini bozmayacak şekilde ayarlanması ile radyasyon dozunun spiral BT çekiminden farklı olmadığıdır. ÇKBT'lerde dedektör sayısı arttıkça verilen radyasyon miktarı da azalmaktadır(10). Diğer bir etken ise tüp potansiyellerinin (pik kilovolt ve miliamper) düşürülmesinin yanında ÇKBT'lerde pitch değerinin artırılması ile benzer görüntü kalitesinin elde edilmesi nedeniyle radyasyon dozu düşürülmektedir(33).

ÇKBT'NİN AVANTAJLARI

1- Rutin incelemelerde tarama süresinin kısalığı özellikle çocuk yaş gruplarında, genel durumu kötü, travmalı ve kooperasyon kurulamayan hastalarda ÇKBT ile son derece hızlı bir şekilde incelemenin yapılabilmesini sağlamaktadır.

2- Hızlı tarama yeteneği sayesinde solunum ve barsak hareketlerinden kaynaklanan artefaktlar önlenmiştir.

3- Yüksek temporal rezolüsyonla geniş volümlerin taranabilmesi sanal endoskopi uygulamalarına olanak sağlamıştır.

4- Çok fazlı kontrastlı çalışmalarla parankimal organlarda küçük çaplı lezyonların kontrastlanma karakterleri belirlenebilmiştir. Örneğin karaciğerde üst üste iki kere arteriyel faz taraması yapılabilmekte ve bu şekilde sirotik hastalarda daha çok sayıda erken evre karaciğer kanserinin saptandığını gösteren çalışmalar vardır(35).

5- Tarama hızının artmasıyla torako-abdominal rutin incelemeler tek nefes tutma süresinde gerçekleştirilebilmektedir.

6- Hızlı taramayla BT anjiyografi incelemelerinde kullanılan total kontrast madde miktarı azalmıştır. Bu yöntemle daha yüksek iyot konsantrasyonunda, artmış enjeksiyon hızıyla incelemelere olanak sağlanmıştır(33).

7- ÇKBT ile geniş hacimlerin daha hızlı incelenebilmesi özellikle BT anjiyografi incelemelerinde çığır açmıştır. BT anjiyografi ile tüm düzeylerde aortanın disseksiyon veya anevrizma yönüyle değerlendirilmesi, renal arter patolojileri, koroner anjiyografi, intraserebral karotid düzeye kadar karotis ve alt ekstremitte arterlerinin anevrizma-disseksiyon, aterosklerotik darlıkları, parankimal organlarda arteriyel ve

venöz fazlarının değerlendirilmesi, özellikle karaciğerde trifazik incelemeler gibi bir çok uygulamaya olanak vermiştir(29).

8-İnce kesit kalınlığında gelinen son gelişmelerle multiplanar reformasyonlar ve üç boyutlu görüntüler optimal elde edilebilmektedir.

2.4.4. ÇKBT ile kardiyak görüntüleme

ÇKBT ile kardiyak görüntüleme görüntü elde etmek için iki yöntem kullanılır. Bunlar prospektif EKG tetikleme ve retrospektif EKG pencereleme yöntemleridir.

Prospektif EKG tetikleme

Kardiyak fazın belirli kısımlarında ve genellikle geç diastolde R-R mesafesinin % 40 ve % 80'inde EKG tetiklemeli tarama yapılır.Bu yöntemde kısmi tarama tekniği ile tüp rotasyon zamanı %50-%55 oranında azalmakta ve bunun sonucunda temporal rezolüsyon 250 msn ve altında sağlanabilmektedir. 16 kesit BT lerde rotasyon zamanı 0,40-0,42 sn ve temporal rezolüsyon 80-200 msn arasındadır(11, 12).

ÇKBT'nin, helikal BT veya EBBT ile karşılaştırıldığında büyük bir avantajı EKG uyumlu olarak dedektör sayısına göre 4 veya daha fazla dedektörle görüntü elde edilmesidir. Bu şekilde yaklaşık 12 cm olan tüm kalp volumünün taranması kesit kalınlığına göre tek nefes tutma ile cihaza göre 5-20 sn içinde tamamlanır.

Bu yöntemle kardiyak kontraksiyonlara ve solunun hareketlerine bağlı artefaktların oluşması daha az olasıdır.

Prospektif EKG tetiklemeli çekim EBBT'de hem kalsiyum skorlama hemde koroner anjiyografi için standart tekniktir. ÇKBT'de ise temel olarak koroner kalsiyum skorlama çekimi için kullanılır ayrıca kalp morfolojisini değerlendirmede; özellikle konjenital anomaliler, anevrizma, trombus ve tümör tanısında da kullanılabilir. Retrospektif yöntemde göre, diğer bir avantajı da daha düşük doz ile çekimin gerçekleştirilmesidir(12).

Retrospektif EKG pencereleme

Retrospektif yöntemde EKG kaydı eşliğinde devamlı spiral tarama yapıldıktan sonra elde edilen ham verilerden R-R aralığının belirlenen kısımlarından retrospektif olarak rekonstrüksiyon yapılır.

Retrospektif pencereleme ile elde edilen görüntülerin kalitesi prospektif tetikleme yöntemine göre daha iyidir Retrospektif yöntemde overlapping rekontruksiyonlar için radyasyon ekspozuru artmıştır. Bu yöntemle MIP, MPR, VRT ve 3 –D görüntüler daha yüksek kalitede elde edilir(12).

Multifaz rekontruksiyonla faz seçimi ve fonksiyonel kardiak görüntüleme yapılmasına olanak sağlanır. Kardiak aritmilerde rekontruksiyon çekimlerin sensitivitesi düşüktür.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Hasta grubu

Bu çalışmada koroner arter hastalığı semptomları nedeniyle kardiyoloji tarafından selektif koroner anjiyografi uygulanan ve herhangi bir terapötik işlem yapılmayan 100 olguya ÇKBT ile koroner kalsiyum skorlama yapıldı.

Olgular 10 yıllık yaş aralıklarına göre; 30-39 yaş, 40-49 yaş, 50-59 yaş, 60-69 yaş ve 70 yaş üstü olmak üzere 5 gruba ayrıldı. Olguların koroner arterleri, kalsifikasyon varlığı ve varsa miktarı yönünden değerlendirildi. Elde edilen sonuçlar koroner anjiyografide tespit edilen stenoz oranları ile karşılaştırıldı.

3.2. ÇKBT çekim protokolü

İncelemeler Çok Kesitli BT (Philips Brilliance 16 slice CT, Holland) cihazı ile kontrast madde kullanmaksızın yapıldı. Bütün incelemeler, 3 mm kesit kalınlığı ve 2.4 mm masa hareketi, 55 mA, 120 kV, gantri rotasyon süresi 0.5 sn parametreleri ve HeartBeat calcium scoring algoritması kullanılarak gerçekleştirildi. Hasta supin pozisyonunda yatar halde topogram görüntüsü alındıktan sonra, karinanın 1 cm altından itibaren tüm kalbi içerisine alacak şekilde, yaklaşık 20 sn tek nefes tutma süresinde ve kalp hareketlerini en aza indirebilmek için middiastolde (%80 R-R aralığında) EKG tetiklemesi eşliğinde, 30-40 adet aksiyel kesit alındı.

