

Girişimsel Kardiyoloji Pratiğinde Optik Koherens Tomografinin Yeri

The Role of Optical Coherence Tomography in Interventional Cardiology Practice: Review

Bülent DEMİR,^a
Osman PİRHAN,^a
Osman KARAKAYA^a

^aKardiyoloji Kliniği,
Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 03.07.2015
Kabul Tarihi/Accepted: 17.01.2016

Yazışma Adresi/Correspondence:
Bülent DEMİR
Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
Kardiyoloji Kliniği, İstanbul,
TÜRKİYE/TURKEY
drbmr06@hotmail.com

ÖZET Bilindiği gibi, koroner arter hastalığının saptanmasında en yaygın kullanılan girişimsel yöntem koroner anjiyografidir. Fakat koroner anjiyografi bir lümenografidir ve eksantrik plakları veya negatif yeniden yapılanma gösteren aterosklerotik plakları göstermede yetersiz kalmaktadır. Diğer taraftan, günümüzde koroner arter hastalığının tedavisinde perkütan koroner girişim sıklıkla uygulanan bir yöntem hâline gelmiştir. Fakat sadece koroner anjiyografi ile yapılan stent implantasyonu genellikle optimal olamamaktadır. Çünkü koroner anjiyografi; stent implantasyonu öncesi koroner lezyonun ciddiyetinin ve lezyon uzunluğunun doğru olarak değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu durumda koroner lezyona uygun uzunlukta ve çapta stent seçilememesi perkütan koroner girişimin başarısını düşürmektedir. Ayrıca optimal yerleştirilemediği için stentin yetersiz açılması ve malpozisyonu gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu yüzden günlük girişimsel kardiyoloji pratiğinde koroner anjiyografi ile beraber uygulanan ilave koroner içi yardımcı görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Koroner içi görüntüleme yöntemlerinden optik koherens tomografi; nispeten intravasküler ultrasonografiye göre yeni bir yöntemdir. Günümüzde perkütan koroner girişim öncesi ve sonrasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, optik koherens tomografinin girişimsel kardiyoloji pratiğindeki yeri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tomografi, optik koherens; koroner anjiyografi; ateroskleroz; stentler; kalp görüntüleme teknikleri

ABSTRACT As is known, coronary angiography is the most widely used interventional method to detect coronary artery disease. However, coronary angiography is a luminography that falls short to demonstrate eccentric plaques or atheroma plaques showing negative remodeling. On the other hand, percutaneous coronary intervention has currently become a widely applied technique for the treatment of coronary artery disease. Unfortunately, stent implantation guided by coronary angiography is far from being optimal, largely because coronary angiography cannot adequately assess the severity and length of a coronary lesion before stent implantation. Consequently, a failure to select a stent with a suitable length and diameter for any coronary lesion leads to decreased success of percutaneous coronary intervention. Moreover, failure to optimally deploy and thus expand a stent will give rise to various problems such as stent malposition. Therefore, additional intracoronary imaging methods are needed in interventional cardiology practice. Among them, optical coherence tomography is a relatively newer method compared to intravascular ultrasonography. Currently, it has widely begun to be used before and after percutaneous coronary intervention. This review discusses the role of optical coherence tomography in interventional cardiology practice.

Key Words: Tomography, optical coherence; coronary angiography; atherosclerosis; stents; cardiac imaging techniques

Türkiye Klinikleri J Cardiovasc Sci 2015;27(3):103-10

doi: 10.5336/cardiosci.2015-47089

Copyright © 2015 by Türkiye Klinikleri

Günümüzde koroner arter hastalığı tanısında en yaygın kullanılan girişimsel yöntem olan koroner anjiyografi; iki boyutlu bir lümenografi olduğu için eksantrik plakları, ülsere plakları, damar du-

varı kalsifikasyonlarını ve damar içi diseksiyon bölgelerini göstermede yetersiz kalmaktadır.¹ Koroner anjiyografinin bu kısıtlılıkları, koroner arter hastalığının tedavisinde en yaygın kullanılan yöntem olan perkütan koroner girişim (PKG)'in başarısını da olumsuz etkilemektedir. Diğer taraftan stent implantasyonu sonrası stentin sadece koroner anjiyografi ile değerlendirilmesi, stent optimizasyonunun değerlendirilmesi açısından da yetersiz görünmektedir. Çünkü koroner anjiyografi; stentin yetersiz açılması, damar duvarına tam yapışmaması (malapozisyonu), stent için doku prolapsusu olması, kenar diseksiyonu gelişmesi ve stent içi gelişen trombüsü göstermede yetersiz kalmaktadır. Özellikle stentin yetersiz açılması, malapozisyonu, kenar diseksiyonu gelişmesi ve koroner lezyonun tam kapatılmaması gibi faktörler stent trombozu ve stent restenozu gibi ciddi komplikasyonlar gelişmesine yol açarak PKG'nin başarısını azaltmaktadır. Bu yüzden PKG'nin başarılı olabilmesi ve özellikle koroner arterlere optimal stent implantasyonu yapılabilmesi için ilave damar içi görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Optik koherens tomografi (OCT); yıllardır oftalmoloji pratiğinde kullanılan ve ışık temelli bir görüntüleme yöntemidir. Yakın kızıl ötesi ışık dalgalarının biyolojik dokulardaki yansımalarının değerlendirilmesi ile dokulardaki mikro yapıların kesitsel olarak görüntülenmesini sağlamaktadır.¹ Koroner arterlerin başarılı bir şekilde kesitsel görüntülenmesini sağlayan OCT; son yıllarda girişimsel kardiyoloji pratiğinde; gerek koroner arter hastalığının tanısında gerekse PKG sırasında yardımcı damar içi görüntüleme yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bilindiği gibi intravasküler ultrasonografi (İVUS) ses dalgaları temelli görüntüleme yöntemidir ve koroner içi görüntülemeye yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle aterom plağının morfolojisi ve damar kalsifikasyonunun değerlendirilmesi açısından oldukça iyi sonuçlar vermektedir.¹ Ayrıca, yüksek doku penetrasyon yeteneği açısından OCT'den üstün olan İVUS; özellikle damar duvarının değerlendirilmesi ve damar çapının doğru belirlenmesinde de etkilidir. Koroner içi görüntüleme yöntemlerinden

