

Koroner Ateroskleroz Tanısında Damariçi Ultrason

Dr. Cengiz ERMİŞ, Dr. Mustafa KILIÇKAP*, Dr. E. Murat TUZCU

Cleveland Clinic, Department of Cardiology, Cleveland, Ohio, *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Ankara

ÖZET

Koroner ateromatöz plakların değerlendirilmesinde, son 20 yılda elde edilen teknolojik ilerlemeler sayesinde yeni yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan biri de koroner arteriyografiyi tamamlayıcı bir tetkik olarak kabul edilen damariçi ultrason (IVUS)'dur. Bu teknikte periferik arterden koroner arter sistemine iletilen bir kateterin ucuna yerleştirilmiş yüksek frekanslı ultrason transdüseri sayesinde lümen çapı ve alanı, arteriyel duvar yapısı, aterosklerotik plak genişliği ve darlık oluşturan lezyondaki arteriyel akım özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Damariçi ultrasonun in vivo olara aterosklerotik hastalık sürecini göstermedeki yetisi eşsizdir. Bazı sınırlamalara rağmen intrakoroner ultrason tetkikinden elde edilen bu primer bilgiler başka hiçbir görüntüleme tekniği ile elde edilememekte ve girişimsel kardiyolojide verilen klinik kararları büyük ölçüde etkilemektedirler. *Türk Kardiyol Dern Arş 2002; 30: 254-264*

Anahtar kelimeler: Koroner ateroskleroz, damariçi ultrason.

Aterosklerotik koroner arter hastalığı (KAH) damar duvarının bir hastalığıdır. Koroner aterosklerozun tanısında altın standart olarak kabul edilen koroner anjiyografi ise damar lümeninde darlık oluşturan plakların belirlenmesi prensibine dayanır. Başka bir deyişle anjiyografi aterosklerozu yanlış yerde yani lümeninde aramaktadır.

Koroner ateromatöz plakların değerlendirilmesinde, son 20 yılda elde edilen teknolojik ilerlemeler sayesinde yeni yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bunların arasında koroner kateter uçlarına yerleştirilmiş ultrason kristallerinin kullanılması, ultrason doku karakterizasyonundaki ilerlemeler, ultrason devrelerinin küçültülmesi, koroner arter lümen ve duvarının üç boyutlu gösterimi sayılabilir.

Koroner arteriyografiyi tamamlayıcı bir tetkik olarak kabul edilen intravasküler ultrason (IVUS) tekniğinde, periferik arterden koroner arter sistemine iletilen

bir kateterin ucuna yerleştirilmiş yüksek frekanslı ultrason transdüseri sayesinde lümen çapı ve alanı, arteriyel duvar yapısı, aterosklerotik plak genişliği ve darlık oluşturan lezyondaki arteriyel akım özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Tomografik bir perspektif sağlaması ve aterosklerotik plakların doğrudan görüntülenebilmesi IVUS'un değerini artıran iki temel özelliğidir (1). Bu farklı özelliklerine rağmen IVUS'un uygulanabilmesi floroskopi ve anjiyografik yol bulma ile gerçekleşir. Bu nedenle, bu yeni teknikler bilinen radyografik yöntemlere alternatif değil tamamlayıcı olarak değerlendirilmelidir.

IVUS TEMELİ

Koroner anjiyografi ve diğer yöntemlerin getirdiği sınırlamalar

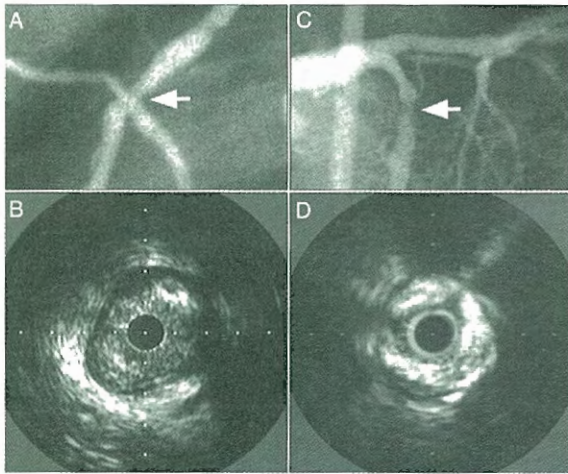
Koroner anjiyografinin sahip olduğu bazı sınırlılıklar koroner damariçi görüntülemenin gerekliliğinin esasını oluşturmaktadır. Koroner anjiyografi yıllardan beri koroner arter hastalığının anatomik ciddiyetinin belirlenmesinde öncelikli bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır (2,3). Anjiyografinin yorumlanmasında klinik olarak anlam taşıyan gözlemci içi ve gözlemciler arası değişkenlikler açığa çıkmıştır (4).

Anjiyografik lezyonların ciddiyetinin belirlenmesinde en sık kullanılan yöntem görsel ya da bilgisayar desteği ile darlık yüzdesinin ölçülmesidir ve bu ölçüm lezyon içindeki lümen çapının, lezyon olmayan komşu bir lümen çapı ile karşılaştırılması ile olur. Ancak koroner arter hastalığı genellikle damar duvarı boyunca yaygın olduğundan, darlık bulunmadığı kabul edilen ve referans olarak alınan segmentte de aterosklerotik lezyonun bulunma olasılığı yüksektir. Bu durum koroner anjiyografinin darlık ciddiyetini belirlemedeki değerini azaltmakta ve darlık derecesini gerçek değerinden daha az gösterebilmektedir.

Alındığı tarih: 2 Ekim 2001, revizyon 5 Şubat 2001
Yazışma adresi: Dr. E. Murat Tuzcu, Cleveland Clinic, Department of Cardiology, Desk 25, 9500 Euclid Ave, Cleveland, OH 44195, A.B.D.
E-posta: tuzcue@ccf.org

Hatta damar boyunca diffüz, konsantrik ve simetrik lezyonun bulunduğu koroner arterin anjiyografik değerlendirilmesi damar lümenini daraltan ciddi lezyondan çok, küçük damar şeklinde olabilmektedir. Koroner anjiyografi, damar lümeni içindeki kontrast maddenin oluşturduğu lümen görüntülerini sağlarken (5,6), ekzantrik yerleşimli lezyonları tam göstermemesi, disseksiyon ve trombüs gibi damar duvarına ve lümenine ait patolojik durumları tanımlamaındaki belirsizliği ve ateromatöz plağın büyüklüğü ve kompozisyonu hakkında yeterli bilgi verememesi gibi eksiklikleri de vardır (Şekil 1). Ortogonal anjiyogramlar kompleks lezyonların ciddiyetini yansıtsalar da bifürkasyon ve kıvrımlı bölgelerde arzu edilen görüntüleri elde etmek hemen hemen olanaksızdır. Perkütan girişimsel teknikler de, ateromları parçaladıkları ya da disseke ettikleri için lümen görüntülerini bozarak anjiyografinin değerini azaltırlar (7,8).

Koroner arter hastalığı ciddiyetinin anjiyografi ile belirlenmesini daha da zorlaştıran bir durum da, ilk kez Glagov tarafından tanımlanan 'koroner yeniden biçimlenme' dir (9). Bu süreçte ateroskleroz içeren segmentlerde damar dış duvarının dışa doğru yer değiştirmesi görülür. Bu sayede koroner arter plağı damar duvarı kesit alanının %40'ı büyüklüğe ulaşınca ya kadar lümen azalmasına yol açmayabilir hatta plak alanının damar kesit alanının %40'ından az



Şekil 1. Anjiyografinin sınırlılığı. Sağ koroner arter anjiyogramında belirgin bir darlığın gözlenmediği bir trifukasyon izlenmektedir (A). Ultrason ise trifukasyon bölgesinde tüm lümeni kaplayan bir plak göstermektedir (B). Bu lezyon anjiyografide koroner dalların üst üste gelmesi nedeniyle değerlendirilememiştir. Sol sirkumfleks arterin anjiyogramında orta derecede ciddi bir lezyon tesbit edilmiştir (C). Ultrasonografik görüntüler ise daha ciddi bir darlığın varlığını ortaya koymaktadır (D). Kalsifikasyon ve lümen düzensizliği nedeniyle bu lezyonun ciddiyeti hiçbir anjiyografik projeksiyonda gösterilememiştir.

olması durumunda damar lümeninde genişleme görülebilir (aşırı kompensasyon). Akut koroner sendromların oluşmasında bu şekildeki plakların önemli bir yeri vardır.