3.3. Görüntülerin yorumlanması

İncelemede başlıca dört ana koroner arter; sol ana, sol sirkumfleks, sol anterior desendan ve sağ ana koroner arter tüm traseleri boyunca kalsifiye lezyon varlığı yönünden değerlendirildi. Koroner arterlerdeki kalsiyum miktarı "AccuImage Workstation" programı yardımıyla Agatston skorlaması kullanılarak hesaplandı.

Koroner kalsiyum skorlama yöntemi olan Agatston skorlamasına göre, bir birine komşu 2-3 piksel için 1 mm^2 'den geniş bir alanda, BT dansitesi 130 HÜ'den yüksek olan lezyonlar kalsifikasyon lehine değerlendirilmektedir(21,22). Aksiyel kesitler üzerinde işaretlediğimiz her bir lezyonun alanı, dansitesi ve kalsiyum skoru bilgisayar yazılım programı tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır. Her kalsifiye lezyon için kalsiyum skoru, lezyon alanı ile lezyon dansitesine göre belirlenmiş olan dansite

skorunun çarpılması sonucu belirlenmektedir. Tüm koroner arterlerdeki kalsiyum skoru toplanarak toplam Agatston skoru(KAKS) hesaplanmaktadır.

Bu skor yaş ile birlikte artış gösterdiğinden cinsiyet ve yaşa göre hangi persentilde olduğu cihaz yazılım programı vasıtasıyla hesaplandı(11, 36, 37).

KAKS : ALAN X DANSİTE SKORU

Lezyon dansitesine göre 130-199, 200-299, 300-399 ve >400HÜ olarak sınıflandırıldığında dansite skorları sırasıyla 1,2,3, ve 4 olarak belirlendi.

3.4. Selektif koroner anjiyografi

Selektif koroner anjiyogramlar hastanemizin kardiyoloji bölümü tarafından ÇKBT'den birkaç gün önce transfemoral Judkins tekniği kullanılarak yapıldı. Sol koroner sistem için dört projeksiyon ve sağ koroner sistem için iki projeksiyonda görüntüler alındı. Stenoz oranları görsel olarak iki planda daha proksimaldeki normal segmentlerle karşılaştırılarak tespit edildi. Stenoz oranları AHA'nın belirlediği şekliyle 6 kategoride değerlendirilmiştir(Tablo 6)(38). Herhangi bir koroner arterde ≥ 50 darlık olması KAH alt grubu olan obstruktif KAH olarak kabul edildi.

Tablo 6: Koroner arter stenoz yüzdeleri

Tanım	Stenoz yüzdesi
Duvar irregülaritesi	<%25
Hafif	%25-50
Orta	%51-74
Hemodinamik olarak anlamlı	%75-89
Subtotal	%90-99
Okluzyon	%100

Çalışmaya aldığımız olgularda ilk olarak toplam KAKS değerlerinin yaş grupları ve cinsiyet ile olan ilişkisi araştırıldı. SKA'da tespit edilen stenoz oranları (≥ 50 ve < 50 olan gruplarda) KAKS değerleri ile karşılaştırıldı. Daha sonra KAKS'ın (0, >20,

>80, >100, >400) SKA ile tespit edilen anlamlı stenozu belirlemedeki sensitivite ve spesifite değerleri hesaplandı.

Çalışmamızın verileri SPSS (Versiyon 10.0) programına yüklenerek, verilerin değerlendirilmesinde Kruskal-Wallis testi, Man Whitney U testi, Khi-kare testi ve korelasyon analizi uygulanmış olup verilerimiz tablolarda ortalama \pm standart sapma, birey sayısı ve yüzdesi şeklinde belirtilmiş olup yanılma düzeyi 0,05 olarak alındı.

4. BULGULAR

Çalışmaya aldığımız 100 olgunun 38'i kadın (%38), 62'si (%62) erkek olup ortalama yaş 59,79 +/- 11,86 (34-84) idi. Olgularımıza ait bulgular tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 7: Olguların yaşları, cinsiyetleri, persentil değerleri, toplam ve her bir koroner arterin kalsiyum skorları ve anjiyografide tespit edilmiş stenoz oranları (%)

OLGU	YAŞ	CİNSİYET	PERSEN- TİL	TOTAL KAKS	KORONER ARTER KALSİYUM SKORLARI				SELEKTİF KORONER ANJİYOGRAFİ BULGULARI			
					LM	LAD	CX	RCA	LM	LAD	CX	RCA
1	85	Kadın	%90	1025	25	605	90	405	Normal	%70	%60	%100
2	43	Kadın	%100	250,1	0	719,6	146	663,8	Normal	Plak	%50	%100
3	45	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	%40	Normal	%40
4	52	Kadın	%95	129	0	82	0	47	Normal	%70	%60	%70
5	80	Erkek	%84	1048	0	648	107	293	Normal	%70	%60	%70
6	76	Kadın	%75	250	13	129	31	77	Plak	%100	Plak	%50
7	41	Erkek	%98	408	0	408	0	0	Normal	%50	%60	%100
8	70	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	%40	%40
9	70	Erkek	%20	24	0	14	0	10	Normal	Plak	Normal	Plak
10	63	Erkek	%97	2099	0	717	0	1382	Normal	%90	Normal	%90
11	62	Erkek	%55	76	0	76	0	0	Normal	%70	Normal	Plak
12	47	Erkek	%73	17,8	0	17,8	0	0	Normal	%90	Normal	Plak
13	68	Erkek	%40	48	10	28	10	0	Normal	%90	%30	%50
14	51	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
15	48	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
16	44	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
17	50	Erkek	%83	136	0	0	0	136	Normal	Normal	Normal	Plak
18	47	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
19	56	Kadın	%74	8,8	0	8,8	0	0	Normal	%98	Normal	%30
20	80	Erkek	%63	356	21	277	0	58	Normal	%70	Normal	%30
21	73	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Plak	Normal	Normal
22	49	Erkek	%71	14,1	0	12,3	1,8	0	Normal	%80	%30	%50

23	80	Erkek	%91	1731	0	1317	142	212	Plak	%90	%50	%70
24	60	Erkek	%98	789	0	598	157	33	Normal	%100	Plak	%30
25	39	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
26	70	Erkek	%72	61	0	61	0	0	Normal	Plak	%50	Plak
27	55	Erkek	%59	55,2	54	1,2	0	0	Normal	Plak	%30	Normal
28	65	Erkek	%87	726	9	585	1	131	Normal	%70	%70	%100
29	40	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
30	79	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
31	67	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
32	64	Erkek	%91	972	370	601	0	0	Normal	%90	%90	%98
33	53	Erkek	%47	4,4	0	0	4,4	0	Normal	%80	%80	%70
34	60	Kadın	%75	35,5	1	34,5	0	0	Normal	%90	Normal	Normal
35	45	Erkek	%71	14	0	0	2,1	11,9	Normal	%60	%80	%90
36	51	Erkek	%49	5,2	0	5,2	0	0	Normal	%70	Plak	Plak
37	47	Kadın	%99	481	0	481	0	0	Normal	%100	Normal	Plak
38	67	Kadın	%72	65	0	65	0	0	Normal	Plak	Plak	Plak
39	48	Erkek	%96	327	0	208	119	0	Normal	%100	%80	%70
40	54	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
41	58	Erkek	%95	980	0	357	46	567	Normal	%60	%50	%60
42	64	Erkek	%24	1	0	1	0	0	Normal	Plak	Normal	%50
43	61	Erkek	%60	96	4	69	0	23	Normal	%60	%70	%60
44	54	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
45	60	Erkek	%40	22	0	22	0	0	Normal	%50	Normal	Normal
46	47	Erkek	%47	18	18	0	0	0	Normal	%20	Plak	Normal
47	61	Erkek	%84	430	0	430	0	0	Normal	%50	Plak	Plak
48	58	Erkek	%38	6	0	6	0	0	Normal	Plak	%70	Normal
49	58	Erkek	%91	609	0	603	0	0	%30	%60	%50	%20
50	55	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
51	43	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
52	53	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
53	73	Kadın	%51	79	79	0	0	0	Normal	%40	Plak	Normal
54	56	Erkek	%53	34,8	0	33,4	0	1,4	Normal	%60	Normal	%30
55	60	Kadın	%95	780	0	515	120	145	Normal	%70	%30	%40
56	66	Erkek	%40	49	0	49	0	0	Normal	Plak	Plak	Plak
57	44	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Plak	Plak	Plak

