

DERLEME

## Koroner Arter Hastalığı Tanısında İnvasküler Ultrasonun Yeri

İbrahim BARAN

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, Bursa.

### ÖZET

Koroner arter hastalığının değerlendirilmesinde, son yıllarda elde edilen teknolojik ilerlemeler sayesinde yeni yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan biri de koroner anjiyografiyi tamamlayan bir metot olan intravasküler ultrason (IVUS)'dur. Bu teknik femoral arterden koroner arterlere ulaşan bir ultrason transduseri ile görüntü almaya dayanır. IVUS, arteriyel duvar yapısı, aterosklerotik plak yoğunluğu ve darlık bulunan damardaki akım özellikleri hakkında bilgi sağlar. İn vivo olarak aterosklerotik hastalık seyrini göstermede eşsiz bir metottur. Bazı zorluklara rağmen IVUS ile elde edilen bilgiler diğer görüntüleme metotları ile sağlanamaz. IVUS girişimsel kardiyolojide devrim niteliğinde gelişmeler sağlamış ve verilen klinik kararları büyük ölçüde değiştirmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İnvasküler ultrason. Koroner arter hastalığı.

### Intravascular Ultrasound In Diagnosis Of Coronary Artery Disease

### ABSTRACT

New diagnostic methods are being introduced to evaluate coronary artery disease, owing to the advances in technology in the recent years. One of these is intravascular ultrasound (IVUS), which is a completing method of coronary angiography. This technique is based on the imaging by an ultrasound catheter introduced from femoral artery and advanced into the coronary arteries. IVUS provides information about arterial wall structure, atherosclerotic plaque density and flow characteristics of obstructed vessel. It is a unique method for demonstration of the atherosclerotic disease process in vivo. Despite some obstacles, the data obtained by IVUS could not be provided by other imaging modalities. IVUS has provided revolutionary progress in invasive cardiology and changed the clinical decisions to a great extend.

**Key Words:** Intravascular ultrasound. Coronary artery disease.

Koroner anjiyografi (KAG) 1960'lardan beri koroner arter hastalığı (KAH) tanısında altın standart olarak kabul edilen bir metottur. Ancak KAG; koroner anatomiye lümen düzeyinde yansıtan ve damar duvarı hakkında ancak dolaylı olarak bilgi veren bir metottur. Bu nedenle KAG'nin yetersiz kaldığı veya eksik bilgi verdiği durumlarda kullanılmak üzere geliştirilen yeni metotlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu yeni metotlardan biri de intravasküler ultrasonografidir (IVUS).

Geleneksel KAG'ye göre IVUS'un en önemli avantajı; damar duvarını kesitsel olarak gösterebilmesi böylece damar duvar yapısı ve aterom plağını direkt görüntüleyebilmesidir. IVUS lümen yapısını, aterom plağının dağılımını, içeriğini ve büyüklüğünü belirlemeye ve ölçmeye imkan sağlar. Yaygın koroner

aterosklerozun değerlendirilmesinde ve invazif koroner girişimlerde KAG hala temel tanı metodu olmasına karşın; IVUS koroner görüntüleme önemli ilerlemeler sağlamış ve giderek artan değeri onu KAG'ye üstün kılmıştır<sup>1</sup>.

### IVUS Ekipman ve Tekniği

Tüm IVUS sistemleri iki ana komponent içerir: Görüntü elde edilmesini sağlayan ve minyatür bir ultrason transduseri içeren kateter ve buradan gelen sinyalleri görüntüye dönüştüren ve kayıt imkanı sağlayan elektronik konsol. IVUS kateterleri 20-45 MHz gibi yüksek frekans ve 100-250 mikron gibi hassas çözünürlüğe sahiptirler. Transduserler damar lümeninden damar duvarına ultrason dalgaları gönderir ve bunların değişik oranda yansmasıyla damar duvarının görüntüsü elde edilir. Kateterler mekanik ve elektronik olarak 2 tiptir. Elektronik sistemler daha esnek, buna karşın görüntü kalitesi daha düşüktür. IVUS kateterleri 2,9-3,5 F (French) arasında değişen çaptadır ve normal 6 F tanısal kateterlerle kullanılabilirler.

Geliş Tarihi: 04.03.2005  
Kabul Tarihi: 17.05.2005

Dr. İbrahim BARAN  
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Kardiyoloji Anabilim Dalı,  
16059 Görükle, BURSA  
Tel: 0224 442 84 00-1201  
Faks: 0224 442 81 87  
e-mail: ibaran@uludag.edu.tr

IVUS; KAG gibi invazif bir işlemdir ve standart girişim teknikleri kullanılarak uygulanır. İşlem öncesi hasta heparinize edilir ve koroner spazmı önlemek için intrakoroner nitrogliserin 100-200 mcg uygulanır. Önce 0,014 inçlik standart anjiyoplasti "guidewire"ı (kılavuz tel) gönderilir. Bunun üzerinden IVUS transduseri dikkatle ilerletilir. Hedef bölgeye ulaşıldıktan sonra görüntü kaydı başlar ve transduser yavaş yavaş geri çekilerek (pull-back) görüntü alma işlemi tamamlanır. Günümüzde transduserin "pull-back" hareketini standardize etmek için motorize sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler 0,5 mm/sn hızla transduseri geriye çeker. Pull-back hızının sabit olması karşılaştırmalı çalışmalarda aterosklerozun değişiminin sağlıklı değerlendirilmesini sağlar<sup>1</sup>.