Bütün bunların yanında floroskopik görüntülemeye rezolüsyon sınırlı olması, intrakoroner trombüs ya da plak içi kalsifikasyon gibi 0.2 mm'den küçük yapıların görüntülenememesi, koroner arterlerin her kalp siklusunda yaptığı hareketlerin değerlendirmeyi etkilemesi koroner anjiyografinin sahip olduğu diğer sınırlılıklardır.

Ultrasonun avantajları

IVUS görüntülemesine özgü birçok özellik aterosklerotik koroner arter hastalığının değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Ultrasonun tomografik görüşü lümenin 360°'lik görüntülenmesine olanak verir. Aynı zamanda kesit görüntülerinde lümen alanının planimetrik olarak ölçek kullanmaya ihtiyaç duyulmadan ve anjiyografide olduğu gibi görüş açısı bağımlılığı olmadan ölçülebilmesi önemli bir özelliğidir (11).

Konvansiyonel anjiyografi teknikleri ile aterosklerozun ciddiyetini değerlendirmenin zor olduğu yaygın hastalıklı segmentlerde, bifürkasyon noktalarında, ostiyal bölgelerde ve ekzantrik yerleşimlerde, tomografik görüş açısına sahip ultrasonun avantajı büyüktür (8). Bütün bu durumlarda özellikle anatomik yapıların üstüste gelmesi ve 'foreshortening' (kısalma, damarın tam olarak görüntülenememesi) olayı doğru anjiyografik değerlendirmeyi engellemektedir. IVUS ise bu gibi faktörlerden etkilenmeden lezyonun doğru tanımlanmasını sağlar (11).

DONANIM VE TEKNİK

Ultrason kateterleri

Günümüzde iki ayrı IVUS sistemi kullanılmaktadır (11-13): 1) Mekanik sistemler (mekanik olarak dönen transduserler), 2) Elektronik sistemler (Elektronik çok elemanlı transduserler, sabit düzenlenmiş sistemler).

Mekanik sistemlerde bir kateter kılıfının uç kısmında kateter içine yerleştirilmiş tek bir transduser mevcuttur. Bu sistemlerde, ya bu transduser veya transduser komşuluğundaki bir ayna, kateter proksimaline yerleştirilmiş bir motor aracılığıyla döndürülür. Motor ile transducer veya ayna arasındaki bağlantı bükülebilir bir gövde aracılığıyla olmaktadır. Transduser veya aynanın dönme hızı 30 devir/sn civarındadır.

Elektronik sistemlerde mekanik sistemlerden farklı olarak dönen bir pizeoelektrik transduser yoktur. Bu sistemlerde kateter uç kısmına dairesel olarak yerleştirilmiş küçük transduserler (64'e kadar varan sayıda) vardır ve ultrason dalgaları ile tarama elektronik olarak bir transduserden ötekine kaydırılarak yapılmaktadır. Transduserlerin proksimaline yerleştirilmiş mikroçipler kullanılarak salınan ve geri dönen ultrason dalgaları değerlendirilir.

Her iki sistem de görüntü sağlanması, depolanması ve görüntü ayarlarının yapılmasına olanak veren bir konsola bağlıdır. Son zamanlarda IVUS görüntülemelerine dijital görüntü saklama teknolojisi de girmiştir. Bu sistemlerde 60 saniyeye kadar varan sürelerde görüntü kaydı yapıp bu görüntüler üzerinde pek çok çalışmaya olanak tanınmaktadır.

Her iki sistem de 360°'lik bir alanda tarama yapabilmekle birlikte birbirlerine göre bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Mekanik sistemlerde döndürme işlemini gerçekleştiren motor kısmı ile kateter ucundaki transducer (veya ayna) arasındaki bağlantıyı sağlayan gövde kısmı (drive-shaft), bu sistemlerin bükülebilirliklerini (fleksibilitelerini) azaltmaktadır. Bu nedenle kıvrımlı damarlarda mekanik sistemlerin sürücü gövde kısmının sürtünmesine bağlı olarak "non-uniform rotasyonel distorsiyon (NURD)" denen artefakt gelişebilir. Elektronik sistemlerin bükülebilirlikleri daha fazla olduğundan bu artefakt gözlenmez. Elektronik sistemlerin hazırlanması ve kullanımı daha kolay olmakla birlikte, bazı araştırmacılar görüntü kalitesi açısından mekanik sistemlerin daha üstün olduğunu düşünmektedirler. Ancak son zamanlarda mekanik ve elektronik sistemlerin birbirine göre dezavantajları anlamlı ölçüde azaltılmıştır.

Kateter çapları genellikle koroner arterler için 2.9-3.5 Fr (1 Fr= 0.33 mm), periferik arterler ve intrakardiyak görüntüleme için 10 Fr'e kadar değişen çaplardadır.

Ultrason dalgasının frekansı ile dalga boyu ters orantılıdır ve frekans arttıkça dalga boyu azalır, ultrason dalgasının dokuya penetrasyonu azalır, transduser yüzeyine yakın alandaki dokunun görüntü kalitesi derindeki dokulara göre daha yüksek olur. Bu nedenle küçük damarların incelenmesinde yakın alan görüntüleri daha iyi olan yüksek frekanslar seçilir. İntrakoroner incelemelerde genellikle 20-40 MHz gibi yüksek frekanslar kullanılır.

Görüntüleme tekniği

İntraluminal ultrason görüntüleme de diğer intrakoroner kateter taşıma teknikleri kullanılır. İşlem öncesi intrakoroner nitrogliserin ve antikoagülasyonun gerekliliğini gösteren kontrollü çalışmalar olmasa da bu ilaçlar rutin olarak verilir. Genellikle kuvvetli desteğe sahip 6F, 7F veya 8F kılavuz kateter ve 0.014 inch anjiyoplasti kılavuz teli kullanılır. Ultrason kateteri operatör tarafından ilerletilerek ya da geri çekilerek görüntüler elde edilir. Son dönemde geliştirilen sistemlerde otomatik geri çekim uygulanabilmektedir. Bu yöntemde özel bir cihaz ile kateter 0,25-1 mm/sn hızında (sıklıkla 0,5 mm/sn hızında) geri çekilerek görüntüleme yapılır. Yan dallar ardışık gözlemlerde yorumlamayı ve karşılaştırmayı kolaylaştıran işaretlerdir. Bazı uygulamacılar ise 'üniform rotasyonel oryantasyon' denen tekniği kullanırlar. Buna göre sol ön inen (LAD) koroner arter görüntüsü elektronik olarak döndürülerek sirkumfleks

arterin 'saat 9' hizasında izlenmesi sağlanır. Aynı şekilde sirkumfleks arter görüntüsünde LAD 'saat 3' hizasında gözlenir. Sağ koroner arter oryantasyonu 'saat 9' hizasında olan sağ ventrikül marjinal dalına göre yapılır ⁽¹¹⁾.

Güvenirlilik

İntravasküler ultrason birçok klinik durumda ve çoğu revaskülarizasyon işlemini takiben güvenle yapılmış, az sayıda ciddi istenmeyen etkilere yol açmıştır ⁽¹⁴⁾. Özellikle ince damarların tetkiki sırasında gelişebilecek disseksiyon ve trombüs oluşumu ender görülür. En sık rastlanan komplikasyon %5-10 oranında izlenip intrakoroner nitrogliserine cevap veren fokal koroner spazmdır.