OCT'nin ise İVUS'ye bazı üstünlükleri vardır. OCT'nin en önemli üstünlüğü yüksek çözünürlüğüdür. Şöyle ki; İVUS çözünürlüğü 80-120 µm iken, OCT çözünürlüğü 10-20 µm'dir.² Yani OCT; İVUS'a göre 10 kat daha fazla yüksek çözünürlüğe sahiptir.² Çünkü OCT'de kullanılan yakın kızıl ötesi ışık dalgalarının dalga boyu İVUS'ta kullanılan ses dalgalarından daha kısa, fakat frekansları ses dalgalarına göre daha yüksektir.¹ Bu bağlamda OCT, yüksek çözünürlüğü sayesinde özellikle doku ile plak özelliklerinin belirlenmesi, stent apozisyonunun değerlendirilmesi, implantasyon sonrası vasküler hasarın değerlendirilmesi ve stent implantasyonu sonrası lezyonun tam olarak kaplanmasının değerlendirilmesinde İVUS'ye üstün gözükmektedir.¹ Diğer taraftan stent restenozu gelişmesinde son derece önemli rol oynayan neointimal hiperplazinin değerlendirilmesinde de OCT, İVUS'ye yüksek çözünürlüğü sayesinde üstün gözükmektedir.²

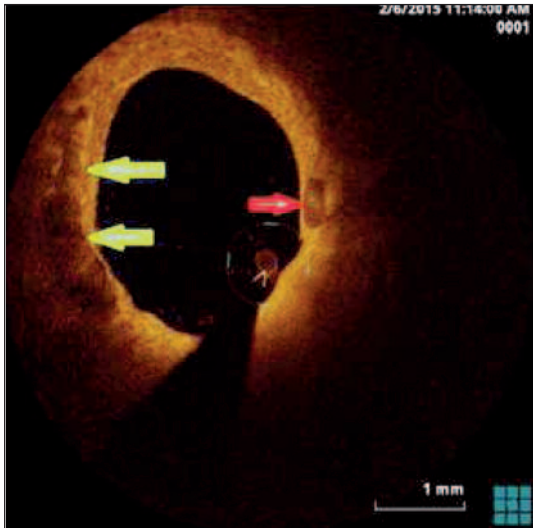
Bu çalışmada, kullanma sıklığı giderek artan OCT'nin güncel girişimsel kardiyoloji pratiğindeki yeri tartışılmıştır.

NORMAL KORONER ARTERLERİN VE ATEROM PLAĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Normal epikardiyal koroner arterlere OCT uygulandığında koroner arter duvarının tipik üç tabakalı görünümü elde edilmektedir. İntima tabakası tek sıralı endotel hücrelerinden ve endotel hücrelerinin altında yer alan subendotelial kollajenden oluşmaktadır.³ Media tabakası ise intimaya göre daha kalın ve nispeten intimaya göre daha siyah bant şeklinde gözlenmektedir.³ Bilindiği gibi, arter duvarında media tabakası internal elastik lamina ile eksternal elastik lamina arasında yer almaktadır. Diğer taraftan normal koroner arterde eksternal elastik lamina tabakası mediadan sonra sinyalden fakir nispeten siyah bir hat olarak izlenmektedir. Fakat koroner arterin adventisya tabakası ve damar duvarının dışı doğru yapılanması OCT'nin düşük doku penetrasyonu nedeni ile iyi değerlendirilememektedir.

Bilindiği gibi aterosklerozun erken aşamalarında koroner arter duvarında birtakım değişik-

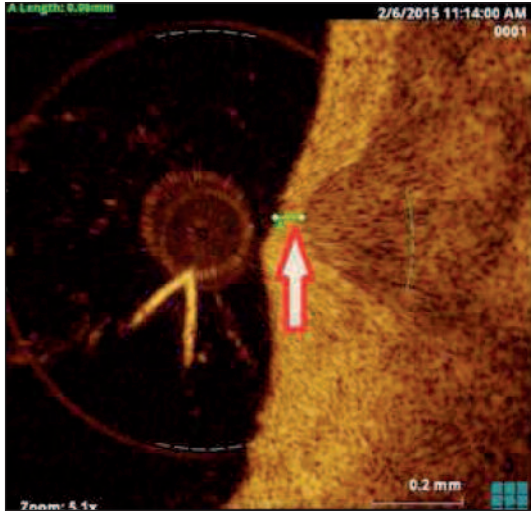
likler olmaktadır. OCT, yüksek çözünürlüğü sayesinde bu değişikliklerden bazılarını gösterebilmektedir. Özellikle erken evre ateroskleroz bulgularından biri olan intimal kalınlaşma; OCT ile damar duvarının lümenine bakan en iç tabakasında homojen, düzgün kenarlı sinyal artışı olarak izlenmektedir. Diğer taraftan OCT; aterosklerozun fibröz ya da fibrokalsifik plaklar, damar duvar kalsifikasyonları, aterom plağı içerisindeki nekrotik kor gibi diğer önemli komponentlerini de incelemek olanağı sunmaktadır. Ayrıca, ateroskleroz patogenezinde rol oynayan makrofajlar, yeniden damarlanmaya neden olan mikrodamarlar ve koroner arter içerisindeki trombüsler de OCT ile görüntülenebilmektedir. Fibröz plaklar; damar duvarında homojen dağılan ve sinyalden zengin bölgeler olarak gözükmektedir. Özellikle sinyalden fakir kalsifikasyon bölgeleri aterom plağı içerisindeki lipidden zengin bölgeler ve nekrotik çekirdek ile karışabilmektedir.^{3,4} Aterosklerotik koroner arter duvarında lipidden zengin doku ile nekrotik çekirdek (Resim 1) ise kalsifikasyonlara göre sınırları daha az belirgin olan, nispeten difüz sınırlanmış ve üzerinden sinyalden zengin bantların geçtiği sinyalden fakir bölgeler olarak izlenmektedir.³ Kalsifikasyonlar (Resim 1) ise düzgün sınırları olan ve sinyalden fakir bölgeler olarak iz-



RESİM 1: Eksantrik fibroaterom plağı; saat 7-11 arasında sınırları nispeten düzgün olan kalsifiye aterom plağı (yeşil oklar), saat 3 hizasında ise sınırları çok daha belirgin olan sinyalden fakir olarak izlenen kalsifikasyon görünümü (kırmızı ok).

lenmektedir.³ Diğer taraftan nadir de olsa ateroskleroz patogenezinde çok önemli rol oynayan makrofajlar da OCT ile görüntülenebilmektedir. Makrofajlar özellikle fibröz kapsülün alt sınırı ile nekrotik çekirdeğin üst sınırı arasında yer alan; zemine göre sinyalden zengin birleşik noktalar olarak görülmektedir.^{3,5} Ayrıca, aterom plağının yeniden yapılanmasında ve komplike hâle gelmesinde rol oynayan yeni mikrodamarlar da OCT ile görülebilmektedir. Yeni oluşan mikrodamarlar intima içerisinde keskin sınırlı, çoklu kesitlerle bakıldığında devamlılığı olan sinyalden fakir boşluklar olarak izlenebilmektedir.^{3,6} Günlük pratikte özellikle OCT'nin son derece güzel gösterdiği yapılardan bir diğeri ise akut koroner sendrom (AKS) gelişmesine yol açan, koroner arter içerisindeki trombüslerdir. Trombüsler; koroner arter lümeni içerisinde, çıkıntılar yapmış, damar duvarı ile devamlılığı olmayan bölgeler olarak izlenmektedir. Bilindiği gibi kırmızı trombüs eritrositlerden zengindir ve OCT'de sinyalsiz gölgelenme ile birlikte yüksek geri saçılmalı, lümeneye doğru çıkıntılar olarak izlenmektedir.^{3,7} Beyaz trombüs ise trombositler ile lökositlerden zengindir ve OCTde düşük geri saçılmalı, sinyalden zengin lümeneye doğru uzayan çıkıntılar şeklinde izlenmektedir.^{3,7}

İntrakoroner görüntüleme yöntemlerinden İVUS'ye göre nispeten yeni bir yöntem olan OCT'nin bir diğer avantajı ise aterom plağında fibröz başlığının kalınlığını (Resim 2) doğru ölçmesidir.⁸ Bilindiği gibi inflamatuvar hücrelerden zengin, fibröz kapsül kalınlığı ince ve büyük lipid çekirdeği olan plaklar; İnce başlıklı fibroaterom plağı olarak adlandırılmaktadır.⁸ Bu sayılan özellikler yırtılmaya eğilimli hassas plağın özellikleri olduğundan, ince başlıklı fibroaterom plakları trombüs gelişimi ve AKS ile ilişkilidir.⁸ Ani kardiyak ölüm sonrası yapılan çalışmalarda, fibröz başlık kalınlığı, ≤ 65 μm olan aterom plaklarının rüptüre olmaya eğiliminin belirgin olduğu ve bu plakların AKS gelişimine yol açtığı gösterilmiştir.^{8,9} Yüksek çözünürlüğü sayesinde OCT; fibröz başlık kalınlığını doğru bir şekilde ölçerek hassas plakların saptanmasında da önemli rol oynamaktadır.



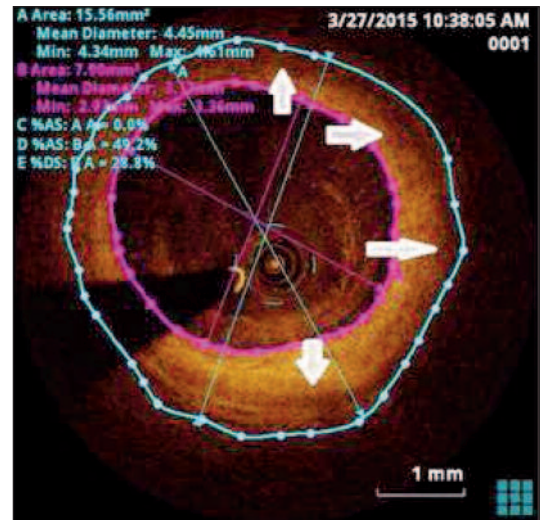
RESİM 2: İnce fibröz başlığın kalınlığının ölçülmesi (kırmızı ok).

PERKÜTAN KORONER GİRİŞİM ÖNCESİ OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ

PKG planlanan koroner artere işlem öncesi OCT uygulanması; özellikle lezyon ciddiyetinin saptanması, yine damar çapının ve lezyon uzunluğunun doğru bir şekilde belirlenmesi, koroner lezyona eşlik edebilecek diseksiyonların ve trombüslerin görülmesi, lezyonun kalsifikasyonu hakkında bilgi edinilebilmesi açısından son derece yararlıdır. Ayrıca, eğer hastada öncesinde koroner artere implante edilen stent içi bir lezyon varsa, stent içi restenoza neden olabilen neointimal hiperplazi gibi durumlarda OCT ile başarılı bir şekilde görüntülenebilmektedir.

İVUS çalışmalarında koroner lezyonda minimal lümen kesitsel alanı (MLKA) nın $<4 \text{ mm}^2$ bulunması koroner lezyonun fonksiyonel olarak iskemiye neden olduğunu gösteren oransal akım yedeği (FFR) değerinin 0,75'in altında olması ile korele olarak bulunmuştur.^{1,10} Ayrıca, yapılan çalışmalarda lümen boyutlarının ölçümleri konusunda OCT'nin İVUS'den daha doğru sonuçlar verdiği gösterilmiştir.^{1,11} Reith ve ark., orta dereceli koroner lezyonları olan hastalarda yaptıkları yakın zamanlı bir çalışmada; OCT ile hesaplanan minimal lümen alanı, minimal lümen çapı (MLD) ve stenotik alan yüzdesi (AS) (Resim 3) ile fonksiyonel iskemiye gösteren FFR değerleri arasında pozitif korelasyon saptamışlardır.¹² Yani, OCT ile

yapılan lümen içi ölçümler büyük bir oranda hemodinamik olarak anlamlı fonksiyonel iskemi varlığı ile ilişkilidir.¹² Dolayısıyla PKG öncesi sorumlu koroner lezyona OCT uygulanması, orta dereceli koroner lezyonlarda girişim gereksiniminin doğru belirlenebilmesi için yararlıdır. Ayrıca, yine OCT kronik total oklüzyonlara yapılan PKG'de diseksiyon bölgelerinin görülüp, doğru mikrokanalın bulunmasını sağlayarak işlem başarısını artırabilmektedir.¹³ Diğer taraftan, kompleks lezyonların başında gelen koroner bifurkasyon lezyonlarının PKG ile tedavisinde OCT birçok aşamada faydalı bilgiler verebilmekte ve işlemin başarı olasılığını artırabilmektedir.¹⁴ Şöyle ki; bifurkasyon lezyonlarında OCT kullanılarak lezyonun uzunluğunun doğru bir şekilde ölçülmesi, distal-proksimal referans damar çaplarının belirlenmesi, yan dal ostiumunun başarılı bir şekilde değerlendirilmesi, ayrıca ana dal ve/veya yan dal stentlendikten sonra tekrar yan dala tel ile geçiş için uygun yerin belirlenmesi mümkün olmaktadır.¹⁴ Ayrıca implantasyon sonrası özellikle malapozisyon, yetersiz açılma, kenar diseksiyonu gelişimi, strut fraktürü, trombüs gelişmesi gibi komplikasyonların tespit ve tedavisinde de OCT önemli rol oynamaktadır.¹⁴



RESİM 3: Optik koherens tomografi ile eksantrik aterosklerotik plakla ilgili neden olduğu koroner darlığın stenoz alan yüzdesi hesaplanarak ciddiyetinin değerlendirilmesi (Beyaz oklar lipid içeriğinden zengin plak bölgelerini göstermektedir).

PERKÜTAN KORONER GİRİŞİM SONRASI OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ

Koroner arterlere stent implantasyonu sonrasında OCT uygulanması; stent implantasyonunun optimal hâle getirilmesi için son derece yararlıdır.

STENT MALAPOZİSYONU

Stent implantasyonu sonrası OCT ile stent malapozisyonu varlığı başarılı bir şekilde gösterilmektedir. Stent malapozisyonu; stentin dış yüzeyi ile damar duvarının luminal iç sınırı arasındaki mesafenin; stentin strut ve polimer kalınlığının toplamından daha fazla olması olarak tanımlanmaktadır.¹⁵ Özellikle büyük stent malapozisyonları stent trombozu ve stentin lümenal yüzeyinin iyileşmesinin gecikmesi riskini artırmaktadır.^{1,16,17} Stent apozisyonunun değerlendirilmesinde OCT en güvenilir yöntem olarak karşımıza çıkmakta ve bu konuda İVUS'den üstün görünmektedir.^{1,17} Dolayısıyla stent implantasyonu sonrası OCT ile değerlendirme, malapozisyonun saptanmasını ve gerekirse stente uygun çapta bir balonla post dilatasyon yapılarak malapozisyonun ortadan kaldırılmasına olanak tanımaktadır. Böylece stent trombozu gibi olası stent komplikasyonları riski azaltılmış olmaktadır.

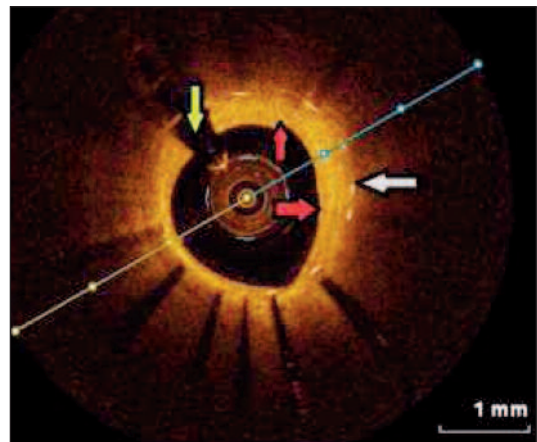
STENT AÇIKLIĞININ, STENT STRUT KAPLANMASININ VE VASKÜLER HASARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Stent implantasyonunun optimal hâle getirilmesinde stent açıklığının yeterince sağlanması da oldukça önemlidir. Stentin yetersiz açılması; minimal stent alanının; nominal stent alanı veya referans damar alanından düşük olması olarak tanımlanmaktadır.¹ Dolayısıyla OCT ile stentin yetersiz açılması, gerekli ölçümlerin yapılması ve yüksek çözünürlüğü sayesinde saptanarak, stentin yetersiz açılmasına müdahale edilmesine olanak tanımaktadır.

Optimal stent implantasyonunun bir diğer önemli komponenti, stent strutlarının yeterince neointimal hücreleri doldurulacak şekilde damar duvarındaki dokuyu kaplamasıdır. Eğer strutlar luminal yüzeye belirgin protrüde olurlarsa bu bölgeler endotelial hücreler tarafından kaplanması

gececektir. Bilindiği gibi, ilaç salınımlı stentler ile ilgili önemli bir sorun geç stent trombozu riskidir ve yetersiz stent strut kaplanması stent trombozu riski artırmaktadır.¹⁸ Stent implantasyonu sonrası OCT ile yeterli doku kaplanmasının değerlendirilmesi başarılı şekilde yapılabilmektedir.

Stent implantasyonu sonrası özellikle diseksiyon veya mikrodiseksiyon gelişebilmektedir.¹ Stent implantasyonu gelişen diseksiyonlar genelde kenar diseksiyonları şeklinde gelişmektedir. Özellikle koroner anjiyografi veya İVUS ile saptanmayan, stent implantasyonu sonrası gelişen diseksiyon ve mikrodiseksiyonları OCT, yüksek çözünürlüğü sayesinde başarı ile göstermektedir.^{1,19-21} Önemli görülürse bu kenar diseksiyonları yeni bir çakışan stent implantasyonu ile başarıyla tedavi edilebilmektedir. Diğer taraftan, implantasyon sonrası OCT yapıldığında stent içerisinden lümeneye doğru uzanan doku prolapsusları da saptanabilmektedir.²² Fakat doku prolapsusunun klinik önemi net değildir. Stent implantasyonu sonrası; luminal doku prolapsusu veya kenar diseksiyonu saptanan hastaların OCT ile yapılan altı-sekiz aylık izlemlerinde büyük bir oranda iyileşme saptanmıştır.²² Bütün bu verilere bakıldığında OCT; stent işlemi sonrası olası komplikasyonların tanısı, tedavisi ve uzun süreli izleminde faydalı olmaktadır.



RESİM 4: Stent içi daralmaya yol açan neointimal hiperplazi bölgeleri (kırmızı oklar), saat 11 hizasında kılavuz tel arterfaktına bağlı gölgelenme (yeşil ok), saat 3 hizasında stent strutu izlenmektedir (beyaz ok).

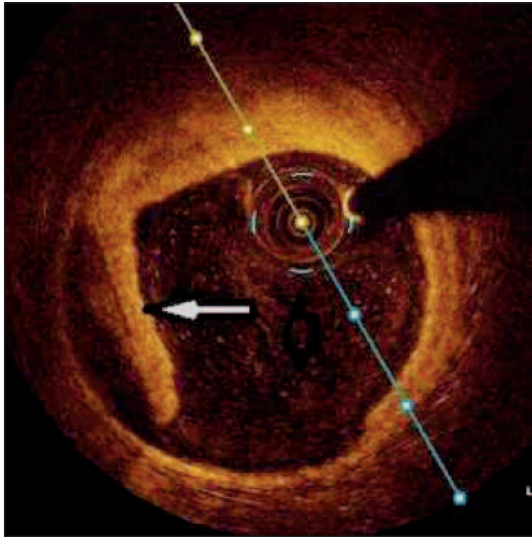
STENT İMPLANTASYONU SONRASI İZLEMDE OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ

Stent implantasyonu sonrası uzun süreli izlemde OCT yapılması; stent restenozu tanısı koymada yararlı olmaktadır. Ayrıca, restenozun olası mekanizmaları hakkında da OCT önemli ipuçları verebilmektedir. Neointimal hiperplazi (Resim 4) stent içi restenozun en sık görülen bulgusudur. Stent içi restenoz bölgeleri İVUS ile değerlendirildiğinde homojen görülürken, OCT ile değerlendirildiğinde değişik şekillerde görülebilmektedir.^{2,23} Gonzalo ve ark., stent içi restenozları OCT ile değerlendirdikleri bir çalışmada; restenoz bölgelerinde bulunan neointimal dokunun homojen, heterojen veya tabakalı şekilde görüldüğünü göstermişlerdir.^{2,24} Bu durum, neointimal hiperplazinin olası nedeninin ve patogenezinin çeşitli varyasyonlar gösterdiğini düşündürmektedir. Diğer taraftan, stent içi restenozda önemli rol oynadığı düşünülen bir diğer önemli histopatolojik bulgu neoaterosklerozdur. Neoateroskleroz; histopatolojik olarak köpük makrofaj hücrelerinin neointimal dokuda izlendiği, aynı zamanda nekrotik lipit çekirdeğinde eşlik edebildiği neointimal dokudaki aterosklerotik değişiklikler olarak tanımlanmaktadır.²⁵ Neoateroskleroz hem ilaç salınlı stent hem de çıplak metal stent implantasyonu sonrası gelişebilmektedir.² Stent içi restenozda neden olan neoaterosklerotik bölgeler OCT ile değerlendirildiğinde; lipit içerikli veya kalsifik neointima olarak iki şekilde izlenmektedir.² Lipidik neointima; difüz sınırlı, üzerinden sinyalden zengin bantlar geçen, sinyalden fakir bölgeler olarak izlenirken, kalsifik neointima ise daha düzgün ve özellikle keskin sınırları olan sinyalden fakir bölgeler olarak tanımlanmıştır.^{2,26} Nakazawa ve ark., yaptıkları bir çalışmada, ilaç salınlı stent takılan hastalarda çıplak metal stent takılan hastalara göre neoaterosklerozun daha erken dönemde gelişebildiğini göstermişlerdir.²⁵ Bu durum, ilaç salınlı stentlerin endotelizasyonun tamamlanmasını geciktirmesinden kaynaklanabilir.²⁷ Özellikle stent içi tekrar daralmanın önemli bir nedeni olan neoateroskleroz gelişimi; hastalarda stabil anjinaya veya ince fibröz kapsülü varsa rüptüre olarak AKS ve stent trombozu gelişimine yol açabilmektedir.² Yonetsu

ve ark., OCT ile yaptıkları bir çalışmada, stent implantasyonu sonrası neoateroskleroz gelişimi risk faktörleri ile nativ koroner arter hastalığı risk faktörlerini benzer bulmuşlardır.²⁸ Bu durumda neoaterosklerozun nativ koroner arter hastalığı gibi tedavi edilmesi düşünülebilir. Fakat neoateroskleroz stent implantasyonu sonrası ortaya çıkan yeni bir hastalıktır ve patogenezinin daha iyi anlaşılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla OCT, yüksek çözünürlüğü sayesinde neoateroskleroz tanısını koymada ve bu bölgelerin içeriği hakkında fikir vermede en kullanışlı koroner arter içi görüntüleme yöntemi olarak durmaktadır. Bütün bu veriler ışığında, neoateroskleroz konusunda yapılacak olan klinik ve deneysel çalışmalarda OCT'nin önemli rol oynayacağı düşünülebilir.

AKUT KORONER SENDROMDA OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ

AKS hastalarında OCT; yüksek uzaysal çözünürlüğü sayesinde koroner anjiyografi ile değerlendirilemeyen plak morfolojisinin değerlendirilmesinde ve koroner içi trombüsün gösterilmesinde diğer koroner arter içi görüntüleme yöntemlerine göre üstün görünmektedir.¹ Dolayısıyla plak morfolojisinin değerlendirilmesi AKS patogenezi hakkında bize fikir verecektir.¹ Jang ve ark., AKS hastalarında yaptıkları bir OCT çalışmasında; STEMI hastalarının %72'sinde, NONSTEMI hastalarının %50'sinde, stabil anjina pektorisi olan hastaların %20'sinde ince başlıklı fibroaterom plağı saptamışlardır.²⁹ Kubo ve ark., AKS geçiren hastalarda sorumlu lezyon morfolojisini değerlendirmede OCT, İVUS ve koroner anjiyoskopi karşılaştırmışlardır.³⁰ Bu çalışmanın sonucunda OCT ile plak rüptürü (Resim 5) %73 oranında saptanırken; koroner anjiyoskopi ile %47, İVUS ile sadece %40 oranında saptanabilmiştir.³⁰ Ayrıca, fibröz şapka erozyonunu göstermede OCT diğer iki görüntüleme modalitesine göre üstün bulunmuştur.³⁰ Diğer taraftan yine OCT; AKS gelişiminde önemli rol oynayan ince başlıklı fibroaterom plağını %83 oranında saptama başarısını göstermiştir.³⁰ Yine, plak rüptürünün önemli bir belirleyicisi olan fibröz şapka kalınlığını ölçmede başarılı tek yöntem olmuştur.³⁰ Ayrıca, koroner arter içi trombüsü



RESİM 5: Saat 9 hizasında rüptüre olmuş aterosklerotik plak izlenmektedir (beyaz ok).

OCT %100 oranında gösterirken; İVUS ile sadece %33 oranında koroner arter içi trombüs saptanabilmiştir.³⁰ Bu çalışmanın sonucunda OCT; plak rüptürünü, fibröz şapka erozyonunu, ince başlıklı fibroaterom plağını ve koroner içi trombüsü göstermede diğer klasik görüntüleme yöntemlerine üstün bulunmuştur.³⁰ Bütün bu veriler, AKS hastalarında OCT'nin aterosklerotik plağın morfolojisinin ve plak instabilitesinin nedeninin belirlenmesinde faydalı olduğunu göstermektedir.

OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİNİN KISITLILIKLARI

Günlük uygulamada OCT'nin en önemli kısıtlılığı; OCT ile görüntü alınırken koroner arterin kontrast madde veya salin ile tam doldurularak kan akımının kesilmesi gerekliliğidir. Çünkü eritrositler kırmızı renkli olduğu için OCT ile görüntüleme artefakta neden olmaktadır. Bu yüzden OCT; sol ana koroner lezyonlarının, osteal koroner lezyonların, OCT kateterinin geçmesinin mümkün olmadığı çok ciddi koroner darlıkların ve kronik total oklüzyonların değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır.^{17,31} Ayrıca, OCT'nin aksiyel penetrasyon yeteneği 2 mm'den fazla olmadığı için damar çapını belirlemede ve özellikle dışı doğru olan arteriyel yeniden yapılanmayı değerlendirmede de

yetersiz kaldığı bilinmektedir.¹⁷ Diğer taraftan OCT'nin İVUS'ye göre kullanımı; kaliteli görüntü elde etmek için kan akımını kontrast enjeksiyonu ile kesmek gerektiğinden daha zordur. Fakat frekans alanlı (FD) OCT'nin ve otomatik geri çekme sisteminin geliştirilmesi ile OCT uygulaması, zaman alanlı (TD) OCT'ye göre daha kolaylaştırılmıştır. Bir diğer kısıtlılık olarak, OCT uygulamasında karanlık bölgeler olarak görülen; fibrin birikimi olan, artmış inflamatuvar yanıt olan veya ekstraselüler matriks açısından zengin bölgelerin OCT uygulaması ile birbirinden net olarak ayrılmasıdır.²

GELECEKTE OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ

Girişimsel kardiyoloji pratiğinde OCT'nin kullanılma sıklığının giderek artacağı düşünülmektedir. Son olarak üç boyutlu OCT teknolojisinin geliştirilmesi ile özellikle kompleks bifurkasyon lezyonlarının PKG ile başarılı olarak tedavi edilmesinde OCT faydalı bilgiler sunmaktadır.³² Özellikle üç boyutlu OCT ile koroner arter anatomisi ve stent geometrisi başarılı bir şekilde değerlendirilerek bifurkasyon lezyonlarında stentler optimal hâle getirilebilmektedir.³² Diğer taraftan, üç boyutlu OCT'nin yazılımının daha da geliştirilerek otomatik olarak stent strut tespiti yapabilmesi, hacimsel çizimlerin ve üç boyutlu yeniden yapılandırmanın daha da geliştirilmesi beklenmektedir.³³ Ayrıca, OCT kateterinin otomatik geri çekilme hızının artırılarak OCT çözünürlüğünün daha da yükseltilmesi ve kalp hareketlerinden kaynaklanan artefaktların azaltılması da beklenmektedir.³³ Yine iki ve üç boyutlu OCT teknolojisinin daha da geliştirilmesi ile OCT çözünürlüğünün 1-2 μm 'ye kadar düşürülmesi ile mikroskopik OCT'den bahsedilmektedir.^{33,34} Böylece mikroskopik OCT ile hücrelerin veya hücre içi yapıların incelenmesi mümkün olacaktır.³⁴ Mikroskopik OCT'nin deneysel veya klinik araştırmalarda kullanılmasıyla, özellikle ateroskleroz ve AKS patogenezinin daha iyi aydınlatılmasında faydalı olacağı düşünülmektedir.³³ Diğer taraftan OCT sadece koroner girişimlerde değil, periferik arteriyel girişimlerde de kullanım alanı bulmaktadır.³⁵ Özellikle OCT kıla-

vuzluğunda yapılan yüzeysel femoral arter lezyonlarının perkütan girişimle tedavisi iyi sonuçlar vermiştir.³⁵ Gelecekte periferik arter hastalığının perkütan girişimle tedavisinde de OCT'nin daha yaygın olarak kullanılması beklenmektedir.

SONUÇ

Girişimsel kardiyoloji pratiğinde damar içi görüntülemenin önemi giderek artmaktadır. Mevcut

damar içi görüntüleme yöntemlerinden OCT yüksek çözünürlük avantajına sahiptir. Dolayısıyla gerek PKG öncesi gerek PKG sonrası OCT'nin kullanılması koroner lezyonların optimal tedavisi için faydalı olmaktadır. Diğer taraftan, OCT teknolojisindeki gelişmeler ile hücresel yapıların incelenmeye başlaması sadece tanı ve tedavi amacıyla değil, araştırma amacıyla da OCT'nin yaygın olarak kullanılacağını düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- Gutiérrez-Chico JL, Alegría-Barrero E, Teijeiro-Mestre R, Chan PH, Tsujioka H, de Silva R, et al. Optical coherence tomography: from research to practice. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012;13(5):370-84.
- Lee SY, Hong MK. Stent evaluation with optical coherence tomography. *Yonsei Med J* 2013;54(5):1075-83.
- Regar E, Ligthart J, Bruining N, van Soest G. The diagnostic value of intracoronary optical coherence tomography. *Herz* 2011;36(5):417-29.
- Manfrini O, Mont E, Leone O, Arbustini E, Eusebi V, Virmani R, et al. Sources of error and interpretation of plaque morphology by optical coherence tomography. *Am J Cardiol* 2006;98(2):156-9.
- Tearney GJ, Yabushita H, Houser SL, Aretz HT, Jang IK, Schlerdorf KH, et al. Quantification of macrophage content in atherosclerotic plaques by optical coherence tomography. *Circulation* 2003;107(1):113-9.
- Regar E, van Beusekom HM, van der Giessen WJ, Serruys PW. Images in cardiovascular medicine. Optical coherence tomography findings at 5-year follow up after coronary stent implantation. *Circulation* 2005;112(23):e345-6.
- Kume T, Akasaka T, Kawamoto T, Ogasawara Y, Watanabe N, Toyota E, et al. Assessment of coronary arterial thrombus by optical coherence tomography. *Am J Cardiol* 2006;97(12):1713-7.
- Kato K, Yasutake M, Yonetsu T, Kim SJ, Xing L, Krattlian CM, et al. Intracoronary imaging modalities for vulnerable plaques. *J Nippon Med Sch* 2011;78(6):340-51.
- Virmani R, Kolodgie FD, Burke AP, Farb A, Schwartz SM. Lessons from sudden coronary death: a comprehensive morphological classification scheme for atherosclerotic lesions. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000;20(5):1262-75.
- Briguori C, Anzuini A, Airolidi F, Gimelli G, Nishida T, Adamian M, et al. Intravascular ultrasound criteria for the assessment of the functional significance of intermediate coronary artery stenoses and comparison with fractional flow reserve. *Am J Cardiol* 2001;87(2):136-41.
- Gonzalo N, Serruys PW, García-García HM, van Soest G, Okamura T, Ligthart J, et al. Quantitative ex vivo and in vivo comparison of lumen dimensions measured by optical coherence tomography and intravascular ultrasound in human coronary arteries. *Rev Esp Cardiol* 2009;62(6):615-24.
- Reith S, Battermann S, Hellmich M, Marx N, Burgmaier M. Correlation between optical coherence tomography-derived intraluminal parameters and fractional flow reserve measurements in intermediate grade coronary lesions: a comparison between diabetic and non-diabetic patients. *Clin Res Cardiol* 2015;104(1):59-70.
- Teijeiro Mestre R, Alegría-Barrero E, Di Mario C. Microchannels in recent chronic total occlusions assessed with frequency-domain optical coherence tomography. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2013;66(11):907.
- Holm NR, Adriaenssens T, Motreff P, Shinke T, Dijkstra J, Christiansen EH. OCT for bifurcation stenting: what have we learned? *EuroIntervention* 2015;11 Suppl V:V64-70.
- Bezerra HG, Costa MA, Guagliumi G, Rollins AM, Simon DI. