

Koroner Arter Hastalığı

Mustafa Koplay^a, Cengiz Erol^b

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Ateroskleroz patofizyolojisi
- Koroner arter hastalığında tanı yöntemleri
- Çok kesitli BT koroner anjiyografi ile koroner arter plaklarının değerlendirilmesi
- Koroner arter hastalığının tespitinde BT teknolojisinin gelişimi
- Kaynaklar

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde prevalansı gittikçe artan koroner arter hastalığı (KAH) Dünyada morbidite ve mortalitenin en önde gelen nedenlerinden biri olmaya devam etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 16 milyon kişinin KAH'tan muzdarip olduğu ve bunların çoğunluğunun da asemptomatik olduğu ifade edilmektedir [1, 2]. Dünya Sağlık Örgütü istatistiklerine göre 2007 yılında Dünyadaki ölümlerin %33,7'sinin kardiyovasküler hastalıklara, %29,5'inin ise kansere bağlı olduğu bildirilmektedir [3]. Kardiyovasküler hastalıkların maliyetinin, diğer hastalık gruplarına göre daha fazla olması da ülke ekonomileri açısından KAH'ın önemini ortaya koymaktadır [3, 4].

Ateroskleroz patofizyolojisi

Koroner arter hastalığında, ortaya çıkan semptom ve bulgular KAH'a bağlı olarak gelişen bölgesel kan akım farklılıklarının bir sonucudur [4]. Kardiyak iskemi olgularının %90'ından fazlasında koroner arter tıkanıklı-

ğına sekonder azalan koroner arter kan akımı sorumludur. Ateroskleroz patofizyolojisinin ve risk faktörlerinin bilinmesi KAH'ın tanınmasında ve etiyolojisinin açıklanmasında katkı sağlayacaktır [5].

Ateroskleroza katkıda bulunan mekanizmalar oldukça karmaşık ve çok sayıdadır. Uzun süre ateroskleroz oluşumunun damar içerisinde pasif bir lipit depolanmasına bağlı olduğu ve zamanla lipit birikiminin artması ile damarların tamamen tıkanıldığı sanılmıştır [6]. Ancak arteriyel yapıların ateroskleroz oluşumuna direkt katkısının anlaşılması üzerine, yeni teoriler ortaya atılmıştır. Teorilerin çoğu dislipidemi, hiperkoagülabilitate, endotel disfonksiyonu, oksidatif stres, enflamasyon ve enfeksiyonun bu süreçte sorumlu olduğu üzerine kuruludur [5].

Yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular aterosklerozun, basitçe, damar duvarında ortaya çıkan lipit birikiminden ziyade, enflamatuvar bir hastalık olduğunu düşündürmektedir [7]. Koroner arter hastalığı gelişiminde, enflamasyonun önemli bir rol üstlendiği ilk kez 1966

^aSelçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

^bMedipol Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

✉ Mustafa Koplay • koplaymustafa@hotmail.com

yılında Constantinides'in plak histolojisi çalışmaları, yoğun bir enflamasyon ve makrofaj infiltrasyonunu göstermesi ile anlaşılmıştır [8].

Son zamanlardaki bilgilerimize göre ateroskleroz, multifaktöriyel ve çok aşamalı bir hastalık olup, başlangıcından son dönemine kadar her aşamasında progresyon gösteren kronik enflamasyon rol almaktadır. Eşlik eden her risk faktörü de enflamatuvar süreci hızlandırarak patogeneze katkıda bulunmaktadır [4].

Koroner arter hastalığında, değiştirilebilen ve değiştirilemeyen risk faktörleri tanımlanmıştır. Yaşam tarzının kontrolüyle değiştirilebilen risk faktörleri sigara içiciliği, obezite ve fizyolojik inaktivitedir. Ayrıca medikal tedavi ve diyet yardımıyla düzeltilebilecek risk faktörleri arasında hipertansiyon, lipit metabolizma bozuklukları, diabetes mellitus ve insülin rezistansı sayılabilir. Değiştirilemeyen risk faktörleri ise yaş, cinsiyet, aile hikayesi ve genetik faktörlerdir. Daha yeni tanımlanan risk faktörleri ise homosistein, trombotik risk faktörleri, lipoprotein (a) ve enflamatuvar faktörlerdir [5].

Yapılan çalışmalar, bu risk faktörlerinin genel enflamatuvar bir yanıtı başlatarak vücutta yaygın bir reaksiyon oluşturduğunu göstermektedir. Vücutta risk faktörlerine yanıt olarak hem sistemik akut faz reaktanları aktive olur, hem de endotel hasarına bağlı olarak adezyon molekülleri, büyüme faktörleri ve sitokinler salınmaya başlar [6]. Sonuçta, enflamasyona, trombosit birikimine ve koroner arterlerde vazokonstriksiyona neden olarak ateroskleroz sürecini başlatır [9, 10].

Ateroskleroz genel olarak, çocukluk çağından itibaren başlayan ve uzun bir süre klinik olarak sessiz seyrettikten sonra, orta ve geç yetişkinlik döneminde klinik belirti veren ilerleyici bir hastalıktır. Ateroskleroz 3 temel sürecin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır [5, 11, 12]. Bunlar intimal düz kas hücrelerinin birikimine eşlik eden değişken sayıda makrofaj ve T-lenfosit birikimi; düz kas hücre proliferasyonuna sekonder kollajen, elastik lifler ve proteoglikanları da içeren büyük miktarda bağ dokusu matriksinin oluşumu; ve bağ dokusunda ve hücrelerin içerisinde serbest kolesterol ve esas

olarak da kolesterol ester formunda lipit birikimi olup, bu süreçler patolojik intimal kalınlaşma ile sonuçlanır [5]. Hücre içinde ve dışında yağ birikimi ve damar duvarının düşük dansiteli lipoproteinle (LDL) sıvanması "aterom evresi" olarak isimlendirilir. Düz kas hücrelerinin proliferasyonu ile başlangıç aşamasından daha sağlam bir yapıya dönüşen plak "fibroaterom" adını alır [9]. Bu aşamada ya da daha sonra olaya kalsifikasyon eşlik etmeye başlar.

Lipoprotein birikimi, enflamasyon, düz kas hücre proliferasyonu, apoptozis, nekroz ve fibrozis gibi ateroskleroza yol açan moleküler ve hücresele olaylar, koroner damarlarda artmış plak hacmi, pozitif remodeling, kalsifiye olmayan plaklarda lipoprotein birikimi ve kalsifikasyon gelişimi gibi belirli değişikliklere neden olur [13, 14]. **Damar duvarında plak oluşuktan sonra, damar lümeninde belirgin daralma olmadan plağın duvar dışına doğru büyümesi, yeniden şekillenme ya da "pozitif remodeling" olarak isimlendirilir. Aterom plaklarının fibröz komponentinin enflamatuvar süreci takiben incilmesi ile plakta aşınma veya rüptür meydana gelebilir. Tekrarlayan hemorajiler ve iyileşme süreçleri sonrasında skar dokusu oluşur ve lümen daralmalar ortaya çıkar. Bu duruma da "negatif remodeling" adı verilir [9].**

Aterosklerozun en erken lezyonları genç çocuklarda ve infantlarda görülebilen ve "fatty streak" (yağlı çizgilenme) olarak adlandırılan lezyonlar olup, genellikle klinik olarak sessizdirler ve "intimal ksantoma" olarak da bilinirler [5, 9]. Fibröz plaklar ise, erken erişkin döneminde ve yaşın ilerlemesiyle ortaya çıkarlar [12].

Ateroskleroz aorta yanında, karotis, koroner, serebral ve popliteal arterler gibi orta büyüklükte olan elastik damarların duvarlarını tutan kronik, enflamatuvar, sistemik bir hastalıktır [5, 9]. Koroner arter hastalığı, koroner arterlerin aterosklerotik plaklarla tıkanması, besledikleri miyokart sahasının iskemisi ve buna bağlı olarak semptomların ortaya çıkması ile karakterize olan bir klinik tablodur. Klinik olarak KAH ani ölüm, akut miyokart iskemisi, kronik koroner kalp hastalığı ve konjestif kalp yetmezliği şeklinde görülebilir. Klinik

belirti vermiş KAH'da hastanın yaşam beklentisi ortalama olarak 10-12 yıl olup, 1 dakika ile on yıllar arasında değişmektedir. Akut koroner sendrom, aterosklerotik plağın rüptürü ya da erozyonu sonrasında oluşan trombotik reaksiyona bağlı olarak gelişen acil bir klinik tablodur. Tekrarlayan ataklar sonucunda damar lümeninde genellikle stenoz izlenir. Sonuçta koroner arterlerde tam oklüzyon oluştuğunda, klinik olarak ani miyokart enfarktüsü ve ölüm görülebilir. Yeterli bir kollateral dolaşım mevcut ise, klinik olarak sessiz seyrederek ya da önemli bir bulgu vermez.

Aterosklerotik plaklar, stabil (kararlı) ve unstable (kararsız) plaklar olarak 2 tiptir. Unstable plaklar aterosklerozun akut klinik semptomlarının en önemli sebebidir. Bu plak tipinin rüptür ihtimali daha yüksektir. Plak rüptürü, fissür plak, plak içi kanama ve erozyon unstable plakların farklı fenotipleri olup "hassas plak" gibi plak instabilitesine eğilimli lezyonları tanımlamakta ve maalesef terim olarak çoğunlukla birbirinin yerine kullanılmaktadır. Ayrıca, unstable plakların farklı fenotipleri çoğunlukla plak rüptürü olarak adlandırılır [15].

Virmani ve ark. [16] ile Lutgens ve ark. [15] plak rüptürünü, plağın üzerini örten ile lipit çekirdek arasındaki fibröz kapsül devamlılığının bozulması olarak tanımlamıştır. Plak içi kanama ise, plak içerisinde kan ürünlerinin birikimi olarak tanımlanır ve aterosklerotik plak rüptürü ile zorunlu bir ilişkisi yoktur [17].

Unstabil plakların merkezinde yoğun lipit birikimi, enflamatuvar ve ölü hücrelerden oluşan bir çekirdek mevcut olup, bunu saran fibröz kapsül düzensiz ve kırılıktır. Stabil plaklarda düz kas hücreleri daha yoğun olup, sağlam bir fibröz kapsüle sahiptir [9]. Oluşturduğu enflamasyon daha düşük dereceli olup, plak rüptür ihtimali de daha azdır.

Amerikan Kalp Derneği Komitesinin (AHA-American Heart Association) 1995 yılında yayınladığı aterosklerotik lezyonların sınıflamasına göre yüzey defekti ve/veya hematoma-hemoraji ve/veya trombüs içeren komplike lezyonlar ile fibroaterom ve aterom evresinde olan lezyonlar aterosklerozun morbidite ve mortalitesinin çoğundan sorumlu olan lezyon-

lardır [15, 18]. Amerikan Kalp Derneği sınıflaması 2000 yılında Stary ve ark. [17] tarafından güncellendi ve Virmani ve ark. [16] tarafından modifiye edildi. Modifiye, AHA sınıflamasında aterotrombotik plaklar daha ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır.

Koroner arter hastalığında tanı yöntemleri

Koroner arter hastalığının tespitinde invazif bir tetkik olan konvansiyonel koroner anjiyografi (KKA) kullanılmakta olup, üstün uzaysal ve temporal rezolüsyonu nedeniyle altın standart olarak kabul edilmektedir. Ancak bu tekniğin, işleme bağlı morbidite (%1,5) ve mortalite (%0,2) riski içermesinin yanında, invazif ve pahalı olması ve de kısa süre de olsa hastanede yatış gerektirmesi önemli dezavantajlarıdır [19]. Ayrıca, invazif KKA incelemesi bazen sadece KAH'ın varlığı ve yaygınlığının tespiti için yapılmaktadır. Bu yüzden, noninvazif görüntüleme yöntemlerine olan ihtiyaç daha da artmıştır. Son yıllarda, çok kesitli BT (ÇKBT) koroner anjiyografi, manyetik rezonans görüntüleme (MRG), pozitron emisyon tomografisi (PET) ve bilgisayarlı tek foton emisyon tomografisi (SPECT) gibi görüntüleme yöntemleri hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir. Koroner arter hastalığının değerlendirilmesinde kardiyak MRG'nin kullanımı, yeni teknik gelişmeler olmasına rağmen, uzun tarama zamanı, geniş alanı tarama eksikliği ve değişken protokoller nedeniyle sınırlıdır. Pozitron emisyon tomografisi ve SPECT ise kardiyak fonksiyon hakkında mükemmel bilgi vermesine rağmen, koroner plak karakterizasyonu yanı sıra, koroner lümen hakkında sınırlı bilgi sağlaması ve anatomik detay bilgisinin yetersiz olması nedeniyle KAH tanısında rutin olarak kullanılmamaktadır [3].

Intravasküler ultrason (İVUS) koroner arterlerin kesitsel görüntülenmesine ve koroner aterosklerotik plakların kapsamlı değerlendirilmesine imkan sağlar. Ancak işlemin invazif karakteri anjiyografi sırasında komplikasyon riskini arttırmakta, pahalı ve zaman alıcı ol-

ması nedeniyle plak karakterizasyonunun rutin değerlendirilmesinde kullanılmamaktadır [20].

Son on yılda koroner aterosklerozun değerlendirilmesinde ÇKBT koroner anjiyografinin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Çok kesitli bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografinin tanınasal doğruluğu, plak karakterizasyonu ve hacminin ölçülmesinde ve vasküler morfolojinin değerlendirilmesinde etkinliği KKA ve İVUS ile karşılaştırılarak yapılan çok sayıda araştırma ile değerlendirilmiştir.

Çok kesitli bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi 3 boyutlu izometrik görüntüleme özelliği ile koroner arter ve dalları hakkında mükemmel anatomik detay sağlayarak KAH tanısında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [3, 21]. Bilinen veya şüpheli KAH olan hastalarda mortalite ve tahmini kardiyak olaylar hakkında bağımsız prognostik bilgi sağlar ve aterosklerotik plak karakterizasyonunu ve miktarını belirler.

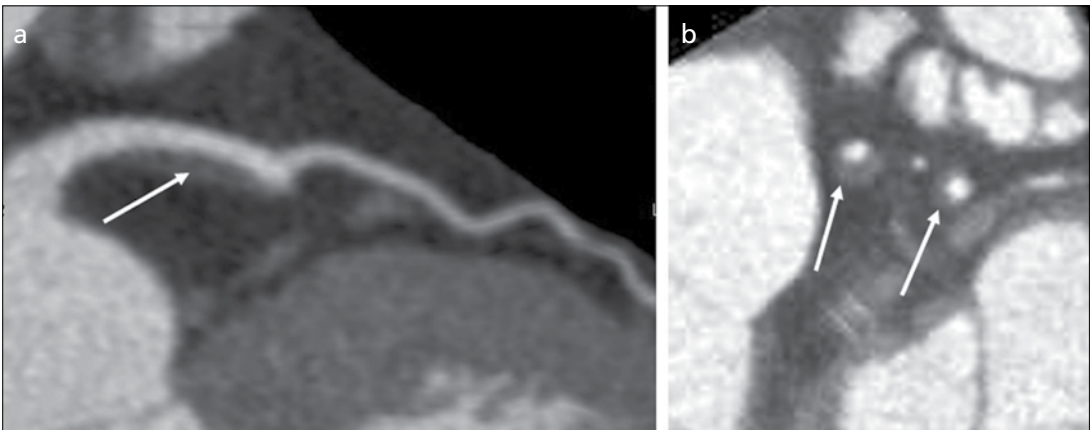
Aralarında Amerikan Radyoloji Derneği ve Amerikan Kalp Derneği'nin de bulunduğu 8 Amerikan Sağlık Derneği'nin ortak katılımıyla yayınlanan kardiyak BT'nin uygun kullanımı kriterlerine göre, **koroner BT anjiyografinin kullanımı KAH açısından düşük ve orta risk grubunda yer alan hastalarda önerilmekte, ancak yüksek risk grubunda yer alan hastalarda ise önerilmemektedir [22]. Yüksek risk grubunda, hem tanı hem de tedavinin aynı seansta yapılabilmesine olanak veren KKA önerilmektedir.**

Çok kesitli BT koroner anjiyografi ile koroner arter plaklarının değerlendirilmesi

Çok kesitli BT koroner anjiyografi ile koroner arter lezyonlarının değerlendirilmesinde iki boyutlu ham görüntülerin yanında multiplanar rekonstrüksiyon, maksimum intensite projeksiyon ve volume rendering görüntüleme teknikleri de kullanılır. Değerlendirme yapılırken, ilk önce koroner arterlerin anatomik dağılımı, varyasyon ya da anomali varlığı gözden geçirildikten sonra koroner arterlerde aterosklerotik lezyon araştırılır. Plaklar kontrastlı koroner lümeninden ve çevresindeki subepikardiyal yağdan açık bir şekilde ayrılabilen, koroner arter duvarına lokalize lezyonlar olarak tanımlanır [23, 24]. Aterosklerotik plak tespit edildiğinde, önce plak karakterizasyonu yapıldıktan sonra plağın lokalizasyonu, boyutları ve hacmi belirlenmeli, pozitif remodelinge yol açıp açmadığına ve luminal stenoz-oklüzyona neden olup olmadığına bakılmalıdır.

Pozitif remodeling aterosklerotik plağın stenoza yol açmadan, damar duvarına ve dışı doğru yeniden şekillenmesi ile karakterize olup, akut koroner sendrom açısından yüksek risk taşıyır (Resim 1). Bu nedenle ÇKBT koroner anjiyografi raporlarında özellikle belirtilmesi gereken bir durumdur.

Çok kesitli bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografide koroner arter stenozları önemsiz



Resim 1 a,b. Koroner BT anjiyografi kesitlerinde (a, b) sol ön inen koroner arter ve sol sirkumfleks arterde, belirgin darlık oluşturmeyen, pozitif remodeling gösteren, hipodens, düzgün konturlu kalsifiye olmayan plaklar (oklar) izlenmektedir.

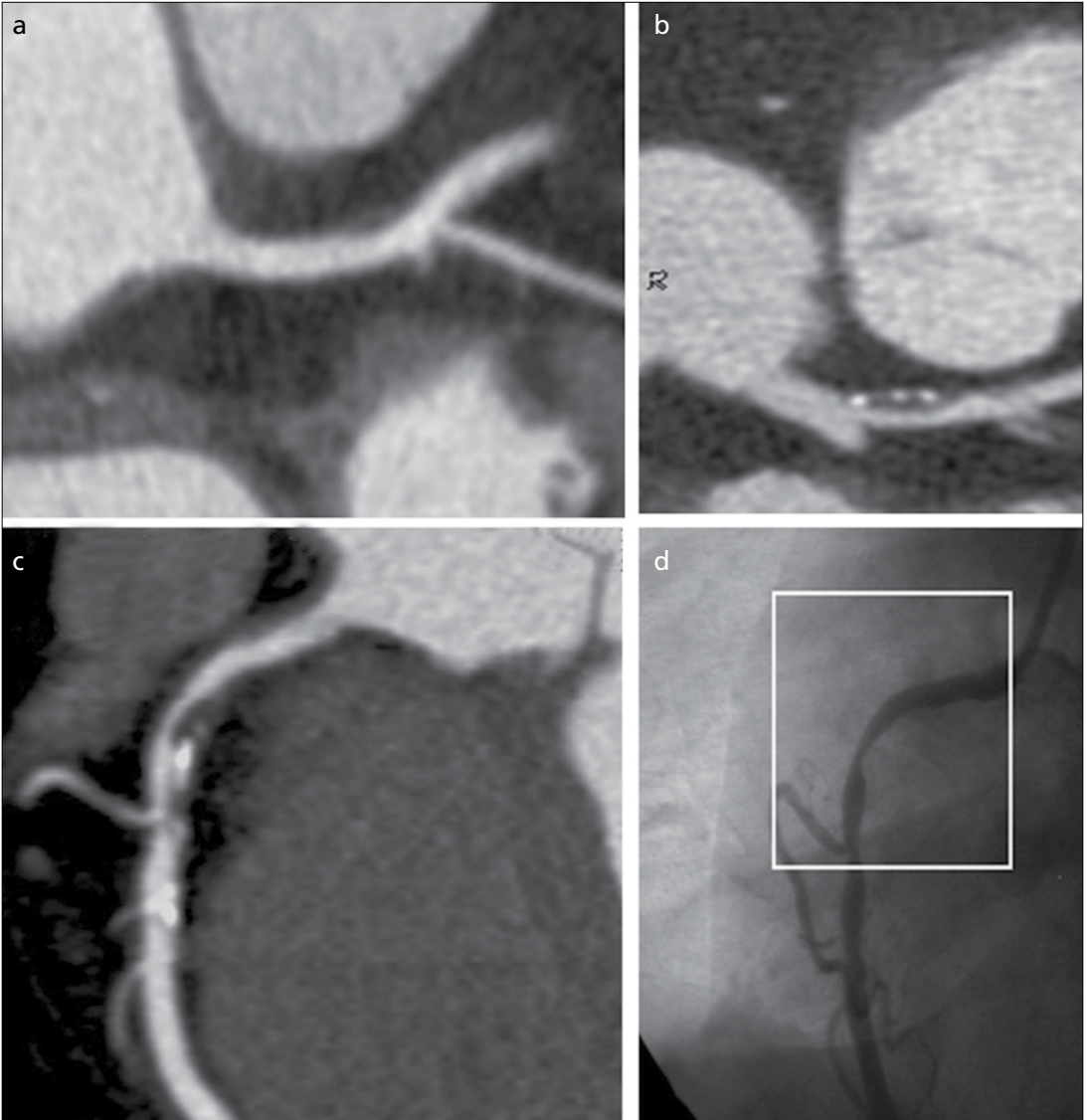
stenoz (darlık $< \%25$), hafif stenoz ($\%25-49$ darlık), orta stenoz ($\%50-69$ darlık), ve şiddetli (kritik) stenoz (darlık $\geq \%70$) olarak sınıflandırılmaktadır (Resim 2-4) [25, 26].

Koroner arter plakları BT atenüasyon değerlerine göre karakterize edilerek 3 ana başlık altında incelenmektedir (Resim 5) [27]:

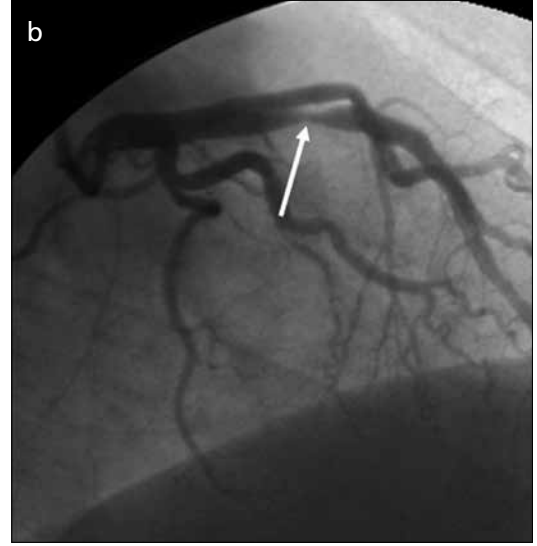
1. Kalsifiye olmayan plaklar: Dansitesi komşuluğundaki yumuşak dokudan daha fazla, fakat kontrastlı koroner arter lümeninden daha düşük olan lezyonlardır.

2. Kalsifiye plaklar: Kontrastlı koroner arter lümeninden daha yüksek dansitedeki lezyonlardır.
3. Karışık (Mikst) plaklar: Hem kalsifiye hem de kalsifiye olmayan plak komponentlerini (kalsiyum komponenti $\%20-80$ arasında) bir arada içeren lezyonlardır.

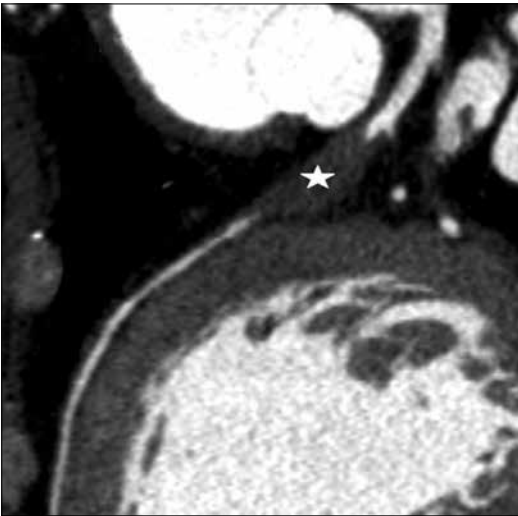
Bazı yazarlar ÇKBT koroner anjiyografi ile kalsifiye olmayan plakları atenüasyon değerlerine göre (Haunsfield units-HU) fibröz ve



Resim 2. a-d. Farklı hastalara ait koroner BT anjiyografi imajlarında sol ana koroner arterde kalsifiye olmayan plağın yol açtığı önemsiz darlık (a), sol ön inen koroner arterde mikst plağa bağlı hafif derecede darlık (b) dikkati çekmektedir. Diğer bir olgunun koroner BT anjiyografi (c) ve konvansiyonel kateter anjiyografi görüntülerinde ise orta derecede darlık izlenmektedir.



Resim 3. a,b. Koroner BT anjiyografi (a) ve konvansiyonel kateter anjiyografi (b) görüntülerinde sol ön inen koroner arter proksimalinde hipodens kalsifiye olmayan plağın neden olduğu kısa segment kritik darlık izlenmektedir.