GÖRÜNTÜ YORUMLAMASI

Normal arter morfolojisi

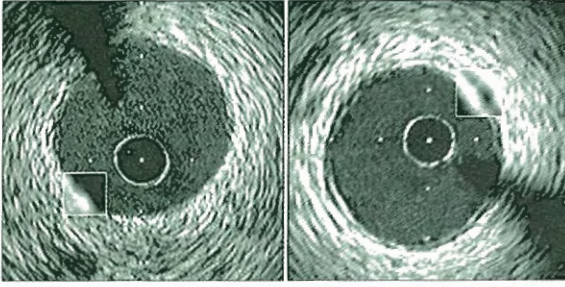
İntravasküler ultrason incelemesinde damar lümeni ekodan fakir karanlık bir alan olarak gözlenir. Ultrason kateteri lümen ortasında, etrafı ekodan yoğun parlak bir hale ile çevrili olan küçük, yuvarlak karanlık bir alan olarak görülür. Kateterin etrafındaki ekodens bu hale transduserin ossilasyonuna bağlı olarak oluşur ve "ring-down artefaktı" olarak adlandırılır. Damar lümeni içinde ultrason dalgalarının karnın hareketli elemanlarından yansımalarına bağlı olarak oluşan hareketli beneklenmeler görülür. Bazen disseksiyon gibi lümenle ilişkili olabilen patolojilerin değerlendirilmesinde faydalı olabilen bu beneklenme görüntüsünün yoğunluğu kullanılan ultrason dalgasının frekansına ve kan akım hızına göre değişir. Kan akım hızının yavaşlaması veya yüksek frekanslı transduserin kullanılması bu beneklenme görüntüsünü daha belirgin hale getirir ve bazen bu nedenle kan-doku yüzeyinin ayırımında güçlüğü neden olabilir.

Normal bir koroner arterde lümen duvarını çevreleyen ekodan yoğun tabaka intimadır. Mediya ise subintimal bölgede ekodan fakir ayrı bir tabaka olarak gözlenir. Onun da dışında ekodan yoğun adventisya tabakası izlenir. Adventisyanın dış tabakası perivasküler bağ dokusu içine girdiği için sınırları net ayırtdilemez. Ekodan yoğun intima ve adventisya ile ekodan fakir mediyal tabaka damar duvarına üç katmanlı bir görüntü verir. Ancak bu karakteristik görüntü özellikle genç yaşlarda bazen ince intimal tabakanın görülememesi ile bozulur ve sonuçta normal koroner arterlerin %30-50'sinde koroner segmentte tek katmanlı bir görüntü elde edilir ⁽¹¹⁾ (Şekil 2).

IVUS ile yapılan ölçümler

Damar lümen alanı ve çapı hesaplamalarında IVUS ile anatomik ölçümler arasında mükemmel bir korelasyon bulunmuştur ⁽¹⁵⁾. Aynı korelasyon damar duvar kalınlığı için de bildirilmiştir. Bazı takip çalışmalarında da gösterildiği gibi IVUS normal ya da hastalıklı arterlerde lümen alanı, damar alanı, plak alanı ve duvar kalınlığı hakkında güvenilir ölçümlere olanak tanır. IVUS ile yapılan bazı ölçümler aşağıda tanımlanmıştır ⁽¹³⁾:

A) Lümen ile ilgili ölçümler: Lümen ölçümleri intimal tabakanın en içteki kenarı esas alınarak yapılmaktadır. Genç yaşlarda çok ince olan intimal tabaka IVUS ile gösterilememekte ve damar görüntüsü tek tabaka olarak izle-



Şekil 2. Normal koroner arter görüntüsü. Gençlerde normal intimanın damariçi ultrason ile ayırt edilememesi nedeniyle tek katmanlı görüntü elde edilir (sol panel). İlerleyen yaşlarda ise kalınlaşan intima ayrıca görülür, böylece media ve adventisyanın izlendiği üç katmanlı görüntüler alınabilir (sağ panel). Yüksek büyütme görüntüleri şekil üzerinde belirtilmiştir.

nelebilmektedir. Bu gibi durumlarda genellikle damar duvarının en iç tabakasında intima ve mediaya karşılık gelen çok ince ekolusen bir bant izlenebilir. Lümen ölçümlerinde bu bandın sınırları esas alınır. IVUS incelemesinde aşağıdaki lümen ölçümleri yapılabilmektedir:

Lümen kesit alanı: İntimal tabakanın en içteki kenarı esas alınarak çizilen alan.

Minimum lümen çapı: Lümenin bir kenarından diğer kenarına doğru uzanan ve lümenin merkezinden geçen en kısa mesafe.

Maksimum lümen çapı: Lümenin bir kenarından diğer kenarına doğru uzanan ve lümenin merkezinden geçen en uzun mesafe.

Lümen egzantristesisi: "[maksimum lümen çapı - minimum lümen çapı] / maksimum lümen çapı" formülünden hesaplanır.

Lümen alanı darlığı: "[referans lümen kesit alanı - minimum lümen kesit alanı] / referans lümen kesit alanı" formülünden hesaplanır.

B) Eksternal elastik membran ile ilgili ölçümler: Adventisya ile medianın birleştiği parlak ekolu sınır eksternal elastik membranın (EEM) sınırlarını oluşturur. EEM ile ilgili ölçümlerde bu sınırın en içteki kenarı esas alınır.

EEM kesit alanı: EEM'nin sınırlarının çizilmesiyle elde edilen alandır. Bu ölçüm için alternatif olarak "damar alanı", "total damar alanı" gibi tanımlar da kullanılmakla birlikte "EEM kesit alanı" tanımının kullanılması tercih edilmektedir. Bu ölçüm yan dal veya kalsifikasyona bağlı akustik gölgelenme varlığında güvenilir olarak yapılamaz.

Maksimum ve minimum EEM çapları: Hastalıklı koroner arterlerde yeniden biçimlenmeye bağlı olarak damarın yuvarlak görüntüsü bozulduğunda, EEM'nin bir ucundan diğer ucuna doğru uzanan ve damarın merkezinden geçen en uzun ve en kısa mesafeler hesaplanabilir.

C) Aterom ile ilgili ölçümler: Media tabakasının iç kenarı (internal elastik membran) IVUS ile net olarak gösterilemez. Bu nedenle IVUS incelemelerinde aterom ile ilgili ölçümler EEM ve lümen ölçümlerinin farkı alınarak yapılır. Bu şekildeki ölçüm aterom tabakasına ek olarak media tabakasını içeriyor olsa da, media tabakası ince olduğundan pratik uygulamalarda bu ölçümün kullanılması önemli

bir problem oluşturmamakta ve kabul görmektedir. Aynı nedenle aterom ile ilgili ölçümler "plak+media" ölçümleri olarak da ifade edilmektedir.

Plak+media (aterom) kesit alanı: "EEM kesit alanı - lümen kesit alanı" formülüyle hesaplanır.

Maksimum plak+media (aterom) kalınlığı: EEM ile lümen kenarı arasındaki uzaklığın maksimum olduğu mesafedir. Her iki kenarı birleştiren doğrunun uzantısı lümenin merkezinden geçecek şekilde ölçüm yapılmalıdır. Bu ölçüm özellikle çevresel ve yaygın olma eğilimi yüksek olan transplant vaskülopatisinde, lezyonun ciddiyetini göstermede ve klinik seyri öngörmede kullanılan yararlı bir indekstir⁽¹⁶⁻¹⁹⁾.

Minimum plak+media (aterom) kalınlığı: EEM ile lümen kenarı arasındaki uzaklığın minimum olduğu mesafedir. Her iki kenarı birleştiren doğrunun uzantısı lümenin merkezinden geçecek şekilde ölçüm yapılmalıdır.

Plak+media (aterom) egzantristesisi: "[maksimum aterom kalınlığı - minimum aterom kalınlığı] / Maksimum aterom kalınlığı" formülüyle hesaplanır.

Plak (aterom) yükü: "Aterom kesit alanı / EEM kesit alanı" formülüyle hesaplanır. Bu kavram anjiyografik lümen darlık derecesi kavramından farklı olarak sadece aterom tabakasının büyüklüğü hakkında fikir verir, lümen daralması hakkında fikir vermez.

D) Kalsifikasyonlarla ilgili ölçümler: Koroner kalsifikasyonları göstermede en duyarlı yöntem intravasküler ultrasonografidir⁽²⁰⁻²²⁾. Kalsifikasyonlar ekodan yoğun parlak oluşumlar olarak gözlenir ve ultrason dalgalarının penetrasyonunu engellediğinden parlak eko arkasında "akustik gölgelenme" denen ekolusen bir görüntüye neden olur. Kalsifikasyonlar ayrıca ultrason dalgalarının transduser ve kalsifik yapı arasında salınımına bağlı olarak, arka planda çok sayıda parlak yansımalar (reverberasyon) neden olabilirler. Gerek akustik gölgelenme ve gerekse reverberasyon, kalsifik damarlarda ölçüm yapılmasını engelleyebilir.

