

# Orta Derece Koroner Arter Lezyonlarının İntravasküler Ultrason Bulguları

Doç. Dr. Berkten BERKALP

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Ankara

## ÖZET

Semptomatik koroner arter hastalarında anjiyografik olarak intermediate darlık şeklinde değerlendirilen lezyonlarla sıklıkla karşılaşılr. Revaskülarizasyona karar vermek için bu lezyonların daha ileri yöntemlerle değerlendirilmesi gereklidir. Bu problemin çözümünde bugün için geçerli tekniklerden birisi de intravasküler ultrason görüntüleme yöntemidir. Bu çalışmada kantitatif koroner anjiyografi ile yüzde çap darlığı  $49,0 \pm 6,5$  bulunan 50 lezyonun kantitatif ve kalitatif değerlendirilmeleri intravasküler ultrason yardımıyla yapıldı. Kesit alan darlığı yüzdesi 33 ile 87 arasında değişmekte olup, ortalama plak yükü  $67,0 \pm 12,4$  bulundu. Plak yükü lezyonların 18 (%36) inde %50-70 arasında iken, 26 (%52) sında %70'in üzerindeydi. Lümen alanı lezyonların 30 (%60) unda  $4 \text{ mm}^2$ 'nin altında bulundu. Plak eksantrisine indeksinin  $0,4 \pm 0,3$  oluşu lezyonların eksantrik yapısını ifade etmekteydi. Lezyonların 25 (%50)'inde ileri derecede eksantrik plak yapısı gösteren hastalısız duvar bölgesinin varlığı dikkati çekiyordu. Lezyonlar çoğunlukla yumuşak veya mikst plak yapısına sahipti ve kalsifikasyon lezyonların 8 (%16)'inde görüldü. Referans segmentlerin 17 (%34)'sinde ateroskleroz bulunmazken, 14 (%28)'ünde %40'in üzerinde plak yükü bulundu. Yetersiz arteriyel remodeling lezyonların 14 (%28)'ünde saptandı. Kompansatuar dilatasyon ise 15 (%30) lezyonda belirlendi. Yetersiz arteriyel remodeling olan lezyonların plak yükünün daha az olduğu görüldü. Kantitatif koroner anjiyografi ve intravasküler ultrason bulguları karşılaştırıldığında referans lümen çapları benzer olmasına rağmen, lezyon lümen çapları arasında anlamlı farklılık saptandı ( $1,8 \pm 0,6 \text{ mm}$ ,  $2,1 \pm 0,5 \text{ mm}$ ,  $p < 0,01$ ). Sonuç olarak intravasküler ultrason intermediate anjiyografik lezyonların incelenmesinde değerli bir teknik olup, ileri tetkik ve tedavinin planlanmasında yol göstericidir.

**Anahtar kelimeler:** İntermediate lezyon, intravasküler ultrason, koroner anjiyografi

Koroner arter hastalığının tanısında selektif koroner anjiyografi standart bir görüntüleme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Değişik projeksiyonlar yardımıyla lezyon bölgesindeki en ciddi darlık derecesi lezyonun oluşturduğu çap darlığı şeklinde ifade edilmektedir. Ancak pratik uygulamalarda karşılaştığımız bir sorun var ki; o da bazı lezyonların yarattığı

stenozun ciddiliğinin kesin olarak ifade edilememesidir. Semptomatik koroner arter hastalarında intermediate lezyon olarak kabul edilen %40 ile %70 arasındaki lezyonlar revaskülarizasyona karar vermede sıkıntı yaratmaktadırlar. Tek bir projeksiyonda saptanan lezyonlar, bulanık görüntü veren ancak belirgin darlığın ifade edilemediği lezyonlar, giderek incelenen damarlarda lokalize olan lezyonlar, ostial lezyonlar ile yan dalların veya diğer damarların süperpoze olması nedeniyle net izlenemeyen veya yan dal çıkış bölgesinde ana damarda lokalize lezyonların önem derecesinin saptanmasındaki güçlük koroner anjiyografinin sınırlamalarını oluşturmaktadır (1-5). Bu durumlarda intravasküler ultrason görüntüleme koroner arter kesitlerinde lümen çapındaki daralmayı net olarak gösterebilmekte ve kesit alan darlığının hesaplanmasına imkan sağlamaktadır (5-10).

Bu çalışmada intermediate koroner arter lezyonlarının intravasküler ultrason bulguları incelenmiştir.

## HASTALAR ve YÖNTEM

İskemik semptomu olan veya objektif iskemi kriteri bulunan fakat koroner anjiyografide intermediate lezyon (çap darlığı %40 ile %70 arasında) saptanan ve bu nedenle intravasküler ultrason ile incelenen 50 hasta değerlendirmeye alındı. Hastaların 30'u erkek, 20'si kadın olup, yaş ortalaması  $57 \pm 9$  idi. Hastaların 30 (%60) unda stable angina, 16 (%32) sında progresif angina, 4 (%8) ünde postinfarktüs angina mevcuttu. Geçirilmiş miyokard infarktüsü 21 (%42) hastada saptandı. Olguların 24 (%48) ünde bir damar hastalığı vardı. Tüm olgularda koroner risk faktörleri de tesbit edildi.

### Anjiyografik analiz

Koroner anjiyografiler intravasküler ultrason bulgularından bağımsız olarak değerlendirildi. Kantitatif koroner anjiyografi bilgisayar yardımıyla, otomatik kenar saptama yöntemiyle yapıldı (Easy Vision Work Station, Philips). Kontrastla dolu kateterin dış çapı kalibrasyon için standart olarak alındı. Lezyonun en dar görüldüğü projeksiyon seçilerek ölçümler diastol sonunda yapıldı.

### İntravasküler ultrason analizi

İntravasküler ultrason incelemesi mekanik olarak dönen 30 MHz transducer içeren 3,2 F kısa monorail görüntüleme

Alındığı tarih: 7 Mayıs 1999, revizyon 9 Aralık 1999  
Yazışma adresi: Doç. Dr. Berkten Berkalp, Ankara Üniversitesi Kalp Merkezi, Ankara Fax: (0 312) 363 2289

me kateteri (UltraCross imaging catheter, Scimed, Boston Scientific Corp.) yardımıyla diagnostik görüntüleme konsolu (ClearView, Cardiovascular Imaging Systems, Scimed, Boston Scientific Corp.) kullanılarak yapıldı. Kılavuz tel (0,014 in.) üzerinden damar distaline kadar ilerletilen intravasküler ultrason kateterinin içindeki transducer özel bir sistem yardımıyla 0,5 mm/sn hızla proksimale doğru çekilerek damar kesitleri incelendi. Görüntüler daha sonraki değerlendirmeler için 1/2-in yüksek rezolüsyonlu super VHS band üzerine kayıt edildi.

Komputer planimetri kullanılarak lümen alanının en az olduğu lezyon bölgesi belirlendi ve aşağıdaki ölçümler yapıldı (Şekil 1).

1) Eksternal elastik membran kesit alanı (mm<sup>2</sup>), 2) lümen kesit alanı (mm<sup>2</sup>), 3) plak kesit alanı (mm<sup>2</sup>), 4) yüzde alan darlığı: (plak alanı/ eksternal elastik membran kesit alanı), 5) maksimum plak kalınlığı (mm), 6) minimum plak kalınlığı (mm), 7) plak eksantrisite indeksi (minimum plak kalınlığı/ maksimum plak kalınlığı; indeksin 1 olması tamamen konsantrik lezyonu ifade eder). Lezyonda intimal kalınlığın 0.2 mm ve altında olduğu bölgeler aterosklerozun olmadığı arter duvarı bölgesi olarak değerlendirildi.

Lezyonun proksimalinde, fakat yan dalın distalinde ilk 10 mm içinde normal veya normale yakın görünen damar kesiti referans olarak alındı. Lezyon bölgesi için belirtilen intravasküler ultrason ölçümleri referans segmentler için de yapıldı.

Arteriyel "remodeling" lezyon ve referans segment eksternal elastik membran alanlarının oranı ile değerlendirildi. Bu oran 0,78 ve altında ise yetersiz arteriyel "remodeling", 1'in üzerinde ise kompensatuar dilatasyon düşüldü<sup>(11,12)</sup>.

Lezyon ve referans bölgesinde plak morfolojisi plağın ekojenitesi adventisyanın eko görüntüsüyle karşılaştırılarak belirlendi. Plağın eko görüntüsü adventisyadan az ise yumuşak, adventisyaya ile aynı ise sert, fibrotik veya her iki eko yapısını da gösteriyor ise mikst plaklar şeklinde tanımlandı. Yoğun eko veren ve arkasında akustik gölge bırakan yüzeyel veya derin lokalizasyonlu bölgeler kalsifikasyon olarak değerlendirildi, kalsifikasyon bölgesi bir iletke yardımıyla damar lümeni merkezinden ölçülerek derece ile ifade edildi<sup>(8)</sup>.

#### İstatistiksel analiz

Veriler ortalama  $\pm$  SD ile ifade edildi. Verilerin karşılaştırılmasında Student's t testi ve chi-square testi kullanıldı,  $p < 0.05$  değeri anlamlı kabul edildi.

#### BULGULAR

Hastaların klinik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Kantitatif koroner anjiyografide darlık derecesi %40,0 ile %67,3 arasında bulunan 50 intermediate lezyonun ortalama çap darlığı %49,0  $\pm$  6,5, ortalama lezyon lümen çapı 1,8  $\pm$  0,7 mm ve referans lümen çapı 3,3  $\pm$  1,0 mm idi. Lezyonların 10'u sol ana

koroner arterde, 31'i sol ön inen arterde, 7'si sağ koroner arterde ve 2'si de sirkumfleks arterde idi. Lezyonların intravasküler ultrason bulguları Tablo 2 de verilmiştir. Yüzde kesit alan darlığı 33 ile 87 arasında değişmekte olup, ortalama plak yükü 67,0  $\pm$  12,4 bulundu. Lezyonların 18 (%36) inde plak yükü %50-70 arasında iken, 26 (%52) sında %70'in üzerindeydi. Lezyon lümen kesit alanının 4 mm<sup>2</sup>'nin altında olduğu 30 (%60) lezyonda alan darlığı %72,5(7,4 iken, lümen kesit alanı 4mm<sup>2</sup> ve üzerinde bulunan 20 (%40) lezyonda alan darlığı %58,6 $\pm$ 13,7 bulundu ( $p < 0,001$ ).

Anjiyografik çap darlığı 26 (%52) lezyonda %50'nin altında, 24 (%48) lezyonda ise %50 ve üzerindeydi. Her iki grup arasında lezyon lümen alanı (4,9 $\pm$ 3,2 mm<sup>2</sup>, 3,9 $\pm$ 1,8 mm<sup>2</sup>;  $p > 0,05$ ) ve lezyon yüzde alan darlığı yönünden farklılık saptanmadı (%63,9 $\pm$ 12,7; %70,1 $\pm$ 11,4,  $p > 0,05$ ). Gruplar arasında %70'in üzerinde plak yükü görülme sıklığı da (%42,3 ve %62,5,  $p > 0,05$ ) benzer bulundu.

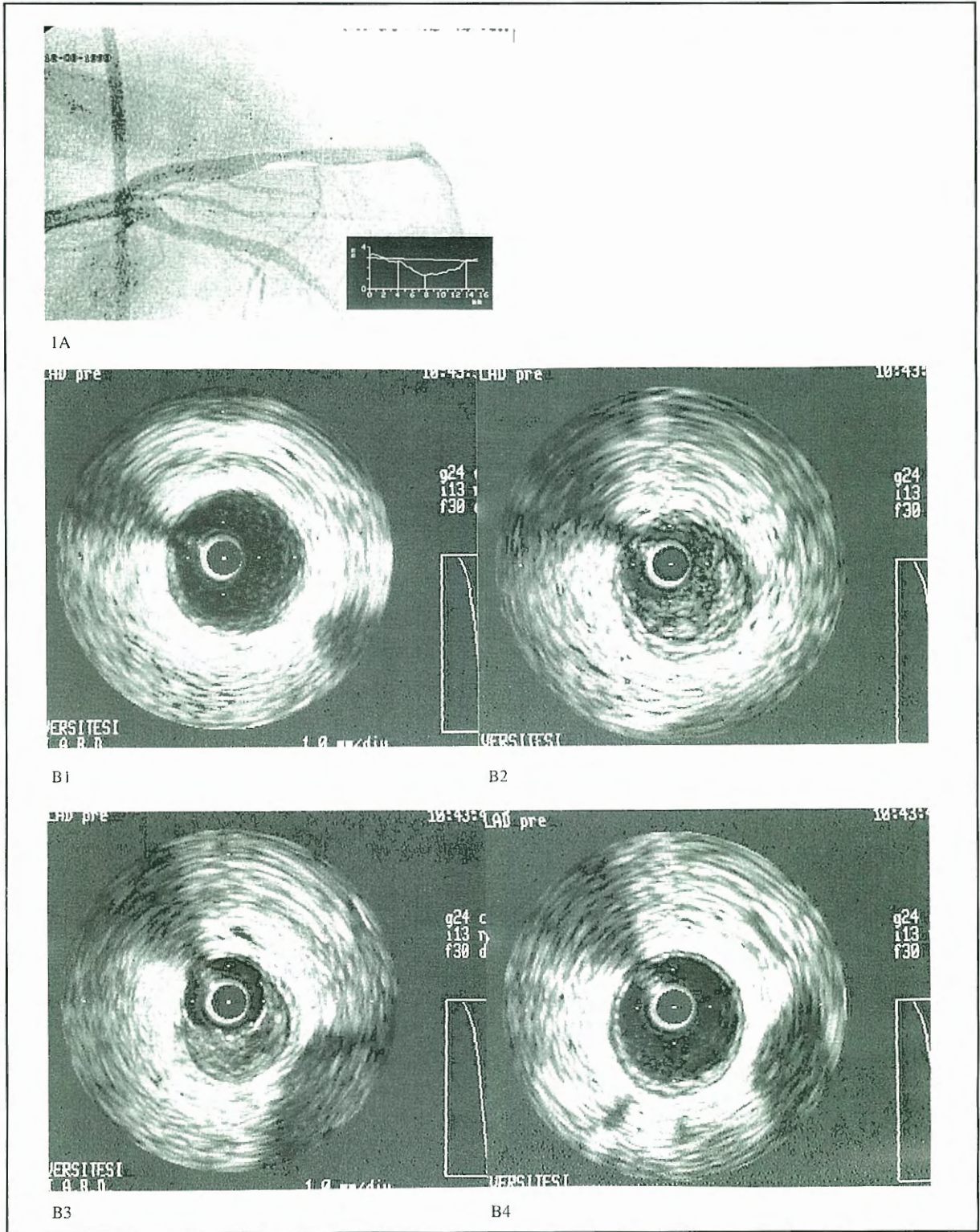
İncelenen lezyonların plak eksantrisite indeksinin 0.4  $\pm$  0,3 oluşu lezyonların eksantrik yapısını ifade etmektedir. Lezyonların 25 (%50) inde hastaliksız duvar arkının varlığı dikkati çekmektedir. Lezyonların 19 (%38) unda yumuşak, 13 (%26) ünde fibrotik, 18 (%36) inde mikst plak yapıları izlendi. Sekiz lezyonda (%16) yüzeyel veya derin lokalizasyon gösteren, 45 derece ile 180 derece arasında olan kalsifikasyon bölgeleri saptandı.

Referans segmentlerin intravasküler ultrason ölçümleri de Tablo 2'de sunulmuştur. Referans plak kesit alanı 3,6  $\pm$  3,1 mm<sup>2</sup> olup ortalama plak yükü %25,8  $\pm$  20,4 bulundu. Referans segmentlerin 17 (%34) sinde ateroskleroz bulunmazken, 14 (%28)'ünde %40'in üzerinde plak yükü saptandı, maksimum değer %63 idi. Bu durum anjiyografide normal kabul edilen referans segmentlerde önemli plak kitlesinin varolabileceğini doğrulamaktadır. Referans plak eksantrisite indeksi 0,6  $\pm$  0,3 değeri ile konsantrik plak yapısına gidişi göstermektedir.

Referans segmentlerde ateroskleroz varlığında yumuşak plaklar 20/33 (%61) oranıyla en sık görülen plak yapısını oluşturuyordu. Kalsifikasyon ise saptanmadı.

Arteriyel "remodeling" yönünden lezyon / referans segment eksternal elastik membran alanlarının oranı





Şekil 1. Sol ön inen arterde lezyon.

A) Kantitatif koroner anjiyografide çap darlığı %51,17, minimal lümen çapı 1,37 mm, referans çap 2,82 mm

B) Lezyonun intravasküler ultrason görüntüsü.

1. Proksimal referans segment, minimal lümen çapı 3,9 mm, EEM alanı 12,2 mm<sup>2</sup> 2. Lezyon bölgesi, minimal lümen çapı 1,8 mm, lümen alanı 2,8 mm<sup>2</sup>, EEM alanı 12,0 mm<sup>2</sup>, alan darlığı %76,9, eksantrik mikst plak 3. Lezyonun distal segmenti, minimal lümen çapı 2,1 mm, lümen alanı 3,6 mm<sup>2</sup>, EEM alanı 7,9 mm<sup>2</sup>, alan darlığı %54,6, eksantrik yumuşak plak (lezyon ve referans segmentlere göre EEM alanında belirgin azalma izleniyor) 4. Distal referans segment, minimal lümen çapı 3,5 mm, EEM alanı 11,2 mm<sup>2</sup>



**Tablo 1. Hastaların Klinik Özellikleri ve Risk Faktörleri**

|                     |         |
|---------------------|---------|
| Yaş (yıl)           | 57 ± 9  |
| Erkek / kadın       | 30 /20  |
| Angina              |         |
| Stable              | 30 (60) |
| Progresif           | 16 (32) |
| Postinfarktüs       | 4 ( 8)  |
| Tek damar hastalığı | 24 (48) |
| Hipertansiyon       | 25 (50) |
| Diabetes Mellitus   | 8 (16)  |
| Sigara kullanımı    | 25 (50) |
| Hiperkolesterolemi  | 26 (52) |
| Aile hikayesi       | 18 (36) |

Veriler hasta sayısı ve (%) şeklinde ifade edilmiştir.

**Tablo 2. Lezyon ve Referans Segmentlerin İnvasküler Ultrason Bulguları**

|                                | Lezyon<br>n:50 | Referans<br>n:50 |
|--------------------------------|----------------|------------------|
| EEM alanı (mm <sup>2</sup> )   | 13,5 ± 5,1     | 14,5 ± 5,9       |
| Lümen alanı (mm <sup>2</sup> ) | 4,5 ± 2,7      | 10,8 ± 6,0       |
| Plak alanı (mm <sup>2</sup> )  | 9,0 ± 4,0      | 3,6 ± 3,1        |
| Alan darlığı (%)               | 67,0 ± 12,4    | 25,8 ± 20,4      |
| Damar çapı-max (mm)            | 4,1 ± 0,7      | 4,3 ± 0,9        |
| Lümen çapı- min (mm)           | 2,1 ± 0,5      | 3,5 ± 1,0        |
| Plak kalınlığı- min (mm)       | 0,5 ± 0,3      | 0,3 ± 0,2        |
| Plak kalınlığı- max (mm)       | 1,5 ± 0,4      | 0,6 ± 0,4        |
| Plak EI                        | 0,4 ± 0,3      | 0,6 ± 0,3        |

EEM; eksternal elastik membran. min; minimum, max; maksimum, EI; eksantrisite indeksi

0,6 ile 1,9 arasında değişim gösterdi, ortalama değer 1,0 ± 0,3 idi. Yetersiz arteriyel remodeling lezyonların 14 (%28)'ünde saptandı. Plak yükü %59,0 ± 15,0 idi. Kompansatuar dilatasyon ise 15 (%30) lezyonda belirlendi. Bu grupta plak yükü %70,0 ± 7,0 bulundu. Yetersiz arteriyel remodeling olan lezyonların plak yükünün daha az olduğu görüldü (p<0,05)

Kantitatif koroner anjiyografi ve intravasküler ultrason bulguları karşılaştırıldığında referans lümen çapları benzer olmasına rağmen (3,3 ± 1,0 mm, 3,5 ± 1,0 mm, p> 0,05), lezyon lümen çapları arasında anlamlı farklılık saptandı ve intravasküler ultrason ile

ölçülen lezyon lümen çapının daha fazla olduğu gözlemlendi (1,8 ± 0,6 mm, 2,1 ± 0,5 mm, p<0,01).

## TARTIŞMA

Üç boyutlu damar lümeninin koroner anjiyografi ile iki boyutlu olarak görüntülenmesi diagnostik açıdan bazı sınırlamaları da beraberinde getirmektedir. İnvasküler ultrason sonuçlarına göre sıklıkla eksantrik yapıda olan aterosklerotik plaklar anjiyografik olarak önemli darlık oluşturmayabilirler. Arterlerin proksimal kısımlarında veya dallanma yerlerinde bulunan lezyonlar diğer damar veya yan dalların süperpoze olması nedeniyle net olarak görüntülenemeyebilmektedir. Ateroskleroz diffüz yerleşim gösterebileceğinden lümenogram olarak yorumlanan koroner anjiyografi aterosklerozun gerçek dağılımı ve plak yapısı hakkında da bilgi vermemektedir. Anjiyografik olarak belirgin olmayan lezyonların intravasküler ultrason ile incelenmesi bu tip lezyonların yorumunu kolaylaştırmaktadır (1-10, 13,14).

İncelediğimiz intermedier lezyonların ancak %12'sinde %50'nin altında plak yükü saptanırken, %52'sinde üzerinde alan darlığı bulunmuştur. Dört lezyonda plak yükünün %80'den fazla olması dikkat çekicidir. Lezyonların %60'ında lümen alanı 4 mm<sup>2</sup>'nin altında bulunmuştur. Plakların eksantrik yapıyı ifade eden düşük eksantrisite indeksi değerine sahip olmaları, sıklıkla yumuşak ve mikst yapıda bulunmaları bir diğer özelliktir. Kalsifikasyon oranı ise oldukça düşüktür. Lezyonların %50'sinde plak içermeyen hastalısız duvar varlığı ki, ileri derecede eksantrik plak yerleşimlerini gösterir, anjiyografik olarak lümeninde belirgin bir daralma ve deformite yaratmadan aterosklerozun ilerleyebileceğini göstermekte ve semptomların oluşumunda vazospastik olayların da katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir.

Lezyonların referans segmentlerinin intravasküler ultrason incelemesi %66 oranında ateroskleroz varlığını göstermektedir. Bunların %42,4'ünde plak yükü %40'ın üzerinde olup, %63'e kadar ulaşmakta ve referans segmentlerde ateroskleroz daha çok konsantrik yerleşim göstermektedir. Bu bulgular aterosklerozun diffüz olma eğilimini desteklemektedir. Referans segmentteki ateroskleroz lezyonun anjiyografik öneminin azalmasında rol oynayan faktörlerden birisini oluşturmaktadır.

Koroner arterde lezyon bölgesindeki remodeling olayı anjiyografik olarak lezyonun derecelendirilmesinde önem taşıyan bir diğer konudur. Yetersiz arteriyel remodeling lezyonların %28'inde bulunmuştur. Referans segmente göre lezyonun eksternal elastik membran alanında azalma olduğunu gösteren bu remodeling tipinde lezyon plak yükünün bu tip remodeling saptanmayan lezyonlara göre daha az olduğu görülmüştür. Gelişen aterosklerozun yanısıra, küçülen damar alanı da lezyon bölgesinde daralmaya katkıda bulunmaktadır. Lezyonlarda kompensatuar dilatasyon %30 oranında saptanmıştır. Lezyon bölgesinde eksternal elastik membran alanında genişleme sonucu anjiyografik olarak ciddi darlık oluşmasına rağmen intravasküler ultrason ile masif ateroskleroz gösterilebilmektedir.

İntravasküler ultrason incelemeleri %20'den fazla olguda anjiyografik olarak önemsiz lezyonlarda tedavi stratejisinin değişimine neden olmuştur (9,10). Değişik perkutan revaskülarizasyon yöntemlerinden sonra oluşan lümenal irregülarite minimal lümen çapının anjiyografik olarak daha geniş bulunmasına neden olmaktadır. İntravasküler ultrason ise daha düşük ölçümler vermektedir (15,16). Girişim öncesi lezyon lümen çapı yönünden anjiyografi ve intravasküler ultrason arasında daha farklı bir durum izlenmektedir (10). İntravasküler ultrason ile ölçülen lümen çapı koroner anjiyografi ile bulunan çaptan daha büyük görünmektedir. Bu sonuç çalışmamızla da desteklenmiştir. Kantitatif koroner anjiyografide referans segment damar çapı ve intravasküler ultrason ile ölçülen referans lümen çapı arasında fark olmamasına rağmen, lezyon minimal lümen çapı intravasküler ultrason ile daha geniş bulunmuştur. Düzgün lümen yapısının olduğu bölgelerde ölçülen lümen çapları yönünden koroner anjiyografi ve intravasküler ultrason arasında uyum bulunmaktadır.

İntravasküler ultrason intermediate lezyonların morfolojik öneminin saptanmasında koroner anjiyografiye yardımcı bir tekniktir. Bununla beraber koroner anjiyografi laboratuvarında cerrahi veya perkutan revaskülarizasyona karar vermek için lezyonun fonksiyonel öneminin de değerlendirilmesi gerekir. Koroner basınç ve akım ölçümleri bu amaçla kullanılmaktadır. İntravasküler ultrason ile saptanan lezyon lümen alanı ve alan darlığı ile lezyonun fizyolojik değerlendirilmesi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalış-

malar vardır (17-20). Bu araştırmaların ışığında ve çalışma bulgularımıza göre intravasküler ultrason ile anatomik yapı incelenerek %70'in üzerinde alan darlığı ve 4 mm<sup>2</sup>'nin altında lümen alanı saptanan intermediate koroner lezyonlarda fizyolojik inceleme yapılması yararlıdır. Bu yöntemlerle kateter laboratuvarında hastanın tedavi planının belirlenmesi kolaylaşmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Harrison DG, White CW, Hiratzka LF, et al: The value of lesion cross-sectional area determined by quantitative coronary arteriography in assessing the physiologic significance of proximal left anterior descending coronary arterial stenoses. *Circulation* 1984;69:1111-9
2. Zijlstra F, van Ommeren J, Reiber JHC, Serruys PW: Does quantitative assessment of coronary artery dimensions predict the physiological significance of coronary stenosis? *Circulation* 1987;75:1154-61
3. Thomas AC, Daview MJ, Dilly S, Dilly N, Franc F: Potential errors in the estimation of coronary arterial stenoses from clinical coronary arteriography with reference to the shape of the coronary arterial lumen. *Br Heart J* 1986;55:129-39
4. De Feyter PJ, Serruys PW, Davies MJ, Richardson P, Lubsen J, Oliver MF: Quantitative coronary angiography to measure progression and regression of coronary atherosclerosis: value, limitations, and implications for clinical trials. *Circulation* 1991;84:412-23
5. Topol EJ, Nissen SE: Our preoccupation with coronary luminology. The dissociation between clinical and angiographic findings in ischemic heart disease. *Circulation* 1995;92:2333-42
6. White CJ, Ramee SR, Collins TJ, Jain A, Mesa JE: Ambiguous coronary angiography: Clinical utility of intravascular ultrasound. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1992;26:200-3
7. Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, et al: Limitations of angiography in the assessment of plaque distribution in coronary artery disease. *Circulation* 1116;93:924-31
8. Di Mario C, Görgö G, Peters R, et al: Clinical application and image interpretation in intracoronary ultrasound. *Eur Heart J* 1998;19:207-9
9. Lee DY, Nishioka T, Tabak SW, Forrester JS, Siegel RJ: Effect of intracoronary imaging on clinical decision making. *Am Heart J* 1995;129:1084-93
10. Mintz GS, Pichard AD, Kovach JA, et al: Impact of preintervention intravascular ultrasound imaging on transcatheter treatment strategies in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1994;73:423-30
11. Nishioka T, Luo H, Eigler NL, Berglund H, Kim CJ, Siegel RJ: Contribution of inadequate compensatory



enlargement to development of human coronary artery stenosis: An in vivo intravascular ultrasound study. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:1571-6

**12. 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 study. *Circulation* 1997;95:1791-8

**13. Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, et al:** Limitations of angiography in the assessment of plaque distribution in coronary artery disease. *Circulation* 1116;93:924-31

**14. Popma JJ, Bashore TD:** Qualitative and quantitative angiography. In: Topol E, ed. *Textbook of Interventional Cardiology*. Philadelphia, Pa: WB Saunders, 1994:1052-68

**15. DeFranco AC, Tuzcu EM, Moliterno DJ, et al:** Overestimation of lumen size after coronary interventions: implications for randomized trials of new devices. *Circulation* 1994;90(pt 2):I-550

**16. Ozaki Y, Violaris AG, Kobayashi T, et al:** Comparison of coronary luminal quantification obtained from intracoronary ultrasound and both geometric and videodensitometric quantitative angiography before and after balloon angioplasty and directional atherectomy. *Circulation* 1997;96:491-49

**17. Danzi GB, Pirelli S, Mauri L, et al:** Which variable of stenosis severity best describes the significance of an isolated left anterior descending coronary artery lesion? Correlation between quantitative coronary angiography, intracoronary Doppler measurements and high dose dipyridamole echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:526-33

**18. Moses JW, Undermir C, Strain JE:** Relation between single tomographic intravascular ultrasound image parameters and intracoronary Doppler flow velocity in patients with intermediately severe coronary stenoses. *Am Heart J* 1998;135:988-94

**19. 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;100:250-55

**20. Nishioka T, Amanullah AM, Luo H, et al:** Clinical validation of intravascular ultrasound imaging for assessment of coronary stenosis severity. Comparison with stress myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:1870-78