Resim 4. Koroner BT anjiyografi görüntüsünde sol ön inen koroner arter proksimalinde total oklüzyona neden olan kalsifiye olmayan aterom plağı izlenmektedir (yıldız).

lipitten zengin plaklar olarak sınıflandırmışlardır [23, 24, 28-31]. Genel olarak, lipitten zengin plakların fibröz plaklardan daha fazla rüptür riski olduğu bilinmektedir. Bu yüzden, plakların değerlendirilmesinde BT atenüasyon değerlerinin ölçülmesi çekici hale gelmiştir. Leber ve ark. [24] intravasküler ultrason ve ÇKBT koroner anjiyografi ile koroner plakları karakterize etmişler, hipokoik plaklarda (lipitten zengin plak) ortalama BT dansitesini

49 HU, hiperekoik plaklarda (fibröz plak) ortalama BT dansitesini 91 HU ve kalsifiye plaklarda ortalama BT dansitesini 391 HU olarak bulmuşlardır. Ancak yapılan diğer çalışmalarla koroner arter lümeninde kontrasta bağlı yüksek atenüasyon değerlerinin aterosklerotik plakların dansite değerlerini değiştirebildiği ve bu nedenle fibröz-lipitten zengin plak ayırımının dansite ölçümü ile her zaman mümkün olmadığı gösterilmiştir [23].

Koroner plaklar ayrıca plak uzunluğuna göre de sınıflandırılmaktadır. Amerikan Kalp Derneği sınıflamasına göre 10 mm'ye kadar olan plaklar diskret plak, 10-20 mm arasındaki plaklar tübüler plak ve 20 mm'den daha büyük olan plaklar ise diffüz (segmenter) plak olarak tanımlanmıştır.

Koroner arter plakları tek ya da çok sayıda olabileceği gibi, aynı koroner arter segmentinde farklı morfolojik özelliklere sahip plakların aynı zamanda gelişimi de mümkündür. Çok kesitli bilgisayarlı tomografi ile aterom plakları değerlendirilirken, klinik açıdan anlamlı olabilecek yüzey özellikleri hakkında da bilgi verilmeli ve irregüler plaklar özellikle belirtilmelidir. Anevrizma formasyonu, intimal flep, ülserasyon ve testere dişi görünümü irregüler lezyonların genel özellikleri arasında sayılabilir. Irregüler yüzey özelliklerine sahip aterom



Resim 5. a-d. Koroner BT anjiyografi kesitlerinde kalsifiye olmayan plak (a), kalsifiye plaklar (b ve c) ve mikst plak (d) izlenmektedir.

plakları unstable koroner sendroma yol açarken düzgün yüzeyli plaklar daha çok stabil anjina neden olmaktadır [32, 33]. Ülsere plaklarda lümeninde hafif genişleme ve yüzeyinde küçük bir krater bulunmaktadır. Bu plakların rüptürü ya da kanaması sonrasında lümeninde trombus gelişimi ve koroner arterde akut oklüzyon ortaya çıkma riski yüksektir. Böyle bir süreç sonrasında hastada klinik olarak unstabel anjina ya da akut miyokart enfarktüsü gelişir [34, 35].

Koroner arterlerde proksimal aterosklerotik plağın varlığı yanı sıra plağın uzun segment uzanımı ve lümeninde daralmaya yol açması

da majör kardiyak olayların gelişme riskinde önemli derecede artışa neden olmaktadır [36, 37]. Min ve ark. [38], çok merkezli yaptıkları bir çalışma ile tıkaçıcı KAH varlığının majör kardiyak olayların güçlü bir göstergesi olduğunu ortaya koymuşlardır. Abdullah ve ark. [39], ÇKBT koroner anjiyografi ile 5675 hastayı değerlendirmişler ve ardından 21 ay boyunca majör kardiyak olay gelişme riski açısından takip etmişlerdir. Takip süresinde kümülatif majör kardiyak olayların gelişme oranını koroner BT anjiyografisi normal olan hastalarda %0,5, tıkaçıcı olmayan KAH'lı hastalarda %3,5 ve

tıkayıcı KAH'lı hastalarda ise %16 olarak tespit etmişlerdir.

Koroner arter hastalığının tespitinde BT teknolojisinin gelişimi

İlk olarak 4- ve 16- kesitli BT cihazları ile KAH'ın tespitine yönelik olarak yapılmaya başlanılan koroner BT anjiyografinin tanısal değeri teknolojik ilerlemeler sayesinde son yıllarda önemli derecede artmıştır [40]. Altmış dört kesitli koroner BT anjiyografi ile imaj kalitesi daha iyi hale gelmiş olup, KAH'ın tespitinde ve darlıkların ortaya konmasında sensitivitesi %83-98, spesifitesi ise %96-98 arasında değişmektedir [41, 42]. Altmış dört kesit BT ile yapılan çoğu çalışmada sensitivite %90'dan fazla, spesifite %96'nın üzerinde ve negatif prediktif değeri ise %100 olarak rapor edilmiştir [19, 43, 44].

Kalp atım hızı ÇKBT koroner anjiyografi çekimlerinde imaj kalitesi açısından oldukça önemlidir. Kalp atım hızının dakikada 65'in üzerinde olması hareket artefaktları nedeniyle görüntüyü olumsuz etkilemektedir. Bu durum, özellikle 16 ve 64 kesitli BT cihazlarında istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sınırlılık, BT cihazlarında temporal rezolüsyonun kısaltılması ile ön plana çıkan dual-enerji teknolojisinin gelişmesiyle büyük ölçüde elimine edilmiştir. Bu sayede atriyal fibrilasyonu da içeren düzensiz ve yüksek kalp hızlarında da yüksek tanısal kalitede koroner BT anjiyografi çekimi mümkün olmaktadır [45, 46].

Çok kesitli BT cihazlarında 64 kesitten 128 ve 256 kesitliye, hatta 320 kesitliye varan sistemlerin gelişmesiyle birlikte tek gantri dönüş süresi içerisinde tüm kalbin görüntülenmesi mümkün hale gelmiştir [47-49]. Altmış dört kesitli BT'lerde dedektör kapsama alanı maksimum 4 cm (64x0,625 mm) iken, 256 kesitlide 12,8 cm'ye (256x0,5 mm), 320 kesitlide 16 cm'ye (320x0,5 mm) ulaşmaktadır. Gantri rotasyon zamanları ise 0,27-0,35 ms arasında değişmektedir. Artan dedektör kapsama alanı ve hızlı gantri rotasyon zamanları sayesinde tek bir kalp atımı süresinde yüksek kalitede koroner arter görüntülenmesi yapmak mümkündür. Son yapılan bir çalışmada 320 kesitli BT ile koroner

anjiyografinin negatif prediktif değeri %100, >%50 koroner arter stenozunun tespiti için tanısal doğruluk oranı %95 olarak bulunmuştur [50]. Atriyal fibrilasyonu olan hastalarda 320 kesit BT ile tüm koroner segmentlerin %96'sının vizüalize edildiği rapor edilmiştir [36, 51]. Üç yüz yirmi kesitli BT'nin dezavantajları arasında koni ışın artefaktı, yüksek radyasyon dozu ve azalmış gantri hızı (350 ms) sayılabilir [36]. Çok kesitli BT cihazlarının son modellerinde uzaysal rezolüsyon 0,5 mm olup, 0,2 mm olan KKA'ya oldukça yakındır [3]. Altmış dört, 256 ve 320 kesitli BT'lerde uzaysal rezolüsyon mükemmel olmasına rağmen, bu modellerin temporal rezolüsyonları (165-175 ms), 20 ms olan KKA'ya göre hala daha düşük kalmaktadır. Bu nedenle, beta blokerlerle kalp hızının kontrolü bu cihazlarla yapılan çalışmalarda gereklidir. Temporal rezolüsyonu 75 ms olan dual-enerji BT'nin son modellerinde kalp hızından bağımsız kardiyak görüntüleme önemli ilerlemeler sağlansa da radyasyon dozunu azaltmak ve daha iyi kalitede görüntüler elde etmek için kalp hızı kontrolü hala gereklidir [36].