## IVUS Neden Gereklidir?

**1- Koroner Anjiyografinin Hastalık Şiddetini Değerlendirmedeki Sınırlılıkları:** Yaygın kullanımına karşın KAG bazı sınırlılıklara sahiptir. Bunların başında darlık şiddetinin görsel tahmininin kişiden kişiye büyük değişiklikler göstermesi gelmektedir. Yine otopsi bulguları ile karşılaştırıldığında KAG aterosklerozu olduğundan daha az göstermektedir. KAG teknik olarak lümeni dolduran kontrast yardımıyla 2 boyutlu bir silüet görüntüsü sağlamaktadır. IVUS ve otopsi çalışmaları ise aterosklerotik plakların oldukça kompleks ve ekzantrik olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum klasik KAG'nin mevcut lezyonları olduğundan az veya fazla göstermesine yol açmaktadır<sup>2-5</sup>. KAG'de lezyon şiddetinin değerlendirilmesi normal bir segmentle karşılaştırma yaparak sağlanmaktadır. Ancak IVUS ve otopsi çalışmaları referans kabul edilen bu normal segmentlerde çoğunlukla yaygın ateroskleroz bulunduğunu ortaya koymuştur<sup>6,7</sup>. KAG'nin çözünürlüğünün sınırlı olması diğer bir dezavantajdır. KAG, 0,2 mm'nin altındaki yapıları (trombüs, kalsifikasyon) gösteremez<sup>8</sup>. Yine girişim yapıldıktan sonra aterom plağı daha komplike olmakta; plağın yer yer kırılmasıyla lezyonun gerçek durumunun ve lümenin gerçek genişliğinin değerlendirilmesi güçleşmektedir<sup>9</sup>.

Yapılan çalışmalar damar duvarında ateroskleroz geliştiğinde damar duvarının dışı doğru büyüyerek lümen açıklığını korumaya çalıştığını göstermiştir. Bu olay "vasküler remodeling" olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle ateroskleroz ciddi boyutlara ulaştığı halde damar lümeni tümüyle normal olabilir<sup>10</sup>. Dolayısıyla ile bu lezyonlar klasik KAG ile görüntülenemez. Özetle KAG damar duvarındaki aterosklerozu değerlendirmede yetersizdir.

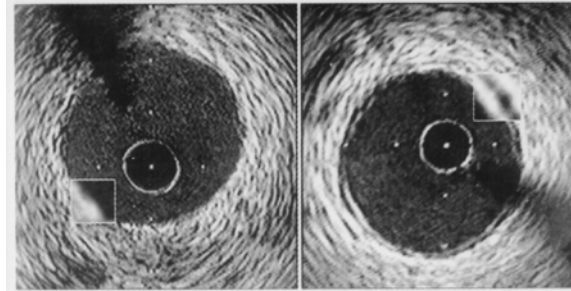
**2- IVUS'un Avantajları:** IVUS öncelikle damar duvarındaki aterosklerozun kantitatif olarak değerlendirilmesini sağlar. Başka bir ifade ile hastalığın gerçek şiddetini gösterir. İkinci olarak IVUS damar duvarının silüet görüntüsü yerine gerçek tomografik kesitlerini ortaya koyar. Üçüncü olarak IVUS plak

içeriğinin karakteri, dağılımı, kalınlığı gibi bilgileri verir ve yapılacak girişimlerde cihaz seçimine kadar birçok konuda yararlı bilgiler sağlar<sup>11,12</sup>.

IVUS KAG'nin fazla bilgi sağlayamadığı diffüz hastalık, bifürkasyon lezyonları, osteal lezyonlar ve ekzantrik plaklar konusunda önemli bilgi sağlar. Damarın orantısız küçülmesi veya üst üste binmesi gibi KAG'yi olumsuz etkileyen faktörler IVUS bulgularını etkilemezler.

## Görüntü Değerlendirilmesi

**1- Normal Koroner Arter Morfolojisi:** Normal koroner arterler IVUS'da genellikle 3 tabaka halinde görülür (Şekil-1). İçte lümene en yakın tabaka intimadır. Bazen beyaz bir band olarak internal elastik membran yansımaları izlenebilir. Media tabakası ortada ince ve ekolusent (siyah) ayrı bir tabaka olarak izlenir. En dışta izlenen ekodens tabaka media-adventisya sınırındır. % 30 olguda çok ince intima seçilemez ve tek bir tabaka izlenir<sup>13</sup>.



Şekil 1.

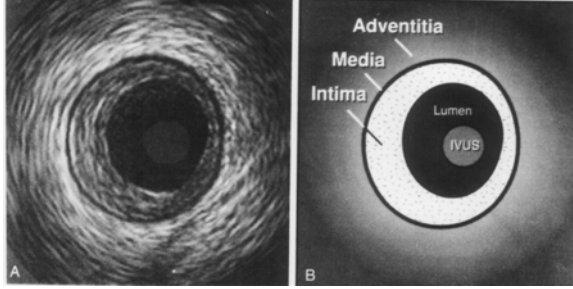
*Normal koroner arterin IVUS görüntüsü. Özellikle gençlerde intima seçilemediği için tek tabakalı görüntü elde edilir (solda). Olguların büyük çoğunluğunda ise intima ayrı bir tabaka olarak seçilir ve tipik 3 tabakalı damar görüntüsü elde edilir (sağda).*

**2- Aterosklerozun Morfolojik Görünümü:** IVUS görüntülemesi plak yapısı ve akut koroner sendromlar arasındaki ilişki ile ilgili çok değerli bilgiler sağlamıştır. 0,5 mm'den daha fazla bir intima-media kalınlığı aterosklerotik plağı gösterir (Şekil-2). Aterosklerotik plakların çoğu ekzantriktir. Bu lezyonlarda stenoz şiddeti ve kalsifikasyon daha azdır. Ekzantrik lezyonlar aterosklerozun daha erken evrelerini temsil eder<sup>14-16</sup>.