58	53	Erkek	%93	330	0	263	0	67	Normal	%30	Plak	Plak
59	64	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Plak	Normal	Normal
60	76	Kadın	%16	10	0	10	0	0	Normal	%80	Plak	%30
61	70	Erkek	%12	2,6	0	2,6	0	0	Normal	Normal	Normal	Plak
62	65	Erkek	%66	241	0	195	44	2	Normal	%90	%80	%60
63	70	Kadın	%90	411	0	310	101	0	Plak	%90	%100	%100
64	75	Erkek	%39	84	30	0	0	54	Normal	%70	%70	%50
65	50	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
66	78	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
67	34	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
68	67	Erkek	%49	90	14	54	0	21	Normal	%50	Normal	%90
69	43	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
70	60	Erkek	%40	21	0	21	0	0	Normal	%50	Normal	Plak
71	51	Kadın	%90	32,7	0	14,3	17,3	1,2	Normal	Plak	Plak	Plak
72	50	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
73	73	Kadın	%45	45	27	17	1	0	Normal	%60	Normal	%60
74	62	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Plak	Plak	Plak
75	60	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Plak	Plak
76	34	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
77	68	Kadın	%66	32,7	0	32,7	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
78	78	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
79	60	Kadın	%98	827,7	0	122,5	189,5	515,7	Normal	%70	%30	%50
80	55	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	%20	%20	Plak
81	74	Erkek	%71	598	57	143	105	293	Normal	%90	%60	%100
82	76	Kadın	%70	228,7	63,2	53,9	28,4	85,1	Normal	%60	%30	%40
83	38	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
84	67	Erkek	%71	309	276	0	1	31,9	Normal	%60	Normal	Normal
85	73	Erkek	%67	452,5	214	0	202,7	35,8	Normal	%60	%100	%70
86	71	Erkek	%43	39,1	0	39,1	0	0	Normal	%100	Normal	%55
87	60	Erkek	%50	57	57	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
88	78	Kadın	%47	60,8	4	20,3	30,5	6	Normal	%80	%70	%40
89	46	Kadın	%99	387	0	184	203	0	Normal	%100	%60	Normal
90	65	Kadın	%78	140,7	72,7	51,5	16,5	0	Normal	%80	%70	%50
91	50	Kadın	%88	9,1	0	9,1	0	0	Normal	%100	%50	Normal
92	65	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	%90	%90	Normal

93	40	Kadın	0	0	0	0	0	0	Normal	Normal	Normal	Normal
94	70	Erkek	%68	465	0	204	33	228	Normal	%90	%60	%70
95	75	Kadın	%31	14,6	0	4,6	10	0	Normal	%100	%90	%60
96	70	Erkek	%81	934	0	762	37,8	134,2	Normal	%90	Plak	%30
97	46	Erkek	%61	2,5	0	2,5	0	0	Normal	%100	Plak	Plak
98	65	Erkek	%47	80	32,5	47,5	0	0	Normal	%90	Normal	%100
99	53	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	%40	%40	Normal
100	52	Erkek	0	0	0	0	0	0	Normal	%30	%30	Normal

Tüm bireylerde yaş ile toplam kalsiyum skoru arasında pozitif yönlü ilişki bulundu. ($r=0,25$). Buna göre yaş arttıkça toplam kalsiyum skorunda artmaktadır($p<0,05$).

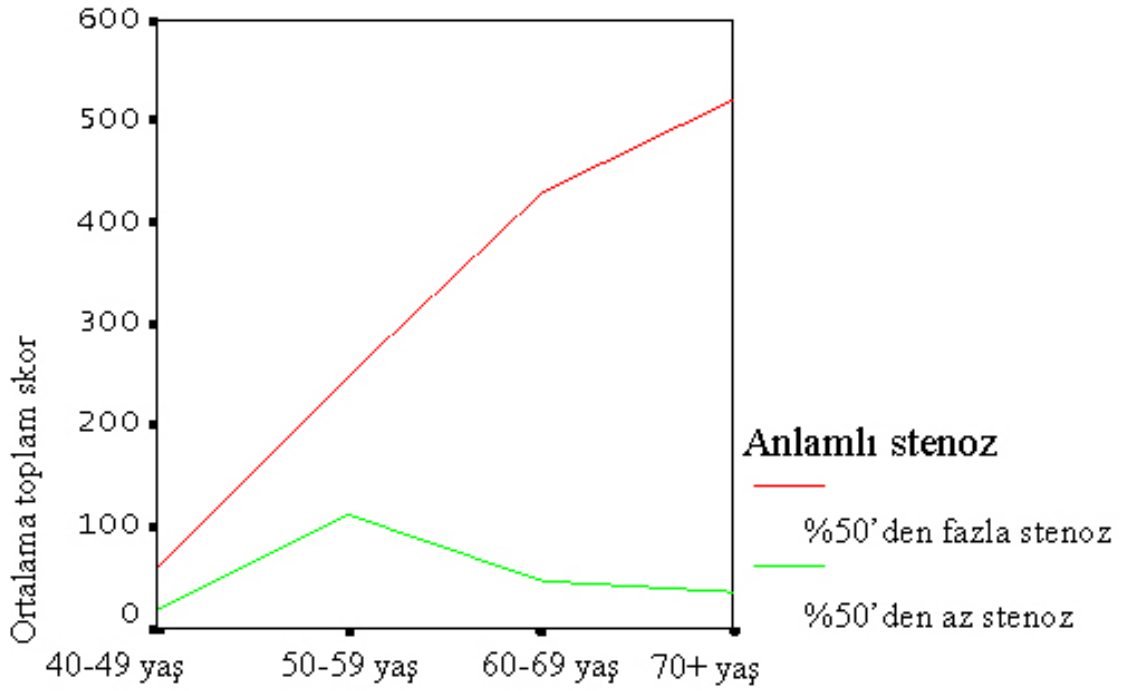
Stenoz oranı ≥ 50 olan bireylerin toplam skorları yaş gruplarına göre karşılaştırıldığında yaş grupları arası farklılık önemli bulunmuştur($P<0,05$).

Stenoz oranı <50 olan bireylerde ise toplam skor yaş gruplarına göre karşılaştırıldığında farklılık önemsiz bulunmuştur($P>0,05$)(Tablo 8, Grafik 2).