Bilgisayarlı tomografi taramalarının performansını arttırmak için üreticiler yeni teknolojiler geliştirmiştir (GE Healthcare (Waukesha, WI) Gemstone (değerli taş) dedektör teknolojisi, Philips Healthcare (Best, Netherlands) Ingenuity (ustalık) BT gibi) [52, 53]. Gemstone sintilatörler önceki nesil BT ürünlerine göre, aynı rotasyon hızında, rotasyon başına 2,5 kat kadar daha fazla performans elde etme yeteneğine sahiptir. Philips Ingenuity uzaysal rezolüsyonda %35'e varan iyileşme ve tanısal imaj kalitesinde devamlılık sağlarken %50'ye varan daha az doz kullanmaktadır [53].

Son yılların en önemli tartışma konularından bir tanesi ÇKBT koroner anjiyografi sırasında hastanın maruz kaldığı radyasyon dozu ve bunun neden olduğu malignite riskidir. Koroner arter hastalığı için yapılan çalışmalarda ortalama efektif radyasyon dozu retrospektif EKG kapılı taramalarda 4,6-16 mSv, prospektif EKG kapılı taramalarda ise 0,9-2,65 mSv arasında değişmektedir [54]. Özellikle dual-enerji teknolojisine sahip cihazlarda yüksek pitch tarama (flash modu) ile 1 mSv'in altındaki doz-

larda koroner BT anjiyografi yapmak mümkün olmaktadır. Konvansiyonel koroner anjiyografi sırasında alınan radyasyon dozunun tetkik süresine, kullanılan anjiyografi cihazına ve tetkiki yapan doktorun tecrübesine göre 3-10 mSv arasında değiştiği göz önüne alındığında, radyasyon dozu konusunda gelinen son noktanın devam eden ve ÇKBT aleyhine olan radyasyon tartışmalarını da sonlandıracağı görülmektedir.

Sonuç olarak, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde en önemli mortalite ve morbitide nedeni olan KAH, ülke ekonomilerine de büyük yükler getirmektedir. Bu nedenle KAH'ın erken dönemde tespit ve tedavisi, istenmeyen sonuçların önlenmesinde koruyucu tedbirlerden sonra en önemli basamağı oluşturmaktadır. Son yıllarda, BT alanında yaşanan baş döndürücü teknolojik yenilikler sayesinde daha düşük radyasyon dozlarında, daha kaliteli ve doğruluk oranı daha yüksek ÇKBT koroner anjiyografi yapmak mümkün olmaktadır. Noninvazif bir tanı yöntemi olan ÇKBT koroner anjiyografi ile özellikle düşük ve orta risk grubu hastalarda koroner arter hastalığının %100 duyarlılık ile dışlanması, varsa erken dönemde tespiti, aterom plaklarının karakterizasyonu ve darlıkların yüksek sensitivite ve spesifisite ile ortaya konması mümkündür.

Kaynaklar

- [1]. Gao D, Ning N, Guo Y, Ning W, Niu X, Yang J. Computed tomography for detecting coronary artery plaques: a meta-analysis. *Atherosclerosis* 2011; 219: 603-9.
- [2]. Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, Adams RJ, Berry JD, Brown TM, et al. Heart disease and stroke statistics-2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 2011; 123: 18-209.
- [3]. Sun ZH, Cao Y, Li HF. Multislice computed tomography angiography in the diagnosis of coronary artery disease. *J Geriatr Cardiol* 2011; 8: 104-13.
- [4]. Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, Carnethon M, Dai S, De Simone G, et al. Executive summary: heart disease and stroke statistics 2010 update: A report from the American Heart Association. *Circulation* 2010; 121: 948-54.
- [5]. Mallika V, Goswami B, Rajappa M. Atherosclerosis pathophysiology and the role of novel risk factors: a clinicobiochemical perspective. *Angiology* 2007; 58: 513-22.
- [6]. Tokgözoğlu L. Ateroskleroz ve enflamasyonun rolü. *Türk Kardiyol Dern Arş Arch Turk Soc Cardiol* 2009; 37: 1-6.
- [7]. Saikku P, Leinonen M, Mattila K, Ekman MR, Nieminen MS, Mäkelä PH, et al. Serological evidence of an association of a novel Chlamydia, TWAR, with chronic coronary heart disease and acute myocardial infarction. *Lancet* 1988; 2: 983-6.
- [8]. Freidman M, Van den Bovenkamp GJ. The pathogenesis of a coronary thrombus. *Am J Pathol* 1966; 48: 19-44.
- [9]. Alper F, Gülbaran M, Bayraktutan ÜG. Koroner Ateroskleroz ve Plakların Tomografik Morfolojisi. Okur A, Kantarcı M, editörler. *MDBT Koroner Anjiyografi*. İstanbul: Aktif yayınevi; 2006.s.93-9.
- [10]. Diodati JG, Dakak N, Gilligan DM, Quyyumi AA. Effect of atherosclerosis on endothelium-dependent inhibition of platelet activation in humans. *Circulation* 1998; 98: 17-24.
- [11]. Fleming RM. The Pathogenesis of Vascular Disease. *Textbook of Angiology*. New York: Springer-Verlag; 1999: 787-98.
- [12]. Braunwald E. Heart Disease. A Textbook of Cardiovascular Disease. Vol 2, 5th ed. New York: W.B. Saunders Co.; 1997: 1105-60.
- [13]. Voros S, Rinehart S, Qian Z, Joshi P, Vazquez G, Fischer C, et al. Coronary atherosclerosis imaging by coronary CT angiography: current status, correlation with intravascular interrogation and meta-analysis. *JACC Cardiovasc Imaging* 2011; 4: 537-48.
- [14]. Voros S. "Does imaging paint a sugarcoated picture of diabetic vessels?" Plaque composition in diabetics by IVUS and CT angiography. *J Nucl Cardiol* 2009; 16: 339-44.
- [15]. Lutgens E, van Suylen RJ, Faber BC, Gijbels MJ, Eurlings PM, Bijnens AP, et al. Atherosclerotic plaque rupture: local or systemic process? *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2003; 23: 2123-30.
- [16]. Virmani R, Kolodgie FD, Burke AP, Farb A, Schwartz SM. Lessons from sudden coronary death: a comprehensive morphological classification scheme for atherosclerotic lesions. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000; 20: 1262-75.
- [17]. Stary HC. Natural and historical classification of atherosclerotic lesions: an update. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000; 20: 1177-8.
- [18]. Stary HC, Chandler AB, Dinsmore RE, Fuster V, Glagov S, Insull W Jr, et al. A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Circulation* 1995; 92: 1355-74.
- [19]. Sun Z, Lin CH, Davidson R, Dong C, Liao Y. Diagnostic value of 64-slice CT angiography in coronary artery disease: A systematic review. *Eur J Radiol* 2008; 67: 78-84.
- [20]. Mueller C, Hodgson JM, Schindler C, Perruchoud AP, Roskamm H, Buettner HJ. Cost-effectiveness of intracoronary ultrasound for percutaneous coronary interventions. *Am J Cardiol* 2003; 91: 143-7.

- [21]. Eren S, Bayram E, Fil F, Koplay M, Şırvancı M, Duran C, et al. An investigation of the association between coronary artery dominance and coronary artery variations with coronary arterial disease by multidetector computed tomographic coronary angiography. *J Comput Assist Tomogr* 2008; 32: 929-33.
- [22]. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM, Mark D, Min J, O'Gara P, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 Appropriate Use Criteria for Cardiac Computed Tomography. A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the North American Society for Cardiovascular Imaging, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2010; 4: 1-33.
- [23]. Maffei E, Martini C, Arcadi T, Clemente A, Seitun S, Zuccarelli A, et al. Plaque imaging with CT coronary angiography: Effect of intra-vascular attenuation on plaque type classification. *World J Radiol* 2012; 4: 265-72.
- [24]. Leber AW, Knez A, Becker A, Becker C, von Ziegler F, Nikolaou K, et al. Accuracy of multidetector spiral computed tomography in identifying and differentiating the composition of coronary atherosclerotic plaques: a comparative study with intracoronary ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1241-7.
- [25]. Liew GY, Feneley MP, Worthley SG. Appropriate indications for computed tomography coronary angiography. *Med J Aust* 2012; 196: 246-9.
- [26]. Raff GL, Abidov A, Achenbach S, Berman DS, Boxt LM, Budoff MJ, et al. SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary computed tomographic angiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2009; 3: 122-36.
- [27]. Pundziute G, Schuijf J, Jukema J, Boersma E, de Roos A, van der Wall EE, et al. Prognostic value of multislice computed tomography coronary angiography in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 62-70.
- [28]. Schroeder S, Kopp AF, Baumbach A, Meisner C, Kuettner A, Georg C, et al. Noninvasive detection and evaluation of atherosclerotic coronary plaques with multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 1430-5.
- [29]. Nikolaou K, Sagmeister S, Knez A, Klotz E, Wintersperger BJ, Becker CR, et al. Multidetector-row computed tomography of the coronary arteries: predictive value and quantitative assessment of non-calcified vessel-wall changes. *Eur Radiol* 2003; 13: 2505-12.
- [30]. Achenbach S, Moselewski F, Ropers D, Ferencik M, Hoffmann U, MacNeill B, et al. Detection of calcified and noncalcified coronary atherosclerotic plaque by contrast-enhanced, submillimeter multidetector spiral computed tomography: a segment-based comparison with intravascular ultrasound. *Circulation* 2004; 109: 14-7.
- [31]. Leber AW, Knez A, White CW, White CW, Becker A, von Ziegler F, et al. Composition of coronary atherosclerotic plaques in patients with acute myocardial infarction and stable angina pectoris determined by contrast-enhanced multislice computed tomography. *Am J Cardiol* 2003; 91: 714-8.
- [32]. Lee RT, Grodzinsky AJ, Frank EH, Kamm RD, Schoen FJ. Structure-dependent dynamic mechanical behavior of fibrous caps from human atherosclerotic plaques. *Circulation* 1991; 83: 1764-70.
- [33]. Wexler L, Brundage B, Crouse J, Detrano R, Fuster V, Maddahi J, et al. Coronary artery calcification: pathophysiology, epidemiology, imaging methods, and clinical implications. A statement for health professionals from the American Heart Association. Writing Group. *Circulation* 1996; 94: 1175-92.
- [34]. Virmani R, Burke A, Farb A. Coronary risk factors and plaque morphology in men with coronary disease who died suddenly. *Eur Heart J* 1998; 19: 678-80.
- [35]. Kragel AH, Reddy SG, Wittes JT, Roberts WC. Morphometric analysis of the composition of atherosclerotic plaques in the four major epicardial coronary arteries in acute myocardial infarction and in sudden coronary death. *Circulation* 1989; 80: 1747-56.
- [36]. Sun Z, Choo GH, Ng KH. Coronary CT angiography: current status and continuing challenges. *Br J Radiol* 2012; 85: 495-10.
- [37]. Carrigan TP, Nair D, Schoenhagen P, Curtin RJ, Popovic ZB, Halliburton S, et al. Prognostic utility of 64-slice computed tomography in patients with suspected but no documented coronary artery disease. *Eur Heart J* 2009; 30: 362-71.
- [38]. Min JK, Feignouz J, Treutenaere J, Laperche T, Sablayrolles J. The prognostic value of multidetector coronary CT angiography for the prediction of major adverse cardiac events: a major multicenter observational cohort study. *Int J Cardiovasc Imaging* 2010; 26: 721-8.
- [39]. Abdulla J, Asferg C, Kofoed KF. Prognostic value of absence or presence of coronary artery disease determined by 64-slice computed tomography coronary angiography: a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiovasc Imaging* 2011; 27: 413-20.
- [40]. Sun Z, Jiang W. Diagnostic value of multislice CT angiography in coronary artery disease: A meta-analysis. *Eur J Radiol* 2006; 60: 279-86.
- [41]. Ropers D, Baum U, Pohle K, Anders K, Ulzheimer S, Ohnesorge B, et al. Detection of coronary artery stenoses with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction. *Circulation* 2003; 107: 664-6.
- [42]. Achenbach S, Ropers D, Pohle FK, Raaz D, von Erffa J, Yilmaz A, et al. Detection of coronary artery stenoses using multi-detector CT with 16x0.75

- collimation and 375ms rotation. *Eur Heart J* 2005; 26: 1978-86.
- [43]. Abdulla J, Abildstrom Z, 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. *Eur Heart J* 2007; 28: 3042-50.
- [44]. Mowatt G, Cook JA, Hillis GS, Walker S, Fraser C, Jia X, et al. 64-slice computed tomography angiography in the diagnosis and assessment of coronary artery disease: systematic review and meta-analysis. *Heart* 2008; 94: 1386-93.
- [45]. Leber AW, Johnson T, Becker A, von Ziegler F, Tittus J, Nikolaou K, et al. Diagnostic accuracy of dual-source multi-slice CT coronary angiography in patients with an intermediate pretest likelihood for coronary artery disease. *Eur Heart J* 2007; 28: 2354-60.
- [46]. Brodoefel H, Burgstahler C, Tsiflikas I, Reimann A, Schroeder S, Claussen CD, et al. Dual-source CT: Effect of heart rate, heart rate variability, and calcification on image quality and diagnostic accuracy. *Radiology* 2008; 247: 346-55.
- [47]. Chao SP, Law WY, Kuo CJ, Hung HF, Cheng JJ, Lo HM, et al. The diagnostic accuracy of 256-row computed tomographic angiography compared with invasive coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease. *Eur Heart J* 2010; 31: 1916-23.
- [48]. Rybicki F, Otero H, Steigner M, Vorobiof G, Nallamshetty L, Mitsouras D, et al. Initial evaluation of coronary images from 320-detector row computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008; 24: 535-46.
- [49]. Johnson T, Nikolaou K, Busch S, Leber AW, Becker A, Wintersperger BJ, et al. Diagnostic accuracy of dual-source computed tomography in the diagnosis of coronary artery disease. *Invest Radiol* 2007; 42: 484-91.
- [50]. de Graaf FR, Schuijf JD, van Velzen JE, Kroft LJ, de Roos A, Reiber JH, et al. Diagnostic accuracy of 320-row multidetector computed tomography coronary angiography in the non-invasive evaluation of significant coronary artery disease. *Eur Heart J* 2010; 35: 1908-15.
- [51]. Pasricha SS, Nandurkar D, Seneviratne SK, Cameron JD, Crossett M, Schneider-Kolsky ME, et al. Image quality of coronary 320-MDCT in patients with atrial fibrillation: initial experience. *AJR* 2009; 193: 1514-21.
- [52]. Jiang HC, Vartuli J, Vess C. Gemstone: the ultimatum scintillator for computed tomography. Gemstone detector white paper. Waukesha, WI: GE Healthcare.
- [53]. philips.com [homepage on the internet]. Amsterdam: Koninklijke Philips Electronics N.V. Accessed 10 January 2012. Available from: <http://www.healthcare.philips>.
- [54]. Salavati A, Radmanesh F, Heidari K, Dwamena BA, Kelly AM, Cronin P. Dual-source computed tomography angiography for diagnosis and assessment of coronary artery disease: systematic review and meta-analysis. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2012; 6: 78-90.

Koroner Arter Hastalığı

Mustafa Koplay, Cengiz Erol

Sayfa 58

Son zamanlardaki bilgilerimize göre ateroskleroz, multifaktöriyel ve çok aşamalı bir hastalık olup, başlangıcından son dönemine kadar her aşamasında progresyon gösteren kronik enflamasyon rol almaktadır. Eşlik eden her risk faktörü de enflamatuvar süreci hızlandırarak patogeneze katkıda bulunmaktadır.

Sayfa 58

Damar duvarında plak oluşuktan sonra, damar lümeninde belirgin daralma olmadan plağın duvar dışına doğru büyümesi, yeniden şekillenme ya da “pozitif remodeling” olarak isimlendirilir. Aterom plaklarının fibröz komponentinin enflamatuvar süreci takiben incilmesi ile plakta aşınma veya rüptür meydana gelebilir. Tekrarlayan hemorajiler ve iyileşme süreçleri sonrasında skar dokusu oluşur ve lümeninde daralmalar ortaya çıkar. Bu duruma da “negatif remodeling” adı verilir.

Sayfa 58

Ateroskleroz aorta yanında, karotis, koroner, serebral ve popliteal arterler gibi orta büyüklükte olan elastik damarların duvarlarını tutan kronik, enflamatuvar, sistemik bir hastalıktır.

Sayfa 60

Koroner BT anjiyografinin kullanımı KAH açısından düşük ve orta risk grubunda yer alan hastalarda önerilmekte, ancak yüksek risk grubunda yer alan hastalarda ise önerilmemektedir. Yüksek risk grubunda, hem tanı hem de tedavinin aynı seansta yapılabilmesine olanak veren KKA önerilmektedir.

Sayfa 61

Koroner arter plakları BT atenüasyon değerlerine göre karakterize edilerek 3 ana başlık altında incelenmektedir:

1. Kalsifiye olmayan plaklar: Dansitesi komşuluğundaki yumuşak dokudan daha fazla, fakat kontrastlı koroner arter lümeninden daha düşük olan lezyonlardır.
2. Kalsifiye plaklar: Kontrastlı koroner arter lümeninden daha yüksek dansitedeki lezyonlardır.
3. Karışık (Mikst) plaklar: Hem kalsifiye hem de kalsifiye olmayan plak komponentlerini (kalsiyum komponenti %20-80 arasında) bir arada içeren lezyonlardır.

Koroner Arter Hastalığı

Mustafa Koplay, Cengiz Erol

1. Koroner ateroskleroz patofizyolojisinde en önemli faktör:
 - a. Obezite
 - b. Hipertansiyon
 - c. Enflamasyon
 - d. Viral enfeksiyon
2. Ateroskleroz gelişiminde etkili risk faktörleri arasında değiştirilemeyen faktör:
 - a. İnsülin rezistansı
 - b. Aile hikayesi
 - c. Obezite
 - d. Sigara
3. Akut koroner sendrom gelişimi açısından en az riskli lezyon:
 - a. Plak içi anevrizma
 - b. Ülsere plak
 - c. İntimal flep
 - d. Düzgün yüzeye sahip plak
4. Pozitif remodeling için yanlış olan:
 - a. Plağın dışı doğru yeniden şekillenmesidir.
 - b. Erken dönemde stenoz ile bulgu verir
 - c. Akut koroner sendrom gelişimini tetikler
 - d. Koroner BT anjiyografi raporlarında özellikle belirtilmelidir
5. Günümüz teknolojisinin geldiği noktada ÇKBT cihazlarının ulaşabildiği en iyi temporal rezolüsyon:
 - a. 20 msn
 - b. 60 msn
 - c. 75 msn
 - d. 150 msn