Lokalizasyonuna göre, kalsifikasyonun en içteki kenarı plağın lümenine yakın %50 iç kısmında ise *yüzeysel*, %50 dış kısmında ise *derin* kalsifikasyon olarak adlandırılır. Ayrıca kalsiyum arkının damar duvarı enine kesitinde kaç derecelik bir açıda yer kapladığı da hesaplanabilmektedir. Kalsifikasyonun damar boyunca uzunluğu ise ultrason kateterinin otomatik makinalarla geri çekilmesiyle elde edilen görüntülerden hesaplanabilir.

Anjiyografi ile uyumsuzluklar

Genellikle ultrason ile belirlenen yüzde darlık oranı anjiyografi ile görüntülenen daraldan daha büyüktür⁽⁸⁾. Bu durum, koroner aterosklerozun anjiyografik olarak normal denilen bölgeleri de tutan diffüz doğası ve aterosklerozun erken safhalarında lümen daralmasına karşın damar duvarının gösterdiği adaptif büyüme ile açıklanabilir⁽⁹⁾.

Bir diğer uyumsuzluk konusu ateromun egzantristesisidir. Koroner arter hastalığında ateromun yerleşimi çevresel yerleşimden, ateromun sadece tek tarafta görüldüğü ekzantrik yerleşime kadar değişebilir. Pek çok karşılaştırmalı çalışmada anjiyografide görülen plak dağılımı ile ultrasonda gösterilen görüntü arasında zayıf bir korelasyon olduğu

bildirilmiştir (23). Bu gözlemin özellikle direksiyonel atektomi gibi selektif plak çıkarılmasının gerekli olduğu koroner girişimlere rehber olması açısından önemi büyüktür.

Koroner aterosklerozun önemli bir sonucu olan aterosklerozun kalsifikasyonunu değerlendirmede de anjiyografi ile ultrason arasında belirgin farklar vardır. Ultrason ile tesbit edilen kalsifikasyonların ancak %45 kadarının anjiyografi ile gösterilebileceği bildirilmiştir (21). 1155 koroner lezyonun incelendiği bir başka çalışmada ultrason ile %73, anjiyografi ile %38 oranında kalsifikasyon tesbit edilmiştir (22).

Sınırlamalar ve artefaktlar

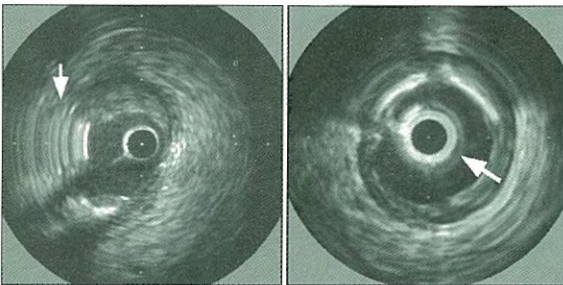
Genelde IVUS cihazlarıyla birlikte görülen artefaktlar görüntü kalitesini azalttığı gibi, yorumlama zorluğunu artırır ve kantitatif ölçümlerin doğruluğunu sınırlar (11,13).

Non-uniform rotasyonel distorsiyon (NURD): Mekanik kateter sistemlerine özgü bir artefaktır. Bu sistemlerin, transduser' e hareketi ileten sürücü gövdeye bağlı olarak fleksibiteleri düşüktür. Bu nedenle özellikle kıvrımlı damarlarda sürtünmeye bağlı olarak dönme hızında sıklık sınımları ve buna bağlı olarak da görüntüde bozulma oluşmaktadır (Şekil 3). Bu artefakt kıvrımlı damarlara ek olarak sistemdeki hemostatik kapağın aşırı sıkılması, kılıfta kıvrılma, lümen çapı çok küçük olan kılavuz kateter kullanımı gibi durumlarda da oluşabilmektedir.

Hareket artefaktı: Genellikle kateter pozisyonunun stabil olmamasına bağlı olarak oluşan bu artefakt, zaman zaman görüntünün tam olarak oluşmadan kaybolmasına veya görüntüde aralıklı bozulmalara neden olur.

"Ring-down" artefaktı ve yakın alan artefaktı: Tüm ultrason sistemlerinde görülebilen bir artefaktır. Transduserin akustik salınımlarına bağlı olarak transduserin yakın bölgede yüksek amplitüdü ultrason sinyalleri oluşur. Bu durum transduserin yakın olan damar bölgesinin sağlıklı görüntülenmesini engeller (Şekil 3). Ayrıca kateter etrafında görülen parlak hale de bu artefakta bir örnektir ve kateter çapının normalden daha fazla görünmesine neden olur.

Ultrason kateterinin çapına bağlı olarak oluşan sınırlılık: Ultrason kateterlerinin çapı 1mm kadar küçük boyutta olmasına ve birçok ciddi darlığa kolay ulaşılabilmesine rağmen, ciddi darlıklarda bazen lezyon morfolojisi kateter tarafından değişir ve ölçüm hatalarına neden olur.



Şekil 3. Ultrason Artefaktları. Nonuniform rotasyonel distorsiyon (sol panel, ok) en çok karşılaşılan artefaktır. Ultrason görüntülerinde bozulmalara yol açıp yanlış ölçümlere sebep olur. Yakın alan artefaktı (sağ panel, ok) ise transduser çevresindeki ultrason sinyallerinin reverberasyonu ile oluşur. Katetere yakın yapıların görüntülenmesine engel olur.

Geometrik bozulma: Görüntünün damar eksenine göre oblik alınmasına bağlı olarak oluşur. Ölçümlerin yanlış yapılmasıyla sonuçlanır. Geometrik distorsiyon damarın kıvrımına ve transduserin damar eksenine göre eğimine bağlı olarak gelişir. Transduserin eksene paralel olmayışı damar ve kateter çaplarının birbirine göre göreceli oranı belirler. Bu nedenle özellikle büyük damarlarda oblik görüntü alma olasılığı ve buna bağlı olarak da damarı olduğundan daha büyük gösterme olasılığı söz konusudur.

Kanın hareketli elemanlarının beneklenmesine bağlı olarak oluşan sınırlılıklar: Bazen disseksiyon ve lümen ilişkisini belirlemede faydalı olmasına rağmen, beneklenmenin fazla olması halinde lümen ve doku ayrımı (özellikle trombüs, neointima ve yumuşak plak) net yapılamaz. Yüksek frekanslı transduserlerin kullanılması ve kan akım hızının yavaşlaması beneklenmeyi artırır. "Gain" ayarlarında değişiklik yapılarak veya kateter içinden kontrast veya izotonik verilerle lümen ve doku ayrımı yapılabilir.

ATEROSKLEROZU ANLAMADA IVUS

Aterom morfolojisi

IVUS aterom plağının yapısı ve içeriği hakkında fikir vermekle birlikte plağın gerçek histolojik içeriğini ayrıntılı olarak belirlemek için kullanılmaz. Koroner ateroskleroz gelişiminin histoloji ile gözlenen, 'fatty streak' (yağ çizgileri) gibi ilk dönemleri, 30 MHz'lik ultrason cihazları ile görüntülenemez. Sınırlı hastalığı olan segmentlerde intimal yüzeyin genel ya da fokal kalınlaşması izlenirken, daha ileri lezyonlarda lümeni kapatan ekodan yoğun oluşumlar görülür.

Aterom plakları görünüşlerine göre farklı gruplara ayrılırlar. **Yumuşak (ekolusen)** plaklar ekojenitesi adventisyaya göre düşük olan plaklardır. Yumuşak plak tanımlaması plağın yapısal özelliğini yansıtmaz, ekojenitesini belirtmek amacıyla kullanılır. Bu plaklar genellikle lipid içeriği yüksek, hücre içeriği zengin plaklardır (24-26). Yumuşak plakların çoğunun kollajen ve elastin içeriği düşüktür. Ancak ekolusen yapının plak içindeki nekrotik materyal ve intramural hemoraji veya trombüsü de gösteriyor olabileceği unutulmamalıdır. **Fibröz plakların** ekojenitesi adventisyanın ekojenitesine benzer olup yumuşak plaklara göre daha yüksek, kalsifik plaklara göre daha düşüktür. Fibröz doku içeriği yüksek olan bu plaklar aterosklerotik plakların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. **Kalsifik plaklarda** oldukça yoğun eko dansitesine bağlı olarak parlak bir görünüm ve bu görüntünün arkasında akustik gölgelenme ve bazen reverberasyon gözlenir. **Karışık (fibrokalsifik,**

"fibrofatty") plaklarda farklı ekojenitede oluşumlar gözlenir.