Pratik olarak IVUS koroner lezyonları 3 ana gruba ayırır: Yumuşak (soft), fibröz ve kalsifik. "Soft" lezyonların ekojenitesi adventisyadan azdır. Fibröz lezyonların ekojenitesi adventisyaya eşittir. Kalsifik veya fibro-kalsifik lezyonlarda ekojenite adventisyadan daha fazladır<sup>17</sup>. Önemli bir IVUS uygulaması rüptür riski olan kararsız plakların tanınmasıdır<sup>18</sup>. Kararsız plaklar ince fibröz kapsüllü, lipid içeriği fazla olan lezyonlardır. Bunlar IVUS'da soft lezyonlar olarak izlenir. Fibröz lezyonlar veya kalın fibröz kapsüllü lezyonlar oldukça stabildir.

## Koroner Arter Hastalığında İntravesküler Ultrason

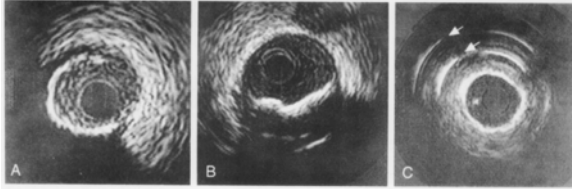
Yapılan IVUS çalışmaları kararsız anjinal olgularda kararlı anjinal olgulara göre soft lezyonların oldukça fazla olduğunu göstermiştir<sup>9</sup>. KAG ile kararsız olgularda saptanan ülsere ekzantrik lezyonlar genellikle plak rüptüründen sonra görülür. Bu nedenle IVUS ile kararsız plakları önceden tanımak mümkün olduğu halde KAG ile bunlar ancak rüptürden sonra tanınabilirler.



Şekil 2.

*Klasik 3 tabakalı IVUS görüntüsü. Dıştaki siyah ince tabaka mediadır. Adventisyanın dış sınırı genellikle seçilemez. Ateroskleroz nedeniyle intima kalınlığının belirgin arttığı dikkati çekmektedir.*

Kalsifik lezyonlar genelde stabil hastalarda izlenir. Yoğun kalsifikasyon plağın arkasında bir karanlık alan (gölge) oluşturur (Şekil 3). Plaktaki kalsifikasyonu tanımda IVUS; gerek KAG gerek fluoroskopiden üstündür. Lezyondaki kalsifikasyon koroner anjiyoplastinin (PTCA) başarısını olumsuz etkileyen bir faktördür. Bu nedenle koroner kalsifikasyonun tanınmasının büyük önemi vardır.



Şekil 3.

*Koroner kalsifikasyon örnekleri. Kalsifik lezyon beyaz olup hemen arkasında siyah bir gölge oluşur. A'da; saat 5-10 hizasında kalsifikasyona ait gölge izleniyor. B'de; Saat 3-7 arasında kalsifikasyon izleniyor. C'de; dairesel ince bir kalsifikasyon alanı mevcut. En dıştaki ok bu kalsifikasyonun yol açtığı artefaktı göstermektedir.*

**3- IVUS Ölçümleri:** IVUS'ta tüm ölçümler sınırdan sınırı yapılır. Bunlar; intima kalınlığı (intimadan eksternal elastik membrana olan mesafe), intima-media kalınlığı, lümen kesit alanı, maksimal ve minimal plak kalınlığıdır. Bu ölçümlerden % plak yükü ve % kesit alanı daralması hesaplanabilir. Ateroskleroz takip çalışmalarında referans olarak 2 yan dal arasındaki damar bölgesi esas alınır. Bu bölgenin plak yükü ölçülür ve sonraki takiplerde bu plak yükünün değişimi kantitatif olarak değerlendirilir<sup>1</sup>.

**4- IVUS'u Etkileyen Artefaktlar:** IVUS sırasında oluşan artefaktlar görüntü kalitesini bozarak hatalı değerlendirmelere yol açabilir. Bunu önlemek için bu artefaktların iyi tanınması gerekir. Bu artefaktlar geçici görüntü kayıpları, kılavuz tele ait gölgelenmeler şeklinde ortaya çıkabileceği gibi, kateterin akustik dalgalanmalarına, mekanik kateterlerde dönüş hızına ve kan stazına bağlı olarak oluşabilir<sup>1</sup>.

## IVUS'UN Tanısal ve Klinik Uygulamaları

**1- Anjiyografik Olarak Normal Damarlar:** Klinik olarak yüksek olasılıkla koroner arter hastalığı düşünülen ancak KAG normal olarak değerlendirilen olgularda IVUS tanısal üstünlüğe sahiptir. Klinik olarak koroner arter hastalığı düşünülen olgularda KAG ile % 80-90 olguda hastalık gösterilirken aynı grupta IVUS ile % 99-100 oranında hastalık saptanmıştır<sup>7,19,20</sup>.

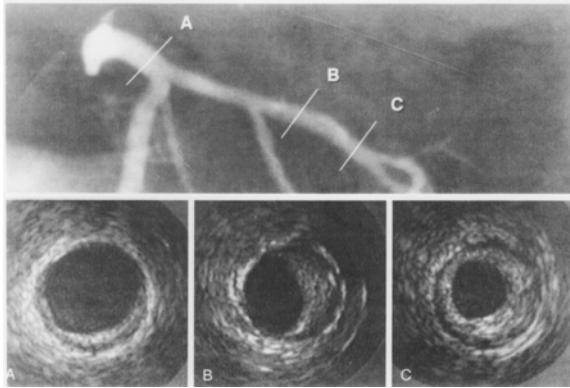
**2- Sınırdaki Sol Ana Koroner Arter (LMCA) Lezyonları:** LMCA lezyonunun şiddetini anjiyografik olarak belirlemek sıklıkla güç olabilmektedir. LMCA genelde kısa ve kıyaslama için bir referans segmentten yoksundur. Ayrıca aort kökündeki türbülans ve aort kapaklarına çarpan kontrast madde lümeninde daralma izlenimi oluşturabilir. Yine LMCA distalindeki bifürkasyon lezyonlarını değerlendirmek sorun oluşturabilir. Özellikle % 50 civarında saptanan lezyonlarda hastanın operasyona gidip gitmeyeceğinin kararını vermek güçtür. IVUS, LMCA lezyonlarını değerlendirmek için en uygun yöntemdir. Yavaş hızda yapılan pull-back ile LMCA detaylı olarak değerlendirilebilir. IVUS ile kesit alanında % 60 ve üzerinde lezyon olan olgularda operasyon endikasyonu vardır. Bir diğer operasyon endikasyonu LMCA lümen alanının semptomlu olgularda 7, semptomlu olgularda 6 mm<sup>2</sup>'nin altında olmasıdır<sup>21,22</sup>.

**3- Diğer Sınırdaki Lezyonlar:** Kritik olup olmadığına karar verilemeyen diğer major koroner arterlerde IVUS karar vermede yardımcıdır. Klinik bulgular ve miyokard iskemisinin gösterilmesi önemli olmakla birlikte; IVUS ile kesit alanında % 70 veya üzeri darlık olan veya 4 mm<sup>2</sup> altında lümen alanına sahip olan damarlarda revaskülarizasyon ihtiyacı vardır.

**4- Osteal Lezyonlar ve Bifürkasyon Lezyonları:** KAG ile osteal veya bifürkasyon lezyonlarında değerlendirme bazen güç olabilmektedir. Bu olgularda IVUS ile değerlendirme revaskülarizasyon kararı vermedeki şüpheleri ortadan kaldırır. Benzer şekilde kesit alanında % 70 veya üzeri darlık veya lümen alanının 4 mm<sup>2</sup> altında olması revaskülarizasyon endikasyonudur.

**5- Kardiyak Allogreft Vaskülopatisi:** Kalp transplantasyonu yapılmış olgularda en önemli mortalite ve morbidite nedeni donör kalpte meydana gelen ve yaygın aterosklerozla sonuçlanan allogreft vaskülo-

patisidir. Bu vaskülopatinin tanınması gerek klinik seyir ve prognoz açısından, gerek uygulanan immünsupresif tedavinin belirlenmesi açısından önemlidir. Allogreft vaskülopatisi KAG ile çoğu zaman erken dönemde belirlenemez. Çünkü hastalık koroner arterleri diffüz olarak tutar. Diğer yandan bu olgularda angina olmadığından klinik sessiz seyreder. IVUS bu olguların değerlendirilmesi için ideal bir tanı aracıdır (Şekil-4). Hem donör kalbinde ateroskleroz meydana gelip gelmediği saptanın, hem de vaskülopati tanısı alan olgularda tedavi ile ateroskleroz progresyonunun ne düzeyde etkilendiği kantitatif olarak belirlenebilir. Günümüzde çoğu kalp transplantasyon merkezi olgularına rutin yıllık IVUS takibi yapmaktadır<sup>23</sup>.



Şekil 4.

*Koroner anjiyografisi normale yakın olan kalp transplantasyonlu bir olguda değişik bölgelerden alınan IVUS kesitleri izleniyor. A'da; ana koroner arterde saat 2-9 arasında hafif aterosklerotik plak izleniyor. B'de; saat 12-6 arasında hilal şeklinde ekzantrik plak izleniyor. C'de; anjiyografide görülmeyen diffüz ateroskleroz mevcuttur.*

## İnvaziv Girişimlerde IVUS Uygulamaları

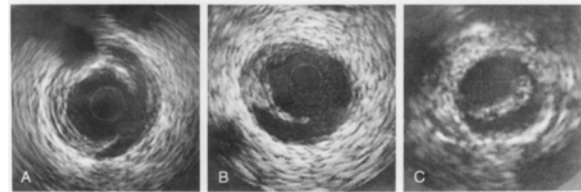
Perkütan invaziv girişimlerin başarısındaki en önemli etken hedef lezyonun morfolojisi ve ciddiyetidir. Bu KAG'ye göre IVUS ile çok daha iyi belirlenir. IVUS ile sağlanan bilgiler özellikle aterektomi, PTCA ve koroner stent sonrası kısa ve uzun süreli sonuçları belirleyen faktörlerdir.

Girişim öncesi uygulanan IVUS görüntüleri çoğunlukla uygulanacak tedavi yaklaşımını değiştirir<sup>24-26</sup>. Yapılan çalışmalarda; IVUS bulgularına dayanarak direksiyonel aterektomi veya PTCA uygulanan olgularda, KAG bulgularına dayanarak girişim yapılanlara göre daha düşük oranda komplikasyon ve daha yüksek oranda damar açıklığı sağlanmıştır. KAG'ye göre girişim yapılanların % 30'unda sonuçların istenen düzeyde olmadığı belirlenmiştir. IVUS bulguları uzun dönem damar açıklığını doğrudan etkilemektedir<sup>27</sup>.

IVUS bize invaziv girişimlerde damar açıklığının nasıl sağlandığını göstermiştir. PTCA ile damar açık-

lığının 3 ana mekanizması vardır<sup>28-30</sup>. Plağın basınçla kırılıp yırtılması, arter duvarının basınçla gerilip dışa doğru dilate olması ve plağın ezilip damar içinde yeniden dağılımı. Direksiyonel aterektomide (DCA) PTCA'dan farklı olarak plak absorbe edilip dışarı alınmaktadır. Rotasyonel aterektomide ise elastik dokular korunmakta, aterosklerotik plaklar parçalanıp ufalanarak yok edilmektedir<sup>31-34</sup>. Damar genişlemesi, plak rüptürü ve diseksiyon nadirdir. Aterektomi girişimleri stent uygulama öncesi plak yükünü azaltarak stent açıklığının en iyi düzeyde olmasını kolaylaştırmakta, akut başarıyı artırmakta böylece restenoz riskini düşürmektedirler. IVUS bu şekilde elde edilen plak yükü azalmasını net olarak gösterirken; KAG elde edilen damar açıklığını daha düşük olarak göstermektedir<sup>35-37</sup>.

Aterektomi uygulanmaksızın stent uygulanan olgularda da IVUS her aşamada çok değerli bilgiler sağlar. Stent uygulanması öncesi IVUS'la; osteal tutulum, diseksiyon varlığı ve derecesi, kalsifikasyon varlığı ve yaygınlığı saptanabilir (Şekil-5). Bu özellikler stent sonrası rezidüel stenoz ve stent trombozu riskini artıran faktörlerdir<sup>38</sup>. Tam olarak açılmayan stentin en önemli nedeni kalsifikasyondur<sup>39-41</sup>.

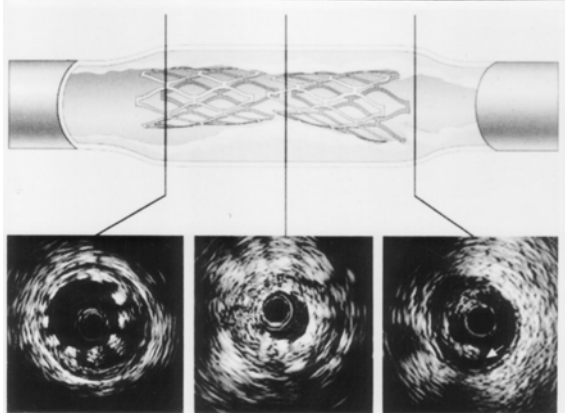


Şekil 5.

*IVUS'ta çeşitli diseksiyon örnekleri izleniyor. C'de; diseksiyon nedeniyle lümen oldukça daralmıştır. A'da; saat 11 hizasında küçük bir kalsifiye alan mevcuttur.*

IVUS görüntüleri stent yerleştirme sonrası sonuçların istenen düzeyde olması için önemli bir rol oynar. Yetersiz stent yerleşimini (hatalı pozisyon, tam açılmama vb) belirlemede KAG yetersizdir ve IVUS ile bunları tam olarak tespit etmek mümkündür (Şekil-6)<sup>42,43</sup>. KAG sırasında kontrast madde stent lümenini ve ara boşlukları tamamen doldurduğu için stentin uygun yere yerleşmemesi durumunda bunu belirlemek güçleşir. Lümen stentin açıldığı alandan daha geniş görünebilir. Günümüzdeki yüksek basınçla stent uygulamaları hep IVUS çalışmalarında elde edilen sonuçlardan sonra başlamıştır<sup>44</sup>. Antikoagülan tedavinin azaltılması ve buna bağlı komplikasyonların ortadan kalkması yine IVUS kılavuzluğu sayesinde olmuştur. Bu bilgiler sayesinde günümüzde IVUS olmaksızın yüksek basınçla şişirme ile stent uygulamalarında yüksek oranda açıklık sağlanmaya devam edilmektedir<sup>45,46</sup>. Yine klinik restenozun en önemli belirleyicisi olan minimum stent içi kesit alanı IVUS'la ölçülebilmektedir.

## Koroner Arter Hastalığında İntravesküler Ultrason



Şekil 6.

*Stent yerleştirilmesi ile ilgili problemler. Solda stent açılmış ama stentle doku arasında boşluk mevcuttur (saat 2-7 arası). Stent striaları genelde reverberasyon nedeniyle olduğundan oldukça fazla kalın izlenir. Orta resimde stentin yeterince açılmadığı görülüyor. Sağdaki resimde ise stent kenarında akımı engelleyen diseksiyon izlenmektedir.*

Başarılı stent yerleştirilmesinin IVUS kriterleri şunlardır: Stent striaları damar duvarına gömülmeli, hasta segmenti ve diseksiyonu tümüyle örtmelidir<sup>41,47</sup>. Stent alanı distal referans alanının en az % 90'ı proksimal referans alanının % 80'ine ulaşmalıdır<sup>44</sup>. Yine minimum stent alanı referans damar lümen alanının % 55'inden büyük olmalıdır.

IVUS, stentin aterom plağını damar uzunluğu boyunca yayarak damarı genişlettiğini ve plağı ezerek lümeni açtığını göstermiştir. Stent dışı girişimlerin aksine stent sonrası restenoz hemen tümüyle intimal hiperplaziye bağlıdır<sup>48</sup>. Erken ve geç dönemde stent restenozunu gösteren ideal tanı aracı IVUS'tur. Hedef damar revaskülarizasyonu (ilgili damara yeniden girişim) için akut dönemde elde edilen stent açıklığı en önemli belirleyicidir. Daha geniş bir stent alanı intimal hiperplazi ve restenozu geciktirir<sup>49</sup>. IVUS ile stent yerleştirme sırasında daha küçük referans damar ve lümen genişliği, referans segmentte daha fazla plak yükü ve stentin kenarında kaplanmamış plak alanı olması; gelecekteki restenozun en önemli belirleyicisidir<sup>50</sup>.

Stent komplikasyonlarını belirlemede IVUS'un önemli bir yeri vardır. Çeşitli nedenlere bağlı yetersiz sonuçları ortaya koyar. Bunlar stent kenarında diseksiyon, yeterince açılmama ve uygunsuz yerleşimdir. Genelde bu durumlar KAG ile saptanamaz ve işlem başarılı olarak değerlendirilir<sup>51</sup>. Belirgin kenar diseksiyonları genelde ilave bir stent konulmasını gerektirir. Halbuki hatalı yerleştirilmiş veya tam açılmamış stentlerde daha geniş balonlarla daha yüksek basınçlarda dilatasyon uygulanır ve ilave stent gerekmez. KAG ile ilave stent gerekli olup olmadığını belirlemek çoğu zaman güçtür.

Çalışmalar 3,5 mm'den büyük damarlarda KAG ile IVUS arasında damar çapı için güçlü bir korelasyon olduğunu ancak daha küçük damarlarda bu ilişkinin bozulduğunu göstermiştir. 2,5-3,25 mm çaplı damarlarda KAG lümen genişliğini % 25 daha düşük göstermektedir. Bu damarlarda işlem öncesi IVUS kullanılması hedef damar için yeni bir girişim ihtiyacını % 40 azaltmaktadır<sup>52</sup>. Kadınlar daha küçük damarlara sahip olduklarından IVUS kılavuzluğu daha büyük oranda fayda sağlayacaktır. IVUS ayrıca 4,5 mm'den daha büyük damarlar içinde kullanılmalıdır. Çünkü çok büyük damarlarda stent ile lümen arasındaki boşluklar kontrast madde ile olduğundan uygunsuz yerleşim ve yetersiz açılma KAG ile çok kolay atlanabilmektedir. Diyabetik olgular, osteal lezyonlar, uzun lezyonlar ve bifürkasyon lezyonları gibi restenoz riski yüksek olan hasta gruplarında IVUS kılavuzluğu önerilmektedir. IVUS kılavuzluğu ile uygun şekilde stentleme yapılan kısa ve uzun lezyonlarda restenoz oranları birbirine yakındır (% 10'a karşı % 12,5)<sup>53</sup>.

Rutin IVUS uygulanması stent restenozuna yol açan nedenleri önceden belirleyebilir. Erken restenoz (< 2 ay içinde) gözlenen stentlerde bazı mekanik sorunlar olduğu IVUS çalışmaları ile kanıtlanmıştır<sup>54</sup>. Bu stentlerde yeterli açılmama, hatalı yerleşim, yan dal tıkkama, lezyonun tümünü veya diseksiyon alanını kapatamama gibi sorunlar mevcuttur. Bu olgularda IVUS nedeni bize göstererek işlem sırasında ilave stent kullanımı veya ilave balon dilatasyonu ile bu problemlerin düzeltilmesini dolayısıyla restenozun azaltılmasını sağlar.

### IVUS'un Emniyeti

IVUS tecrübeli ellerde oldukça güvenli ve komplikasyon oranı düşüktür. En sık komplikasyon geçici koroner spazmdır (% 5) ve IV nitrate hemen daima yanıt verir. Önceden nitrat verilmesi spazmı önler ve ölçümlerin sağlıklı olmasını sağlar. Diseksiyon ve kılavuz tel hasarı son derece düşüktür. Nadirde olsa PTCA gerektiren diseksiyonlar oluşabilir<sup>1</sup>.

### IVUS'un Geleceği

Teknolojideki gelişmeler sürdükçe IVUS'ta yeni gelişmeler olmaktadır. Bunlar bir taraftan maliyeti düşürecek diğer yandan uygulamayı kolaylaştıracaktır. IVUS kateterleri giderek küçülmekte olup hedef kılavuz tel büyüklüğünde IVUS kateteri üretmeye yönelmiştir. Bu gerçekleştiğinde işlem basitleşecek daha küçük damarlara IVUS uygulanabilecek ve komplikasyon oranı azalacaktır.

Bir diğer yenilik kombine cihaz uygulamasıdır. Hem IVUS kateteri hem PTCA balonu özelliği olan cihazlar geliştirme aşamasındadır. Böylece girişim öncesi

ve sonrasında elde edilen sonuçlar eş zamanlı izlenebilecektir. Günümüzdeki IVUS kateterlerinin aynı zamanda Doppler özelliği mevcuttur. Koroner arterde lezyon öncesi ve sonrası akım hızlarından koroner akım rezervi belirlenebilmektedir. Daha yüksek frekanslı kateterlerin geliştirilmesi ile doku penetrasyonu iyileşecek ve görüntü kalitesi artırılabilir.

Halen araştırılan bir konu IVUS bulgularının bilgisayar ortamında analiz edilerek damar duvarının histopatolojik olarak ve üç boyutlu olarak rekonstrükte edilmesidir. Böylece IVUS kaydı sonrası damar otopsi piyesi gibi incelenebilecek, farklı dokuların renklendirilmesi ile de kalsifikasyon, lipid çekirdek, fibröz doku ve düz kas gibi yapılar birbirinden kolayca ayırt edilebilecektir<sup>1</sup>.

## Kaynaklar

1. Yock PG, Fitzgerald Y, Honda Y. Intravascular Ultrasound. In: Topol EJ (ed). Textbook of Interventional Cardiology. Lth edition. Philadelphia: WB Saunders Co; 2003. 801-18.
2. Roberts W, Jones A. Quantification of coronary arterial narrowing at necropsy in sudden coronary death. *Am J Cardiol* 1979; 44: 39-44.
3. White C, Wright C, Doty D, 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.
4. Galbraith J, Murhy M, Desoyza N. Coronary angiogram interpretation: interobserver variability. *J Am Med Assoc* 1981; 240: 2053-69.
5. Zir L, Miller S, Dinsmore R, Gilbert J, Harthorne J. Interobserver variability in coronary angiography. *Circulation* 1976; 53: 627-32.
6. Waller BF, Orr CM, Slack JD, Pinkerton CA, Van Tassel JV, Peters T. Anatomy, histology, and pathology of coronary arteries: a review relevant to new interventional and imaging techniques-Part III. *Clin Cardiol* 1992; 15: 607-15.
7. Topol E, Nissen S. Our preoccupation with coronary luminology: The dissociation between clinical and angiographic findings in ischemic heart disease. *Circulation* 1995; 92: 2333-42.
8. Nissen SE. Radiographic Principles in Cardiac Catheterization. New York: Churchill-Livingstone Inc; 1993.
9. Hodgson JM, Reddy KG, Suneja R, Nair RN, Lesnefsky 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.
10. Glagov S, Weisenberg E, Zarins C, et al. Compensatory enlargement of human atherosclerotic coronary arteries. *N Engl J Med* 1987; 316: 1371-5.
11. Nissen SE, Gurlley JC, Booth DC, DeMaria AN. Intravascular ultrasound of the coronary arteries: current applications and future directions. *Am J Cardiol* 1992; 69: 18-29.
12. Nissen SE, Tuzcu EM, DeFranco AC. Coronary Intravascular Ultrasound: Diagnostic and Interventional Applications. Philadelphia: WB Saunders; 1994.
13. Wong M, Edelstein J, Wollman J, Bond MG. Ultrasonic-pathological comparison of human arterial wall. Verification of intima-media thickness. *Arteriosclerosis & Thrombosis* 1993; 13: 482-6.
14. Schoenhagen P, Ziada KM, Kapadia SR, Crowe TD, Nissen SE, Tuzcu EM. Extend and direction of arterial remodeling in stable versus unstable coronary syndromes: an intravascular ultrasound study. *Circulation* 2000; 101: 598-603.
15. Vlodaver Z, Edwards JE. Pathology of coronary atherosclerosis. *Prog Cardiovasc Dis* 1971; 14: 256-74.
16. Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, et al. Limitation 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.
17. Tuzcu E, Berkalp B, DeFranco A, et al. The dilemma of diagnosing coronary calcification: Angiography vs. intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 832-8.
18. Richardson PD, Davies MJ, Born GV. Influence of plaque configuration and stress distribution on fissuring of coronary atherosclerotic plaques. *Lancet*; 1989; 2: 941-4.
19. Erbel R, Bockisch A, Kearney P, et al. Value of intracoronary ultrasound and Doppler in the differentiation of angiographically normal coronary arteries: a prospective study in patients with angina pectoris. *Eur Heart J* 1996; 17: 880-9.
20. Mint 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.
21. Isner J, Kishel J, Kent A. Accuracy of angiographic determination of left main coronary arterial narrowing. *Circulation* 1981; 63: 1056-61.
22. Abizaid AS, Mintz GS, Abizaid A, et al. One-year follow-up after intravascular ultrasound assessment of moderate left main coronary artery disease in patients with ambiguous angiograms. *J Am Coll Cardiol* 1999; 34: 707-15.
23. Tuzcu EM, Hobbs RE, Rincon G, et al. Occult and frequent transmission of atherosclerotic coronary disease with cardiac transplantation. Insights from intravascular ultrasound. *Circulation* 1995; 91: 1706-13.
24. Fitzgerald PJ, Yock PG. Mechanisms and outcomes of angioplasty and atherectomy assessed by intravascular ultrasound imaging. *J Clin Ultrasound* 1993; 21: 579-88.
25. Gil R, DiMario C, Prati F, et al. Influence of plaque composition on mechanisms of percutaneous transluminal coronary balloon angioplasty assessed by ultrasound imaging. *Am Heart J* 1996; 131: 591-7.
26. Lee DY, Eigler N, Luo H, et al. Effect of intracoronary ultrasound imaging on clinical decision making. *Am Heart J* 1995; 129: 1084-93.
27. Kuntz R, Safian R, Levine M, Reis G, Diver D, Baim D. Novel approach to the analysis of restenosis after the use of three new coronary devices. *J Am Coll Cardiol* 1992; 19: 1493-9.
28. Potkin BN, Keren G, Mintz GS, et al. Arterial responses to balloon coronary angioplasty: an intravascular ultrasound study. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 942-51.
29. Braden GA, Herrington DM, Downes TR, Kutcher MA, Little WC. Qualitative and quantitative contrasts in the mechanisms of lumen enlargement by coronary balloon angioplasty and directional coronary atherectomy. *J Am Coll Cardiol* 1994; 23: 40-8.
30. van der Lugt A, Gussenhoven EJ, Stijnen T, et al. Comparison of intravascular ultrasonic findings after coronary balloon angioplasty evaluated in vitro with histology. *Am J Cardiol* 1995; 76: 661-6.
31. De Franco AC, Nissen SE, Tuzcu EM, Whitlow PL. Incremental value of intravascular ultrasound during rotational coronary atherectomy. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1996; Suppl: 23-33.
32. Sharma SK, Duvvuri S, Dangas G, et al. Rotational atherectomy for in-stent restenosis: acute and long-term results of the first 100 cases. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 1358-65.

## Koroner Arter Hastahğında İnvasküler Ultrason

33. Schiele F, Meneveau N, Vuilleminot A, Gupta S, Bassand JP. Treatment of in-stent restenosis with high speed rotational atherectomy and IVUS guidance in small 3,0 mm vessels. *Cathet Cardiovasc Diagn* 198; 44: 77-82.
34. Kovach JA, Mintz GS, Pichard AD, et al. Sequential intravascular ultrasound characterization of the mechanisms of rotational atherectomy and adjunct balloon angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 1024-32.
35. Prati F, Di Mario C, Moussa I, et al. In-stent neointimal proliferation correlates with the amount of residual plaque burden outside the stent: an intravascular ultrasound study. *Circulation* 1999; 99: 1011-4.
36. Matar FA, Mintz GS, Pinnow E, et al. Multivariate predictors of intravascular ultrasound end points after directional coronary atherectomy. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 318-24.
37. Baptista J, diMario C, Ozaki Y, et al. Impact of plaque morphology and composition on the mechanism of lumen enlargement using intracoronary ultrasound and quantitative angiography after balloon angioplasty. *Am J Cardiol* 1996; 77: 115-21.
38. Schühlen H, Hadamitzky M, Walter H, Ulm K, Schomig A. Major benefit from antiplatelet therapy for patients at high risk for adverse cardiac events after coronary Palmaz-Schatz stent placement: analysis of a prospective risk stratification protocol in the Intracoronary Stenting and Antithrombotic Regimen (ISAR) trial. *Circulation* 1997; 95: 2011-21.
39. Hoffman R, Mintz GS, Popma JJ, et al. Treatment of calcified coronary lesions with Palmaz-Schatz stents. An intravascular ultrasound study. *Eur Heart J* 1998; 19: 1224-31.
40. Russo RJ. Ultrasound guided stent replacement. *Cardiol Clin* 1997; 15: 49-61.
41. Russo RJ, Nicosia A, Teirstein PS. AVID I. Angiography Versus Intravascular Ultrasound-Direct Stent Placement. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29: 369A.
42. Goldberg SL, Colombo A, Nakamura S, Almagor Y, Maiello L, Tobis JM. Benefit of intracoronary ultrasound in the deployment of Palmaz-Schatz stents. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 996-1003.
43. Kiemeneij F, Laarman G, Slagboom T. Mode of deployment of coronary Palmaz-Schatz stents after implantation with the stent delivery system: an intravascular ultrasound study. *Am Heart J* 1995; 129: 638-44.
44. Colombo A, Hall P, Nakamura S, et al. Intracoronary stenting without anticoagulation accomplished with intravascular ultrasound guidance. *Circulation* 1995; 91: 1676-88.
45. Goods CM, Shaibi KF, Yadav SS, et al. Utilization of the coronary balloon expandable coil stent without anticoagulation or intravascular ultrasound. *Circulation* 1996; 93: 1803-08.
46. Karrison GJ, Morice MC, Benveniste F, et al. Intracoronary stent implantation without ultrasound guidance and with replacement of conventional anticoagulation by antiplatelet therapy. 30-day clinical outcome of the French Multicenter Registry. *Circulation* 1996; 94: 1519-27.
47. Goldberg SL, Hall P, Nakamura S, et al. Is there a benefit from intravascular ultrasound when high pressure stent expansion is routinely performed prior to ultrasound imaging? (abstract) *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 306A.
48. Painter JA, Mintz GS, Wong SC, et al. Serial intravascular ultrasound studies fail to show evidence of chronic Palmaz-Schatz stent recoil. *Am J Cardiol* 1995; 75: 398-400.
49. Hoffman R, Mintz GS, Mehran R, et al. Intravascular ultrasound predictors of angiographic restenosis in lesions with Palmaz-Schatz stents. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 43-9.
50. Hoffman R, Mintz GS, Kent GM, et al. Serial intravascular ultrasound predictors of restenosis at the margins of Palmaz-Schatz stents. *Am J Cardiol* 1997; 79: 915-53.
51. Sheris SJ, Canos MR, Weissman NJ. Natural history of intravascular-detected edge dissections from coronary stent deployment. *Am Heart J* 2000; 139: 59-63.
52. Kereiakes D, Linnemeier TJ, Baim DS, et al. Usefulness of stent length in predicting in stent restenosis (the MULTILINK stent trials). *Am J Cardiol* 2000; 86:336-41.
53. Honk MK, Park SW, Mintz GS, et al. Intravascular ultrasonic predictors of angiographic restenosis after long coronary stenting. *Am J Cardiol* 2000; 85; 441-5.
54. Mintz GS, Hoffman R, Mehran R, et al. In-stent restenosis : the Washington Hospital Center experience. *Am J Cardiol* 1998; 81: 7E-13E.