Tablo 8: Stenoz oranları <50 ve ≥ 50 olan bireylerin yaş gruplarına göre toplam skorlarının dağılımı

Yaş Grupları	≥ 50		<50	
	n	$\bar{X} \mp S$	n	$\bar{X} \mp S$
40-49	5	59,72 \mp 106,58	1	18,00
50-59	12	248,44 \mp 315,76	5	110,78 \mp 132,43
60-69	19	447,83 \mp 523,39	5	44,94 \mp 17,93
70+	18	651,00 \mp 767,52	3	35,20 \mp 39,41
		KW=8,68		KW=1,85
		P=0,034		P=0,604
		P<0,05		P>0,05
		Önemli		Önemsiz

Grafik 2: ≥ 50 ve <50 koroner arter stenozuna sahip olguların yaş gruplarına göre KAKS değerleri



Stenoz oranları ≥ 50 ve < 50 olan kadın ve erkeklerin toplam skorları karşılaştırıldığında cinsiyetler arası farklılık önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$) (Tablo 9).

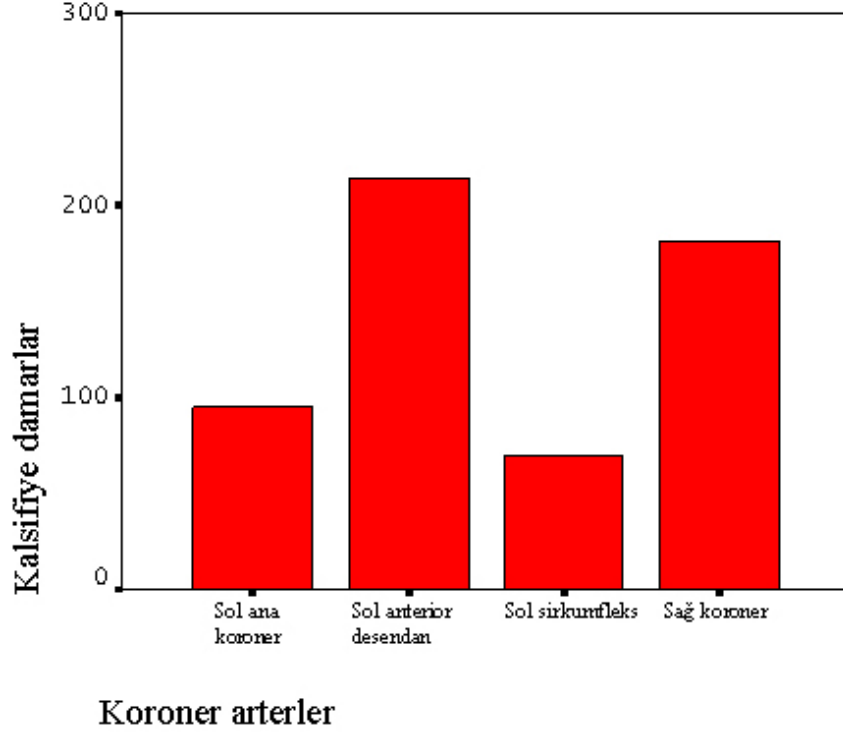
Tablo 9: Stenoz oranları ≥ 50 ve < 50 olan kadın ve erkeklerde toplam skorların karşılaştırılması

Cinsiyet	≥ 50		< 50	
	n	$\bar{X} \pm S$	n	$\bar{X} \pm S$
Kadın	19	282,38 \pm 313,52	5	41,88 \pm 30,96
Erkek	36	392,04 \pm 499,21	9	76,97 \pm 102,53
		P=0,804		P=0,947
		P>0,05		P>0,05
		Önemsiz		Önemsiz

33 hastada ÇKBT ile ölçümde kalsiyum skoru sıfır olarak belirlenirken koroner anjiyografide 1 olguda ≥ 50 stenoz saptanmıştır. Buna göre yöntemimizin negatiflik (yanılma) oranı %3 iken güvenilirliğimiz %97'dir.

Çalışmaya aldığımız olgularda en sık sol anterior desendan arterde ve ikinci sıklıkta sağ koroner arterde kalsifikasyon tespit edildi(Grafik 3).

Grafik 3: KAKS'ı pozitif olan koroner arterlerin karşılaştırılması



SKA'da 100 olgumuzun 56'sında anlamlı koroner arter stenozu vardı. Bunlardan 1 olguda KAKS sıfır bulundu. Diğerlerinde KAKS pozitifdi. SKA'da 24 olgunun koroner arterleri normaldi. SKA'sı normal olan 22 olgunun KAKS'ı sıfır bulundu. SKA'ya göre normal olguların birinde KAKS 32.7 ve persentil %66 olup diğerinde ise KAKS 57 ve persentil %50 idi.

KAKS'ı pozitif olan 67 olgu tespit ettik. Bunlardan 55 olguda anlamlı koroner arter stenozu (\geq %50 luminal darlık) ve 10 olguda %50'den daha az stenoz mevcuttu. KAKS'ı pozitif olan 2 olguda SKA normal bulundu.

KAKS'ı sıfır saptadığımız 33 olgumuz vardı. KAKS'ı sıfır olan 1 olguda anlamlı koroner arter stenozu, 10 olguda %50'den daha az stenoz mevcuttu. Bu gruptaki 22 olgunun SKA'sı normaldi(Resim 5a,b).

ÇKBT ile koroner arterlerde kalsiyum saptanan grupta anlamlı stenoz (≥ 50 luminal darlık) durumuna göre sensitivite %98 ve spesifite %70 olarak bulunmuştur(Resim 6a,b).

KAKS >20, >80, >100 ve >400 olarak karşılaştırıldığında anlamlı stenoz için sensitivite ve spesifite değerleri tablo 10'da gösterilmiştir.

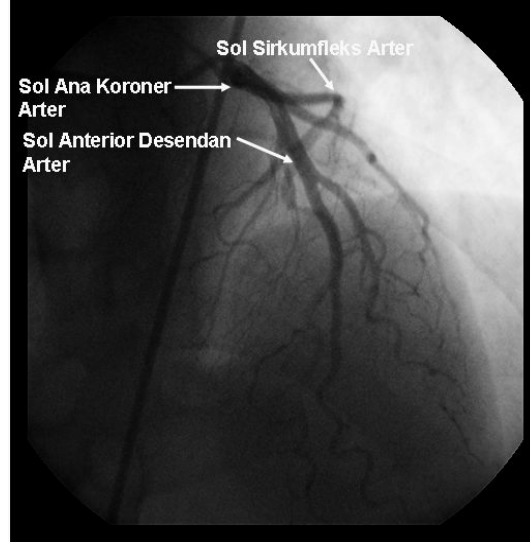
Tablo 10: : KAKS >20, >80, >100 ve >400 olarak karşılaştırıldığında anlamlı stenoz için sensitivite ve spesifite değerleri

KALSİYUM SKORU	SENSİTİVİTE %	SPESİFİTE %
>20	62	84
>80	61	84
>100	56	84
>400	35	100

KAKS>0 olan grupta % 50'den fazla stenoz oranı için eşik değer olarak 79 skoru bulunmuştur. Eşik değer için sensitivite % 62.3 ve spesifite % 84,6 olarak hesaplanmıştır.

SKA ile kadınlarda % 50 oranında, erkeklerde ise % 58 oranında obstrüktif hastalık tespit edilmiş olup cinsiyetler arasında fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır($t = 0,66$; $p > 0,05$).

OLGU 1: Koroner arter semptomları nedeni ile değerlendirilen 40 yaşında erkek olgu.



a

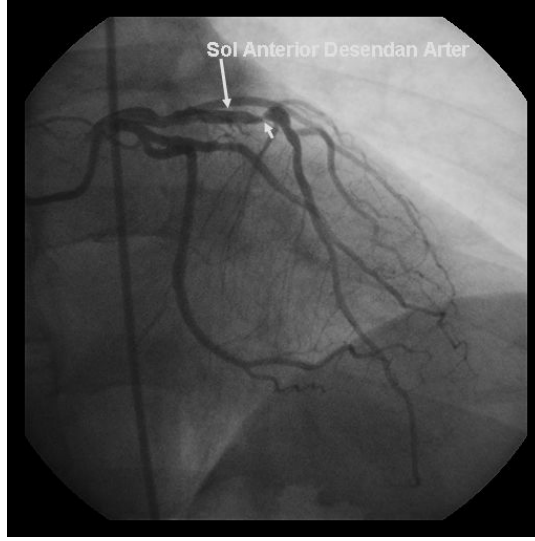


b

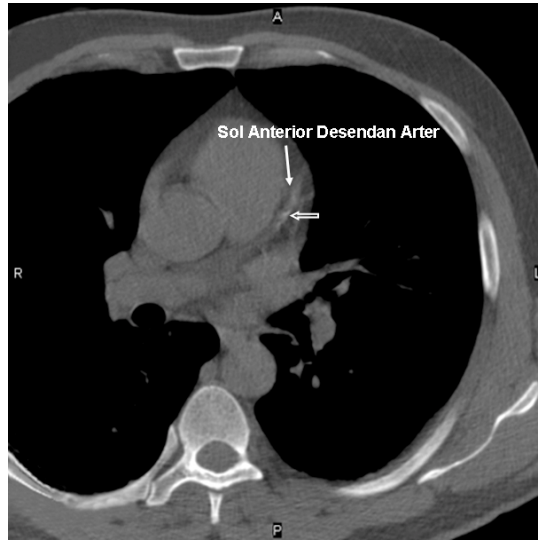
Resim 5: a- SKA'da koroner arterlerin kalibrasyon ve konturları normal bulundu.

b- ÇKBT'de koroner arterlerde kalsifikasyon saptanmadı

OLGU 2: Koroner arter semptomları nedeni ile değerlendirilen 47 yaşında erkek olgu.



a



b

Resim 6: a- SKA'da sol anterior desendan arterde %90 stenoz izlenmekte(kısa ok).

b- ÇKBT'de sol anterior desendan arterde kalsifikasyon saptandı(açık ok).

KAKS'ı 17.9 olup yaş grubuna göre persentili %73'dür.

5. TARTIŞMA

Koroner arterlerde kalsifikasyon varlığı koroner aterosklerozun kesin bir göstergesidir. Yapılan klinik ve histopatolojik çalışmalar, damar duvarında biriken kalsiyum miktarı ve toplam aterosklerotik plak yükü arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir(21).

Gelecekteki kardiyovasküler hastalık riskini önceden belirlemede koroner arter kalsiyum miktarı ve dağılımının saptanması önemli bilgiler vermektedir (21).

Asemptomatik kişilerde KAKS'ı 1-10 arasında olanlarda ciddi tıkaçıcı koroner hastalık olma olasılığı düşüktür (< % 10). Skor 11-100 arasında ise koroner aterosklerotik hastalık gelişimi hafif derecededir ve ciddi koroner arter tıkaçıcı lezyon bulunma ihtimali % 20 veya altındadır. Orta derecede kardiyovasküler riske sahiptir. Kalsiyum skoru 101 -400 arasında ise koroner aterosklerotik hastalık gelişimi orta derecededir. Nonobstruktif koroner arter lezyonlarının bulunma olasılığı yüksek olup ciddi obstruktif koroner arter lezyonu bulunması da muhtemeldir. Kardiyovasküler risk ise orta-yüksek derecededir. Kalsiyum skoru 400'den fazla ise koroner arteroskleroz gelişimi şiddetlidir ve en az 1 koroner arterde ciddi obstruktif lezyon bulunma olasılığı % 50'nin üzerindedir. Kardiyovasküler risk ise yüksek derecededir(39- 41).

EBBT ile KAKS yapılan bir çalışmada 632 asemptomatik olguda, kardiyovasküler olay (KVO) oranı için olgular 32±7 ay takibe alınmış KAKS 0 olan grupta %0.11, KAKS 1-100 olan grupta %2.1, KAKS 101-400 olan grupta %4.1, ve KAKS >400 olan grupta %4.8 oranında KVO gelişmiştir. Olguların KVO ortalamaları ve KAKS arasında lineer bir ilişki bulunmuştur(42).

KAKS ve myokardial SPECT ile 411 asemptomatik olgu üzerinde yapılan bir çalışmada, KAKS değeri arttıkça SPECT'de perfüzyon defekti saptama oranında artış tespit edilmiştir. SPECT'de perfüzyon defekti KAKS <10 olan grupta belirlenmemiş, KAKS 11 -100 olan grupta %2.6, KAKS 101 -400 olan grupta 11.3 ve KAKS >400 olan olguların %46'sında pozitif bulunmuştur. KAKS >400 olan olguların konvansiyonel anjiyoya yönlendirilmelerinin faydalı olacağı belirtilmiştir(42). Çalışmaya aldığımız olgularda KAKS'ı sıfır olan grupta %3, KAKS 1-10 olan grupta %88, KAKS 11-100 olan grupta %66, KAKS 101-400 olan grupta %83 ve KAKS >400 olan grupta %100 oranında SKA'da koroner arterlerde anlamlı stenoz tespit edildi. Yüksek pozitifliğimiz çalışma grubumuzun semptomatik olgular olmasıyla

ilgilidir. KAKS 1-10 olan grupta bulduğumuz yüksek oran ise bu gruptaki olguların düşük yaş ortalamaları nedeni ile yüksek persentilde olmalarıyla açıklanabilir.

KAKS 1 -10 olan grupta toplam 9 olgumuz vardı. SKA'da 2'sinde oklüzyon olmak üzere 8 olguda anlamlı koroner arter stenozu bulundu (anlamlı stenoz görülme oranı % 88). Bu olguların 2'sinde LAD arterinde oklüzyon saptandı. Oklüzyon saptanan olgulardan biri 46 yaşında erkek hasta olup düşük KAKS'a sahipti. Ancak bu olgu Agatston skorlamasına göre düşük yaş grubunda(45 -50 yaş) olmasından dolayı persentil değeri %61 olup kardiyovasküler hastalık için orta-yüksek derecede riske sahipti. Oklüziv koroner arter hastalığı bulunan diğer hastanın ÇKBT kesitlerinde LAD arterinde minimal kalsifikasyon gösteren, lümeni totale yakın dolduran hiperintens aterom plakları izlenmekte idi. Diğer anlamlı stenozu bulunan 6 olgunun benzer şekilde yaş ortalaması 53 olup (50 -55 yaş grubuna göre) persentil ortalaması %41 idi. Persentil değerine göre orta derecede kardiyovasküler hastalık riskine sahipti. SKA'sında anlamlı stenoz izlenmeyen bir olguda ise persentil %12 olup anlamlı koroner arter stenozu için risk düşük bulundu.

Kolesterol düşürücü ilaçlar ve antiagregan ilaçların koroner arter hastalığı riskini özellikle koroner aterosklerozun yeni başladığı asemptomatik kişilerde azalttığı bilinmektedir. Bu nedenle koroner arter hastalığı riskini koruyucu medikal tedavi ile azaltmak önem kazanmaktadır. Dolayısıyla kişinin koroner kalp hastalığı riskini belirlemek çok önemlidir(19,43).

KAKS 11 -100 olan gruptaki 27 olgumuzun SKA'sında 3'ünde oklüzyon olmak üzere 18 olguda anlamlı koroner arter stenozu saptandı (anlamlı stenoz görülme oranı %66) ve 7 olgu <50 stenozu sahip idi. 2 olguda SKA normaldi. Bu iki olgunun persentil değeri %65 ve %50 olup KAH için orta-yüksek risk grubu içerisine girmekte idi.

KAKS 101 -400 olan grupta toplam 12 olgunun SKA'sında, 4 tanesinde oklüzyon olmak üzere 10 olguda anlamlı koroner arter stenozu vardı (anlamlı stenoz görülme oranı %83). 2 olgunun ise <50 stenozu mevcuttu.

KAKS : >400 olan toplam 19 olgumuzun SKA'da 7'sinde oklüzyon olmak üzere hepsinde anlamlı koroner arter stenozu vardı (anlamlı stenoz görülme oranı %100).

Asemptomatik olgularda kalsiyum skoru 100'den büyük ise ve koroner arter semptomları bulunuyorsa primer kardiyovasküler risk faktörlerinin agresif kontrolü ile birlikte iskemik kalp hastalığı yönünden araştırılması gerekmektedir. Hasta kendi yaş

grubuna göre 75 persentilin üzerinde bir kalsiyum skoruna sahipse bir üst grupta önerilen tedavi yöntemlerine başvurulmalıdır(23).

Rumberger ve arkadaşları(18) kalsiyum skoru ve koroner anjiyo karşılaştırmalı yaptıkları bir çalışmada kalsifikasyon tespitinin kardiyovasküler ateroskleroz ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Fakat kalsifikasyon skorunun koroner anjiyoda tespit edilen lümenal darlığın segment düzeyinde tespit edilmesinde faydalı olmadığını belirtmişlerdir. Bu olay artan plak yükü ile birlikte luminal açıklığı sağlayabilmek için arteriyel yeniden şekillenmeyle koroner arter çapının artmasıyla açıklanabilir(27). Arteriyel yeniden şekillenme luminal stenozu engelleyerek SKA ile yanlış negatif sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir.

ÇKBT ile görüntüler 0.25-0.50 mm piksel boyutunda elde edildiğinden çok küçük miktarlardaki kalsifikasyon birikimleri doğru olarak tespit edilebilmektedir. Koroner arter duvarındaki plak ve içerisindeki kalsifikasyon başarı ile değerlendirilebilmektedir.

İntrakoroner ultrasonografi ile ÇKBT karşılaştırmalı çalışmalarda iki yöntem arasında korelasyon olduğu ancak ÇKBT'nin minimal kalsifikasyonları saptamada daha sensitif olduğu gösterilmiştir(43).

KAKS'in risk tahmin yöntemlerinden daha iyi bir prognoz belirleyicisi olduğu yapılan çok sayıda araştırma ile ispatlanmıştır. KAKS kardiyovasküler hastalık riskini tahmin etmede kullanılabilir tek bağımsız yöntemdir(19)

KAKS'in sıfır olması koroner arter aterosklerozunun olmadığını göstermese de, yaş ve cinsiyetten bağımsız olarak belirgin tıkaçıcı koroner arter hastalığı (\geq %50 luminal darlık) bulunma ihtimalinin hiç olmadığı veya % 2 gibi çok düşük olduğunu göstermektedir.

EBBT ile koroner kalsiyum skorlama ve koroner anjiyo uygulanan 150 olguluk karşılaştırmalı çalışmada EBBT ile kalsifikasyon bulunmadığında yalnız 1 olguda selektif koroner anjiyoda belirgin darlık tespit etmişlerdir(21).

Diğer bir çalışmada kalsifikasyon skoru 0 olduğunda, anjiyografik olarak saptanabilir tıkaçıcı koroner arter hastalığı bulunmadığı saptanmıştır(negatif prediktif değer %100)(25).

Agatston ve arkadaşları(22), otopsi incelemeleri ile yaptıkları bir çalışmada koroner kalsiyum skoru sıfır olduğunda % 2 oranında obstrüktif koroner lezyon

bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda 33 olgunun KAKS'ı sıfır bulundu. Bu grupta SKA'da yalnız 1 olguda LAD ve CX'de %90 stenoz saptanmıştır. Olgunun ÇKBT aksiyel kesitlerinde koroner arterlerinde yaygın hiperdens aterom plakları tespit edilmişti. Ancak plaklardan ölçülen BT dansite değeri maksimum +117 HÜ bulundu. Agatston skorlamasına göre BT dansitesi +130 HÜ'den düşük değerler kalsifikasyon olarak kabul edilmemesinden dolayı KAKS sıfır olarak raporlanmıştı(yanlış negatiflik %3). Kalsiyum skorlama yöntemi ile yanlış negatiflik düşük olasılıkla da olsa beklenen bir sonuçtur. Agatston skorlamasında 1mm²'den küçük lezyonlar dikkate alınmadığı için gözden kaçmalar olabilir. Kalsifikasyonların gösterilememesinin diğer bir nedeni ise kalp ve akciğer hareketlerine bağlı 2 ÇKBT kesiti arasında boşluklar olmasıdır.

Agatston skorlamasında ÇKBT ile elde edilen aksiyel kesitlerde koroner arterlerde, kalsifikasyon içermemesine rağmen kana göre hiperdens özelliğe sahip olan aterom plakları kolaylıkla görüntülenebilmektedir.

Kalsifiye olmayan plaklar genellikle %50'den daha az ve tipik olarak %20'den daha az çap daralmasına yol açarlar(44). Bu veriler göstermektedir ki, koroner kalsifikasyonun yokluğu, tıkaçıcı KAH olma olasılığının çok düşük olduğunu tahmin ettirmektedir.

Klinik anjiyografik çalışmalar KAKS'ın şiddeti ile anlamlı (koroner arter stenozu \geq %50) KAH varlığı arasındaki ilişkiyi doğrulamaktadır(13). ÇKBT'nin tanısallık doğruluğu yaşla birlikte artıyor olsa da, tıkaçıcı KAH'ı bulunan çoğu genç (< 50 yaş) olgunun da koroner kalsifikasyonu vardır (%85)(41). Çalışmamızda anlamlı koroner arter stenozu bulunan 50 yaşın altındaki olgularda %100 oranında koroner kalsifikasyon tespit edildi.

Bugüne kadar tıkaçıcı KAH'ı %50'den fazla luminal çap darlığı olarak tanımlayarak EBBT'yi koroner anjiyografi ile kıyaslayan çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda tıkaçıcı KAH'ı tespit etmedeki toplam sensitivite %95, spesifite %43 olarak bulunmuştur(42).

BT'nin düşük spesifitesi, koroner arter kalsifikasyonunun, her zaman tıkaçıcı vasıfta olmayan aterosklerotik plakların varlığını gösteriyor olması ile açıklanabilir. KAKS'ın düzeyi, kalsiyumun sadece var olmasına kıyasla tıkaçıcı KAH için daha iyi bir gösterge olabilir.

Yayınlarda kalsifiye koroner arter sayısı (yani yüksek KAKS) ile özgülüğün arttığı bildirilmektedir(25). Koroner anjiyografi için refere edilmiş olgu gruplarıyla ilgili iki ayrı çalışmada, en iyi olarak 100'den büyük bir KAKS'ın eşit olarak yüksek bir sensitivite ve spesifite ile (% 80) tıkaçıcı KAH'ı tahmin ettirdiğini göstermiştir(45).

Budoff ve arkadaşları(46) invaziv koroner anjiyografi ile karşılaştırmalı olarak yaptıkları çalışmalarında, obstrüktif koroner arter hastalığının saptanmasında EBBT ile saptanan koroner arter kalsifikasyonunun toplam sensitivitesini %95 ve toplam spesifitesini %66 bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda %50'den fazla stenoz ve oklüzyon tespit etmede ÇKBT ile sensitivite %98 ve spesifite %70 olarak bulunmuştur.

Aynı çalışmada koroner kalsiyum skoru >20, >80 ,>100 olan olgularda sensitivitenin sırasıyla %90, %79 ve %76 olarak azaldığı, spesifitenin ise %58, %72 ve %75 olarak artış gösterdiğini saptamışlardır(46). Çalışmamızda kalsiyum skoru artışı ile %50'den fazla stenoz ve oklüzyon tespit etmede sırasıyla sensitivitenin %62, %61 ve %56 olarak azaldığı, spesifitenin ise 84 olup değişmediği tespit edildi. Ancak 400'den büyük kalsiyum skoruna sahip grupta spesifite %100'e çıkarken sensitivite ise %35'e düşmüştür.

Çalışmamızda çoğu olgu için anlamlı koroner arter darlığının bekleneceği bir eşik değer için kalsiyum skoru 79 olarak bulundu. Eşik değer için sensitivite %62.3 ve spesifite %84.6 olarak hesaplandı.

Janowits ve arkadaşlarının(23) çalışmalarında 60 yaşına kadar kadınlarda belirlenen koroner kalsifikasyon prevalansının erkeklerin yarısı kadar olduğu, 60 yaşından sonra ise bu farkın azaldığı görülmüştür. Bizim çalışmamızda tüm bireylerde yaş ile toplam kalsiyum skoru arasında pozitif yönlü ilişki bulunmuştur. Stenoz oranları ≥ 50 ve < 50 olan kadın ve erkeklerin toplam skorları karşılaştırıldığında cinsiyetler arası farklılık önemsiz bulunmuştur($P > 0,05$). Kadınların toplam skorları erkeklerden daha düşük olmasına rağmen skor değerlerinin heterojen dağılması bu farkın ortaya çıkmasında etkindir. Bu durum çalışma grubumuzun semptomatik olgular olması ile ilgili olabilir.

Becker ve arkadaşlarının(47) obstrüktif koroner hastalığını saptamada invaziv koroner anjiyografi ile koroner kalsiyum skora karşılaştırmalı olarak yaptığı çalışmalarında, anjiyografide tespit edilen obstrüktif hastalık oranı kadınlarda %47 ve erkeklerde %56 bulunmuştur. Bu farkıda kadınlarda atipik göğüs ağrısının ve bunun

sebebi olarak mitral valv prolapsusu, koroner arter spazmı ve sendrom x'in kadınlardaki prevalansının erkeklere göre yüksek olması ile açıklamışlardır. Benzer konu ile ilgili olarak çalışmamızda invaziv koroner anjiyografi ile kadınlarda % 50, erkeklerde ise %58 oranında obstrüktif hastalık tespit edilmiş olup cinsiyetler arasında fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

ÇKBT ile koroner arter kalsiyum skorlama aterosklerotik hastalığın göstergesi olan koroner arter kalsiyum varlığının ve miktarının saptanmasında ve bununla ilişkili kardiyovasküler hastalık riskini önceden belirlemede son zamanlarda giderek yaygın olarak kullanılan noninvaziv bir tanı yöntemidir.

KAKS'ın risk tahmin yöntemlerinden daha iyi bir prognoz belirleyicisi olduğu yapılan çok sayıda araştırma ile ispatlanmıştır. Koroner kalsiyum skorlama kardiyovasküler riski tahmin etmede kullanılabilir tek bağımsız yöntemdir.

Çalışmamızda tek başına KAKS düzeyinin değil olgunun kendi yaş grubu içerisindeki persentil değerinde önemli olduğu görülmüştür.

ÇKBT ile KAKS, koroner arter stenoz tespitinde yüksek tanısal doğruluğu ile kabul edilebilir bir tetkiktir. Düşük negatiflik (% 3) ve yüksek güvenilirlik (% 97) değerleri ile KAKS koroner arter hastalığına bağlı anlamlı stenozun olmadığını ortaya koymada güvenilir bir tetkiktir. KAKS pozitif olan grupta anlamlı stenozu saptamadaki sensitivite %98 ve spesifite %70 olup anlamlı stenozu ortaya koymada oldukça duyarlı bir yöntemdir. ÇKBT ile KAKS'ın anlamlı stenozu belirlemedeki sensitivitesi KAKS artışı ile orantılı olarak azalmakta olup spesifitesi KAKS >400 için %100'e çıkmaktadır. Çoğu olgu için anlamlı stenozu belirlemede eşik değer olarak KAKS 79 bulunmuştur.

ÇKBT ile KAKS'da verilen efektif doz 0.9 mSv, SKA'da ise bu değer yaklaşık olarak 3 mSv olup SKA ile karşılaştırıldığında ÇKBT ile verilen efektif doz belirgin derecede azdır. SKA ile karşılaştırıldığında düşük radyasyon dozunda, tek nefes tutma süresinde, kontrast madde gerektirmeden çekimler gerçekleştirilmekte olup hasta rahatı ve olası komplikasyonlar açısından avantajları bulunan noninvaziv bir yöntemdir.

Bizim çalışmamızda ÇKBT bulguları bu konuda altın standart tanı yöntemi olan koroner anjiyografi ile uyumlu bulunmuştur. ÇKBT ile koroner kalsiyum skorlamasının SKA'da negatifliği yüksek oranda beklenen özellikle atipik göğüs ağrısı bulunan olguların anjiyografi tetkikinden önce elenmesinde ve invaziv testler için yüksek riskli olguların seçilmesinde noninvaziv bir tanı yöntemi olarak faydalı olacağı kanaatindeyiz.

7. KAYNAKLAR

- 1) Fox R. Trends in cardiovascular mortality in Europe. *Circulation* 1997;96:3817-3821
- 2) Türkiye Kalp Raporu .Türk Kardiyoloji Derneği 2000;13-14.
- 3) Chambless L, Keil U, Dobson A, et al. Population versus clinical view of case fatality from acute coronary heart disease-results from the WHO Monica Project 1985 - 1990. *Circulation* 1997;96:3849-3859.
- 4) Keelan PC, Bielak LF, Ashai K, et al. Long-Term Prognostic Value of Coronary Calcification Detected by Electron-Beam Computed Tomography in Patients Undergoing Coronary Angiography. *Circulation* 2001;104:412- 417.
- 5) Rodenwaldt J. Multislice computed tomography of the coronary arteries. *Eur Radiol* 2003 Apr;13(4):748-57.
- 6) Moore KL, Dalley AF. *Clinically Oriented Anatomy*. 5 th ed. Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore;2006;156
- 7) Ahmet Sonel. *Sonel Kardiyoloji* 4. baskı. Semih Ofset Basımevi Ankara 2002;4-7
- 8) Cem Heper. *Multidisipliner Kardiyoloji*. 2.baskı. Nobel-Güneş basımevi 2002;215-223
- 9) Fayad ZA, Fuster V. Clinical Imaging of the High-Risk or Vulnerable Atherosclerotic Plaque. *Circulation Research* 2001;89:305
- 10) Schroeder S, Andreas F, Baumbach A,et al. Noninvasive Dedection and Evaluation of Atherosclerotic Coronary Plaques With Multislice Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:1430-1435
- 11) Schoepf J, Christoph R, Becker A, et al. CT of Coronary Artery Disease. *Radiology* 2004;232:18-37.
- 12) Prokop M, Galansky M, Van Der Molen A, et al. *Spiral and Multislice Computed Tomography of the Body*. Ind edition Stuttgart. Newyork, Thieme 2003;761-807.
- 13) Horiquchi J.Yamamoto H, Akiyama Y, et al. Coronary Artery Calcium Scoring Using 16-MDCT and a Resrospective ECG-Gating Recontruaction Algoritm *AJR* 2004;183:103-108
- 14) Wexler L, Brundage B, Crouse J, et al. Coronary calcification: pathophysiology, epidemiology, imaging methods, and clinical implications. A statement for health proffesionalns from the American Heart Association. *Circulation* 1996;94:1175-1192.

- 15) Burke AP, Kolodgie FD, Farb A, et al. Morphological predictors of arterial remodelling. *Circulation* 2002;105:297-303.
- 16) Schmermund A, Mohlenkamp S, Erbel R. The latest on the calcium story. *Am J Cardiol* 2002;21:90 (10C):12L-14L.
- 17) Burke AP, Kolodgie FD, Farb A, et al. Healed plaque ruptures and sudden coronary death: evidence that subclinical rupture has a role in plaque progression. *Circulation* 2001;103:934-940.
- 18) Rumberger JA, Simons DB, Fitzpatrick LA, et al. Coronary artery calcium area by electron-beam tomography and coronary atherosclerotic plaque area: A histopathologic correlative study. *Circulation* 1995;92:2157-2162.
- 19) Akata D. Koroner kalsiyum skorlama ve koroner arter hastalığı riskini belirlemedeki rolü. *Türk Tanısal ve Girişimsel Radyoloji Dergisi Antalya* 2005;239-241
- 20) Erdoğan N, Altın L, Altunhan Ş. Elektron tomografi ile saptanan koroner arter kalsifikasyonunun yaş ve cinsiyet ile ilişkisi. *Türk Tanısal ve Girişimsel Radyoloji Dergisi* 2003;9:466-470
- 21) Herzog C, Britten M, Balzer J, et al. Multidetector-row cardiac CT: diagnostic value of calcium scoring and CT coronary angiography in patients with symptomatic, but atypical, chest pain. *Eur Radiol* 2004;14:169-177.
- 22) Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:827-832.
- 23) Janowitz WR, Agatston AS, Kaplan G, et al. Differences in prevalence and extent of coronary calcium detected by ultrafast computed tomography in asymptomatic men and women. *Am J Cardiol* 1993;72:247-254.
- 24) Bree JF, Sheedy PF, Schwartz RS, et al. Coronary artery calcification detected with ultrafast CT as an indication of coronary artery disease: works in progress. *Radiology* 1992;185:435-439.
- 25) Rumberger JA, Brundage BB, Rader DJ, et al. Electron beam computed tomographic coronary calcium scanning: A review and guidelines for use in asymptomatic persons. *Mayo Clin Proc* 1999;74:243-252.
- 26) Rumberger JA, Sheedy PF, Breen JF, et al. Electron Beam Computed Tomographic Coronary Calcium Score Cutpoints and Severity of Associated Angiographic Lumen Stenosis. *JACC Vol.29, No.7 June 1997:1542-1548*

- 27) Burke AP, Kolodgie FD, Farb A, et al. Morphological Predictors of Arterial Remodeling in Coronary Atherosclerosis. 2002 American Heart Association, Inc. *Circulation* 2002;105:297.
- 28) Katada K. Half-second, half millimeter real time multislice helical CT: CT diagnosis using Aquillon. *Medical Review* 68:1-8.
- 29) Oyar O. Tıbbi Görüntüleme Fiziği. 2. baskı. Tisamet Basımevi-ANKARA 2003;235-276
- 30) Grenier PA, Aubry C, Fetita C, et al. New frontiers in CT imaging of airway disease. *Eur Radiol* 2002;12:1022-1044.
- 31) Saito Y. Multislice CT scanner. *Medical Review* 1999;66:1-8
- 32) Hu H, He BD, Foley WD, et al. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology* 2000;215:55-62.
- 33) Saini S. Multi-Detector Row CT: Principles and Practice for Abdominal Applications. *Radiology* 2004;233:323-327
- 34) Nieman K, Rensing BJ, Van Geuns RJ, et al. Usefulness of multislice computed tomography. for detecting obstructive coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2002 Apr 15;89(8):913-8
- 35) Murakami T, Kim T, Takamura M, et al. Hypervascular hepatocellular carcinoma: detection with double arterial phase multi-detector row helical CT. *Radiology* 2001 Mar;218(3):763-7.
- 36) Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:827-832.
- 37) Schoenhagen P, Halliburton SS, Stiliman AE, et al. Noninvasive Imaging of Coronary Arteries: Current and Future Role of Multi-Detector Row CT. *Radiology* 2004;232:7-17
- 38) Budoff JM, Georgiou D, Brody A, et al. Ultrafast Computed tomography as a Diagnostic Modality in the Detection of Coronary Artery Disease. *Circulation* 1996;93:898-904
- 39) Ropers D, Moshage W, Daniel WG, et al. Visualization of coronary artery anomalies and their anatomic course by contrast-enhanced electron beam tomography and three-dimensional reconstruction. *Am J Cardiol* 2001;87:193-197.

- 40) Lee JJ, Kang DS. Feasibility of electron beam tomography in diagnosis of congenital heart disease: comparison with echocardiography. *Eur J Radiol* 2001;38: 185-190.
- 41) Erdoğan N, Altın L, Altuncan Ş. Elektron beam tomografi ile koroner arterlerdeki kalsiyum miktarının saptanması. *Türk Tanısal ve Girişimsel Radyoloji Dergisi* 2002;8: 533-537
- 42) Cerqueira MD. EBCT: Identifying the “Vulnerable Patient” CME. 51 st Scientific Session of the American Collage of Cardiology march 17-20, 2002, Atlanta, Georgia.
- 43) Özatik MA, Küçüker ŞA, Tarcan O, et al. Allograft Vasculopathy. *Turkish J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;11:224-227
- 44) Sangiorgi G, Rumberger JA, Severson A, et al. Arterial calcification and not lumen stenosis is highly correlated with atherosclerotic plaque burden in humans: A histologic study of 723 coronary artery segments usings nondecalcifying methodology. *J Am Coll. Cardiol* 1998;31:126-133
- 45) Rumberger JA. Tomographic plaque J imaging: state of the art. *Am J Cardiol.* 2001;88(suppl):66-69.
- 46) Budoff MJ, Diamond GA, Raggi P, et al. Continous Probabilistic Prediction of Angiographically Significant Coronary Artery Disease Using Electron Beam Tomography. *Circulation* 2002;105:1791-1796
- 47) Becker A, Haberl R, Leber A, et al. Exclusion of Coronary Calcification with EBCT is a Safe and Effective Filter for Invasive Coronary Angiography: Results of 1764 Symptomatic Patients. *JACC* 2001;37:451-457.