Aterosklerotik plak bileşiminin ultrason görüntüleme ile belirlenmesinin güvenilirliğini araştıran bir çalışmada 21 taze insan koroner arterinden elde edilen 112 kadranın %96'sında ultrason görüntüleme ile plak bileşimi doğru olarak gösterilmiştir (26).

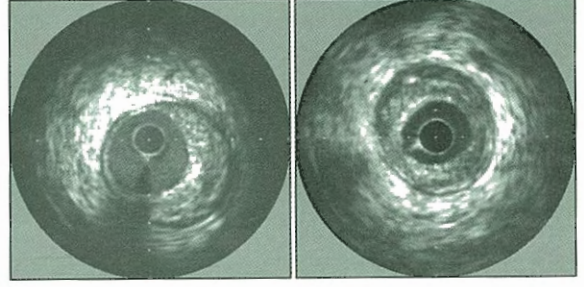
Çoklu ve dağınık mikrokalsifikasyonlar bir yana bırakılırsa ultrason kalsifiye plağın belirlenmesinde yüksek duyarlılığa ve özgüllüğe sahiptir. Karşılaştırmalı bir çalışmada postmortem koroner arter kesitlerinin histolojik olarak değerlendirilmesi sonucu IVUS'un yoğun kalsifikasyonları tesbit etmede %89, mikrokalsifikasyonları tesbit etmede %64 oranında duyarlı olduğu bildirilmiştir (27). Bu özelliğin tanı yanında tedavi stratejilerini belirleme gibi yararları vardır.

Histolojik olarak yırtılma riski en yüksek plak türü ince fibröz bir örtüsü olan lipid yüklü plaktır ve bu plaklar ultrason görüntülemede ekodan fakir plaklar olarak izlenir (7). Anjiyografi ise yırtılma ihtimali yüksek plakları yeterince öngöremez. Yırtıldıktan sonra ise plağın tek ya da daha fazla küçük kanallarla lümenine bağlanması, egzantresitesi, düzensizliği ve ülserli görünümü gösterilebilir.

Akut koroner sendromların temel unsuru olarak gösterilen damar içindeki trombüs, yüksek frekans görüntüleme özelliklerine rağmen IVUS tarafından ekodan fakir plaklardan ayırtedilemiyebilir. Bunun nedeni plak içindeki lipid, bağ dokusu ve trombüsün eko yoğunluklarının benzer olmasıdır. Trombüs tanısında IVUS'un anjiyoskopi ile karşılaştırıldığı bir çalışmada ultrasonun duyarlılığı %57, özgüllüğü %91 olarak bulunmuştur (28).

Plak dağılımı

Darlığın ciddiyeti ve plak morfolojisi yanında hastanın klinik görüntüsü ve tedavi stratejilerini etkileyen bir diğer konu da plağın dairesel yerleşimidir (Şekil 4). Plak egzantresitesi aynı zamanda koroner girişimin sonuçlarını da etkiler; anjiyoplasti sonrası hastalıklı olmayan segmentin etkisiyle erken ve geç dönemde görülen elastik 'recoil' buna örnek olarak gösterilebilir. IVUS'un lezyon egzantresitesini koroner anjiyografiye göre daha iyi tespit ettiği gösterilmiştir.



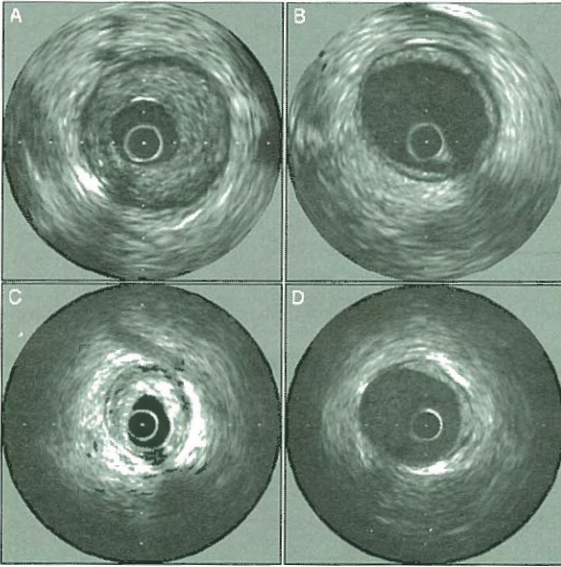
Şekil 4. Plak Dağılımı. Aterosklerotik lezyonlar damar çeperinde bir bölgede yoğunlaşmış (egzantrik plak, sol panel) ya da çeperin tamamını kaplamış (konsantrik plak, sağ panel) olabilir.

ARTERİYEL YENİDEN BİÇİMLENME

Koroner ateroskleroz gelişimi ile birlikte arter çaplarında gözlenen değişiklikleri karşılayan bu terim, ilk dönemlerde plak birikimi ile birlikte arterin genişlemesi anlamında kullanılmaktaydı. Glagov ve ark.'nın yukarıda da sözü edilen çalışmalarında EEM alanı ile aterom alanı arasında pozitif korelasyon gözlenmiştir (9). Damar alanının %30-40'ından daha azının plak tarafından kaplandığı durumlarda, arter duvarındaki genişleme plak yüküne göre daha fazla olabilmekte ve lümen alanı genişlemektedir (aşırı kompensasyon). Plak alanı %30-40'tan fazla ise yeniden şekillenme daha az oranda olmakta ve lümen alanı küçülmektedir. Bu durum araştırmacılarca, lümen çapını korumaya yönelik bir kompensasyon mekanizması olarak değerlendirilmiş ve %40 gibi belirli bir darlık sınırı geçilince bu mekanizmanın lümen küçülmesini artık önleyemeyeceği anlaşılmıştır (9).

Yeniden biçimlenmenin kesin mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte klinik uygulamalar üzerinde önemli etkilere sahiptir. Anjiyografi sırasında aterosklerotik hastalığın derecesini gizleyebilmesi bunların arasında sayılabilir.

Son yıllarda yapılan çeşitli histopatolojik çalışmalar ve IVUS çalışmaları sonucunda "negatif yeniden biçimlenme" ya da "arteriyel büzülme" olarak tanımlanan yeni bir kavram ortaya çıkarılmıştır. Negatif yeniden biçimlenmede damar çapı (EEM çapı) hastalıklı bölgede küçülerek lümen alanının daha fazla azalmasına katkıda bulunmaktadır (Şekil 5). 51 insan femoral arterinin incelendiği bir çalışmada, lezyon bölgelerindeki arter alanının, komşu referans segmentlere göre belirgin olarak küçük olduğu bulunmuştur (29). İnsan koroner arterlerinde yapılan



Şekil 5. Yeniden biçimlenmenin lümen daralmasındaki rolü. Lezyon bölgesindeki damar alanı daha büyük (pozitif yeniden biçimlenme) ya da daha küçük (negatif yeniden biçimlenme) olabilir. A ve C lezyon, B ve D referans bölgelerini göstermektedir.

benzer bir çalışmada, kararlı angina kliniği ile gelen ve fokal de novo koroner darlık tesbit edilen hastalarda lezyon bölgesindeki EEM alanı ile proksimal referans bölgesindeki EEM alanı karşılaştırılmış, bu oranın 0,78'den küçük olması olarak tanımlanan negatif yeniden biçimlenme 603 lezyonun %15'inde (91 lezyon) izlenmiştir (30). Bu çalışmada negatif biçimlenmenin tek bağımsız öngörücüsü yüzeysel kalsifikasyon olarak bulunmuş ve sonuçta araştırmacılar damarın bu yetersiz cevabının lezyona özgü bir olay olduğu sonucunda birleşmişlerdir.

Koroner arter hastalığının sunumu ile yeniden biçimlenme tarzları arasındaki ilişkiler de çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. Akut koroner sendrom ile gelen 76 hasta ile kararlı anginası olan 40 hastanın lezyon bölgelerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada pozitif yeniden biçimlenmenin kararsız angina grubunda, negatif yeniden biçimlenmenin ise kararlı angina grubunda daha belirgin olduğu bulunmuştur (31). Plak kırılabilirliğinin histolojik belirteçlerinin yeniden biçimlenme varlığı ile ilişkilerinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise daha büyük plak ve damar alanı olan kesitlerde daha çok makrofaj ve lenfosit ve daha az kollajen ve düz kas hücresi (α -aktin) izlenmiştir (32). Kırılabilir plağın özelliklerinden olan bu belirteçler daha büyük ve daha fazla yeniden biçimlenmeye uğramış plaklarda anlamlı olarak fazla bulunmuştur.

Pozitif yeniden biçimlenme anlatılırken, aşırı kompensasyon varlığında lümen alanında genişleme olduğu yukarıda belirtilmişti. Bunun dışında kompensasyonun derecesine göre alternatif tanımlar da ortaya atılmıştır (13). Eğer plak artışı ile EEM alanı artışı paralel ise ve bu nedenle lümen alanı değişmiyorsa bu durum tam kompensasyon olarak tanımlanmaktadır. Eğer EEM alanı plak artışına göre daha az oluyorsa (lümen alanı daralır) bu durum yetersiz yeniden biçimlenme veya kompensasyonu tam olmayan yeniden biçimlenme olarak tanımlanır.

Yeniden biçimlenmenin tipini ve derecesini tanımlamak üzere birtakım indeksler kullanılmaktadır. Bunlardan biri "lezyon bölgesindeki EEM alanı / referans segmentteki EEM alanı" oranıdır. Bu oranın 1'den büyük olması halinde pozitif yeniden biçimlenmenin, 1'den küçük olması halinde ise negatif yeniden biçimlenmenin olduğu söylenir. Ancak daha önceden de belirtildiği gibi aterosklerotik damar hastalığı diffüz ve progressif bir hastalıktır. Bu nedenle referans segmentte de zaman içinde yeniden biçimlenme gelişebileceğinden, bu indeks yeniden biçimlenmenin ancak indirekt bir göstergesi olarak kullanılabilir. Yeniden biçimlenmenin direkt kanıtı ise aynı bölgenin EEM alanının zaman içinde seri değişikliği gözlenerek elde edilebilir. Buna göre zaman içinde EEM alanı ile plak alanında oluşan değişikliğin ilişkisini gösteren grafiğin eğimi, yeniden biçimlenmenin tipi ve derecesi hakkında direkt bilgi verir. Eğimin >1 olması pozitif yeniden biçimlenme, <1 olması yetersiz (kompansasyonu tam olmayan) yeniden biçimlenme ve <0 olması (yani EEM alanının zaman içinde küçülmesi) ise negatif (konstriktif) yeniden biçimlenme olarak tanımlanır.

TANISAL UYGULAMALARDA IVUS

Anjiyografik olarak normal koroner arterler

Koroner arter hastalığı klinik şüphesi bulunan vakalarda anjiyografi uygulandığında yaklaşık %10-15 oranında normal koroner arterler tesbit edilir. Ancak bu arterler IVUS ile incelendiğinde genellikle ateroskleroza rastlanır (8,33,34). Fakat bu şekilde sadece IVUS ile gösterilebilecek derecedeki koroner aterosklerozun kötü prognostik bir kriter olup olmadığı belirlenmemiştir.

Orta Dereceli Lezyonların Değerlendirilmesi

Anjiyografi esnasında bazı lezyonlar çeşitli projeksiyonlarda görüntülenmelerine rağmen tam olarak tanımlanamazlar. Bu lezyonlar klinik durumu yorumlamanın zor olduğu ostiyal lezyonlar, bifürkasyon lezyonları ve derecesi %40 ile %75 arasında kalan lezyonlardır. Ultrason bu tip lezyonlarda tomografik bir perspektif sağlayarak yorumlanmalarını kolaylaştırır.

Sol ana koroner arter dışındaki diğer arterlerde IVUS ile elde edilen anatomik parametrelerle fraksiyonel koroner akım rezervini (FFR) karşılaştıran bir çalışmada, minimal lümen alanının 3 mm²'den küçük, lümen alanı darlığının 0,6'dan büyük olmasının, darlığın fonksiyonel açıdan ciddiyetini belirleyen güçlü göstergeler olduğu saptanmıştır (35). Sol ana koroner dışındaki diğer koroner arterlerdeki darlıklar için IVUS kılavuzluğunda girişim ertelenen hastaların 1 yılı aşkın takiplerinin yapıldığı başka bir çalışmada ise, IVUS'la hesaplanan minimal lümen alanının 4 mm² veya üzerinde olmasının istenmeyen olayların (ölüm, miyokard infarktüsü veya ilgili damarın revaskülarizasyonu) az olacağını güvenilir bir göstergesi olduğu sonucuna varılmıştır (36). Bu bulgular, IVUS ile elde edilen bazı anatomik ölçümlerin, orta derecedeki darlıkların fonksiyonel önemini ve dolayısıyla girişim yapılıp yapılmamasını belirlemede, FFR gibi fonksiyonel parametreler yoksa, kullanılabilirliğini göstermektedir.

Sol ana koroner arter lezyonlarının değerlendirilmesi bir diğer önemli anjiyografik problemdir. Bunun sebepleri olarak aortik kapakçıkta kalan kontrast maddenin ostiumu gizlemesi, sol ana koroner gövdesinin kıyaslamaya izin vermeyecek derecede kısa olması, distal bölgenin bifürkasyon veya trifükasyon yapıları nedeniyle iyi görüntülenememesi sayılabilir. Bu noktada IVUS güvenli ve kolay bir teknik olarak ön plana çıkmaktadır (37). Bununla birlikte, IVUS sol ana koroner arterde ateroskleroz şüphesinin aydınlatılmasında çok yararlı iken, orta derecede bir darlığın revaskülarizasyon gerektirecek ciddiyette olup olmadığının anlaşılmasında en uygun yöntem değildir.

Transplant vaskülopati

Kalp transplantasyonu uygulanmış hastalarda ilk bir yıldan sonra görülen mortalitenin en büyük sebebi

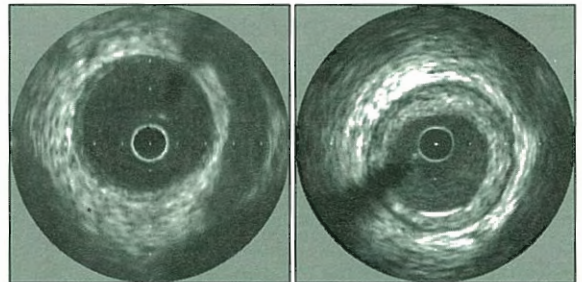
'allograft vaskülopati' dir (38). Kardiyak allograftlar fonksiyonel olarak denerve olduğu için bu hastalarda semptom olmadan miyokard infarktüsü gelişebilir. Bazı merkezlerde yıllık anjiyogramlar uygulansa da hastalığın son dönemlerine gelinmeden ve kardiyak olay meydana gelmeden tıkaçıcı lezyonların güvenilebilir bir biçimde ortaya çıkarılması mümkün olmamaktadır (39,40).

İntravasküler ultrason ise kardiyak transplant alıcılarında intimal proliferasyonu gösteren önemli bir tetkiktir (Şekil 6). Transplantasyon sonrası birinci yılda hastaların %80'inde, 4. yıldan itibaren de %92'sinde anormal intimal kalınlaşma gösterilmiştir (41). Aynı çalışmada koroner aterosklerozun heterojen bir dağılım gösterip, fokal olarak proksimal, diffüz olarak da daha çok distal segmentleri tuttuğu ortaya çıkarılmıştır.

Transplant vaskülopatide aterosklerotik plakların donör kalp ile mi geçtiği yoksa immün aracılı bir vaskülopati sonucu mu oluştuğu pek çok çalışmada incelenmiştir. Sonuçta donör geçişli geleneksel aterosklerozun damarda uzunlamasına ve yama tarzında bir plak dağılımına sebep olduğu, immün aracılı hastalığın ise daha çok dairesel ve diffüz seyrettiği bulunmuştur (39,41).

GELECEK YÖNELİMLER

Görüntüleme ve terapötik donanımları birleştiren kombine cihazlar koroner girişim sırasında, anında rehberlik sağlamak için geliştirilmişlerdir. Anjiyoplasti balonu ile bir transdüseri birleştiren cihaz kullanıma girmiştir. Transdüseri bir aterektomi cihazı ile birleştiren sistem test edilmiş olmakla birlikte ticari olarak mevcut değildir (42). Ultrason kateterleri üze-



Şekil 6. Transplant vaskülopatisi. Transplant hastasının proksimal LAD kesitinde erken dönem görüntülerinde (sol) belirgin intimal kalınlaşma izlenmezken, bir yıllık takip görüntülerinde intimal kalınlıkta artma ile karakterize allograft vaskülopatisi (sağ) dikkati çekmektedir.

rine yerleştirilmiş stentler, radyasyon kateterleri ve Doppler akım uçları planlanan diğer birlikteliklerdir.

İntravasküler ultrasonun önemli sorunlarından biri olan doku karakterizasyonu, yani özellikle bir trombus ya da lipid birikimi gibi farklı doku tiplerini ayırt edebilmesi için çeşitli teknikler geliştirilmektedir (43). Bunlardan biri radyofrekans (RF) ultrason sinyallerinin değerlendirilmesidir. Normalde dokudan yansıyan ultrason sinyallerine ait ham veriler bilgisayar aracılığıyla işlenip, bilinen 2 boyutlu videodansimetrik görüntüler elde edilir. Bilgisayar tarafından henüz işlenmemiş ham ultrason sinyallerinin frekans, amplitüd ve güç dağılımlarının değerlendirilmesi RF analizinin esasını oluşturur. Bu yöntem damar duvarındaki doku tipinin özellikleri hakkında videodansimetrik yöntemle göre daha ayrıntılı bilgi vermektedir (44-46).

Değişik tomografik kesitlerde yapılar arasındaki açısall ilişkiyi anlamayı kolaylaştırmak için üç boyutlu rekonstrüksiyonlar geliştirilmiştir (47). Bu teknikte gerekli olan donanım belirli mesafelerde ardışık kesitlerin alınmasını sağlayan hareket sistemidir. Tekniğin umut verici özellikleri yanında damar kıvrımlarını yok sayması ve kardiyak siklüsteki damar hareketlerinin artefakt oluşturması, güvenilirliğini azaltmaktadır.

SONUÇ

Damar içi ultrasonun *in vivo* olarak aterosklerotik hastalık sürecini göstermedeki yetisi eşsizdir. Verdigi kalitatif ve kantitatif parametreler hem güvenilir hem de klinik uygulamalarda yönlendiricidir. Aterosklerotik plağın doğal oluşumu ve gelişimi seri ultrason tetkikleri ile sıralandırılabilir. Hatta bir plağın bir gün yırtılıp akut bir sendroma sebep olabileceği de IVUS görüntüleri ile öngörülebilir.

Ulaşılan son noktada plak alanı ile kalsifikasyon bölgeleri kolaylıkla tespit edilebilirken trombus, yumuşak plak ve sert plak ayırımında problemler devam etmektedir. Bu sınırlamalara rağmen intrakoronar ultrason tetkiğinden elde edilen bu primer bilgiler başka hiçbir görüntüleme tekniği ile elde edilememekte ve kardiyak kateterizasyon laboratuvarlarında verilen klinik kararları çoktan etkilemeye başladığı görülmektedir. Yakın gelecekte, daha gelişmiş sinyal işleme tekniklerinin kullanımı ve yapılan klinik ko-

relasyon çalışmaları ile kardiyolojide yeni ufuklar açacağına kesin gözüyle bakılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Nissen SE, Di Mario C, Tuzcu EM: Intravascular ultrasound, angiography, Doppler, and pressure measurement. Topol EJ, editor. Textbook of Cardiovascular Medicine. Philadelphia, Lippincott-Raven, 1998. p. 2119.
2. Roberts WC, Jones AA: Quantitation of coronary arterial narrowing at necropsy in sudden coronary death: analysis of 31 patients and comparison with 25 control subjects. Am J Cardiol 1979; 44: 39-45
3. Isner JM, Kishel J, Kent KM, Ronan JA Jr, Ross AM, Roberts WC: Accuracy of angiographic determination of left main coronary arterial narrowing. Angiographic-histologic correlative analysis in 28 patients. Circulation 1981; 63: 1056-64
4. White CW, Wright CB, Doty DB, et al: Does visual interpretation of the coronary arteriogram predict the physiologic importance of a coronary stenosis? N Engl J Med 1984; 310: 819-24
5. Spears JR, Sander T, Als A et al: Computerized image analysis for quantitative measurement of vessel diameter from cineangiograms. Circulation 1983; 68: 413-61
6. Carlier SG, Di Mario C, Kern MJ, Serruys PW: Intracoronary Doppler and pressure monitoring. Topol EJ, editor. Textbook of Interventional Cardiology. Philadelphia, WB. Saunders, 1999; p.748
7. Hodgson JM, Reddy KG, Suneja R, Nair RN, Lesnfsky EJ, Sheehan HM: Intracoronary ultrasound imaging: correlation of plaque morphology with angiography, clinical syndrome and procedural results in patients undergoing coronary angioplasty. J Am Coll Cardiol 1993; 21: 35-44
8. Topol EJ, Nissen SE: Our preoccupation with coronary luminology. The dissociation between coronary and angiographic findings in ischemic heart disease. Circulation 1995; 92: 2333-42
9. Glagov S, Weisenberg E, Zarins CK, Stankunavicius R, Kolettis GJ: Compensatory enlargement of human atherosclerotic coronary arteries. N Engl J Med 1987; 316: 1371-5
10. Little WC, Constantinescu M, Applegate RJ, et al: Can coronary angiography predict the site of a subsequent myocardial infarction in patients with mild-to-moderate coronary artery disease? Circulation 1988; 78: 1157-66
11. Ziada KM, Kapadia SR, Tuzcu EM, Nissen SE: The current status of intravascular ultrasound imaging. Curr Probl Cardiol 1999; 24: 541-66
12. Görge G, Ge J, Erbel R: Role of intravascular ultrasound in evaluation of mechanisms of coronary interventions and restenosis. Am J Cardiol 1998; 81(12A): 91G-95G
13. Mintz G, Nissen SE, Anderson WD, et al: American College of Cardiology Clinical Expert Consensus Docu-

ment on Standards for Acquisition, Measurement and Reporting of Intravascular Ultrasound Studies (IVUS). A Report of the American College of Cardiology expert consensus documents developed in collaboration with the European Society of Cardiology endorsed by the society of cardiac angiography and interventions. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:1478-92

14. Hausmann D, Erbel R, Alibelli-Chemarin MJ, et al: The safety of intracoronary ultrasound: A multicentre evaluation of 2207 examinations. *Circulation* 1995; 91: 623-30

15. Pandian NG, Kreis A, Brockway B, et al: Ultrasound angiography: real-time, two-dimensional, intraluminal ultrasound imaging of blood vessels. *Am J Cardiol* 1988; 62: 493-4

16. Rickenbacher PR, Pinto FJ, Lewis NP, et al: Prognostic importance of intimal thickness as measured by intracoronary ultrasound after cardiac transplantation. *Circulation* 1995;92:3445-52

17. Mehra MR, Ventura HO, Stapleton DD, Smart FW, Collins TC, Ramee SR: Presence of severe intimal thickening by intravascular ultrasonography predicts cardiac events in cardiac allograft vasculopathy. *J Heart Lung Transplant* 1995;14:632-9

18. Wiedermann JG, Wasserman HS, Weinberger JZ: Severe intimal thickening by intravascular ultrasonography predicts early death in cardiac transplant recipients. *Circulation* 1994;90:193

19. Kapadia SR, Ziada KM, Boparai N, et al: Coronary artery intimal thickening during the first year of cardiac transplantation predicts late clinical outcome: A serial IVUS study. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:218A

20. Mintz GS, Douek P, Pichard AD, Kent KM, Satler LF, Popma JJ, et al: Target lesion calcification in coronary artery disease: an intravascular ultrasound study. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:1149-55

21. Tuzcu EM, Berkalp B, De Franco AC, et al: The dilemma of diagnosing coronary calcification: Angiography versus intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 832-8

22. Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, et al: Patterns of calcification in coronary artery disease: A statistical analysis of intravascular ultrasound and coronary angiography in 1155 lesions. *Circulation* 1995; 91: 1959-65

23. Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, et al: Limitations of angiography in the assessment of plaque distribution in coronary artery disease: A systematic study of target lesion eccentricity in 1446 lesions. *Circulation* 1996; 93: 924-31

24. Gussenhoven EJ, Essed CE, Fritman P, et al: Intravascular ultrasonic imaging: histologic and echographic correlation. *Eur J Vasc Surg* 1989;3:571-6

25. Rasheed Q, Dhawale PJ, Anderson J, Hodgson JM: Intracoronary ultrasound-defined plaque composition: computer-aided plaque characterization and correlation with histologic samples obtained during directional coronary atherectomy. *Am Heart J* 1995;129:631-7

26. Potkin BN, Bartorelli AL, Gessert JM, et al: Coronary artery imaging with intravascular high-frequency ultrasound. *Circulation* 1990; 81: 1575-85

27. Friedrich GJ, Moes NY, Muhlberger MA, et al: Detection of intralésional calcium by intracoronary ultrasound depends on histologic pattern. *Am Heart J* 1994; 128:435-41

28. Siegel RJ, Ariani M, Fischbein MC, et al: Histopathologic validation of angiography and intravascular ultrasound. *Circulation* 1991; 84: 109-17

29. Pasterkamp G, Wensing PJ, Post MJ, Hillen B, Mali WP, Borst C: Paradoxical arterial wall shrinkage may contribute to luminal narrowing of human atherosclerotic femoral arteries. *Circulation* 1995; 91: 1444-9

30. Mintz GS, Kent KM, Pichard AD, Satler LF, Popma JJ, Leon MB: Contribution of inadequate arterial remodeling to the development of focal coronary artery stenoses. An intravascular ultrasound study. *Circulation* 1997; 95: 1791-8

31. Schoenhagen P, Ziada KM, Nissen Se, Tuzcu EM: Arterial remodeling in stable versus unstable coronary syndromes: an intravascular ultrasound study. *Circulation* 2000;101:598-603

32. Pasterkamp G, Schoneveld AH, van der Wal AC, et al: Relation of arterial geometry to luminal narrowing and histologic markers for vulnerability: the remodeling paradox. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:655-62

33. Nissen SE, Gurley JC, Grines CL, et al: Intravascular assessment of lumen size and wall morphology in normal subjects and in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1991; 84: 1087-99

34. Mintz GS, Painter JA, Pichard AD, et al: Atherosclerosis in angiographically normal coronary artery reference segments: an intravascular ultrasound study with clinical correlations. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 1479-85

35. Takagi A, Tsurumi Y, Ishii Y, Suzuki K, Kawana M, Kasanuki H: Clinical potential of intravascular ultrasound for physiological assessment of coronary stenosis. Relationship between quantitative ultrasound tomography and pressure-derived fractional flow reserve. *Circulation* 1999;100:250-5

36. Abizaid AS, Mintz GS, Mehran R, et al: Long-term follow-up after percutaneous transluminal coronary angioplasty was not performed based on intravascular ultrasound findings. Importance of lumen dimensions. *Circulation* 1999;100:256-61

37. Hermiller JB, Buller CE, Tenaglia AN, et al: Unrecognized left main coronary artery disease in patients undergoing interventional procedures. *Am J Cardiol* 1993; 73: 423-30

38. Uretsky BF, Murali S, Reddy PS, et al: Development of coronary artery disease in cardiac transplant patients receiving immunosuppressive therapy with cyclosporine and prednisone. *Circulation* 1987; 76: 827-34

39. Tuzcu EM, Hobbs H, Rincon G, et al: Occult and frequent transmission of atherosclerotic coronary disease

with cardiac transplantation. Circulation 1995; 91: 1706-13

40. Johnson DE, Alderman EL, Schroeder JS, et al: Transplant coronary artery disease: Histopathologic correlations with angiographic morphology. J Am Coll Cardiol 1991; 17: 449-57

41. Tuzcu EM, DeFranco AC, Goormastic M, et al: Dichotomous pattern of coronary atherosclerosis in 1 to 9 years after transplantation: Insights from systematic intravascular ultrasound imaging. J Am Coll Cardiol 1996; 27: 839-46

42. Fitzgerald PJ, Belef M, Connolly AJ, et al: Design and initial testing of an ultrasound-guided direction atherectomy device. Am Heart J 1995;129:593-8

43. Yock PG, Fitzgerald PJ: Intravascular ultrasound: state of the art and future directions. Am J Cardiol 1998; 81(7A): 27E-32E.

44. Linker DT, Kleven A, Gronningsaether A, et al: Tissue characterization with intra-arterial ultrasound: special promise and problems. Int J Card Imaging 1991;6:255-63

45. Moore MP, Spencer T, Salter DM, Sutherland GR, Fox KA: Characterization of coronary artery morphology by spectral analysis of radiofrequency signal: in vitro intravascular ultrasound study with histological and radiological validation. Heart 1998;79:459-67

46. Jeremias A, Kolz ML, Ikonen TS et al: Feasibility of in vivo intravascular ultrasound tissue characterization in the detection of early vascular transplant rejection. Circulation 1999;100:2127-30

47. Gil R, von Birgelen C, Camenzind E, et al: Usefulness of three dimensional reconstruction for interpretation and quantitative analysis of intracoronary ultrasound during stent deployment. Am J Cardiol 1996; 77: 761-4

Türk Kardiyoloji Derneği'nden Haberler...

Prof. A. Oto Başkanlığa, Prof. O. Ergene Genel Sekreterliğe seçildi

Türk Kardiyoloji Derneği Genel Kurulu 17 Şubat 2002 tarihinde toplam 1025 üyemizden 728 üyenin katılımıyla İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Oditoryumunda gerçekleştirildi. Prof. Dr. İsmet Dindar oturum başkanlığına, Doç. Dr. Erdoğan İlkay ile Yrd. Doç. Dr. Sedat Köse katipliğe seçildiler. Dernek Başkanı ile Genel Sekreter 2000 ve 2001 yıllarına ait faaliyet raporlarını okudular. Veznedarın iki yıllık mali raporunun üç üyeli Denetim Kurulu raporunca uygun bulunması üzerine, eski yönetim ve denetim kurulları genel kurulca oybirliği ile ibra edildi.

Yönetim kurulunun çeşitli görevleri için Aday Belirleme Kurulu'nca ve kendiliğinden önerilen adaylar hazır bulunanlara yeniden duyuruldu. Yönetim ile Aday Belirleme Kurulu (gizli oyla), denetim ve onur kurullarının seçimine geçilerek aşağıda belirtilen sonuçlar alındı.

Yönetim Kurulu

Başkan	: Dr. Ali Oto
Başkan Yardımcıları	: Dr. Ali Ergin ve Dr. Serdar Aksöyek
Genel Sekreter	: Dr. Oktay Ergene
Genel Sek. Yard.	: Dr. Lâle Tokgözoğlu ve Dr. Kâmil Adalet
Muhasıp	: Dr. Tuna Tezel
Veznedar	: Dr. Vedat Aytekin
Üyeler	: Dr. Hakan Kültürsay, Dr. Yelda Başaran ve Dr. Mahmut Şahin

Dönemin başkanı Dr. Altan Onat tüzük uyarınca yeni dönem için Önceki Başkan olarak görev aldı.

Yönetim Kurulu yedek üyeliklerine Dr. Vedat Sansoy, Dr. Çetin Erol, Dr. Osman Akın Serdar, Dr. Esmeray Acartürk ve Dr. Atiye Çengel yeraldı.

Denetleme Kurulu Dr. Nazmi Gültekin, Dr. Erdoğan İlkay ve Dr. Servet Öztürk'ten oluştu. *Yedek üye* olarak Dr. Kemal Yeşilçimen, Dr. Zehra Buğra ve Dr. Ethem Kumbay seçildiler.

Onur Kurulu'nü Dr. Jale Cordan, Dr. Necati Sırmacı, Dr. Adnan Akçoral teşkil etti.

Aday Belirleme Kurulu Dr. Altan Onat (tüzük uyarınca başkan), Dr. Faruk Erzençin, Dr. Sırrı Kes, Dr. Necip Alp, Dr. Remzi Karaoğuz'dan oluştu.

Genel Kurul sonucunda Türk Kardiyoloji Derneği tarihinde Yönetim Kurulu'nda ilk kez üç hanım üye yer almış oldu.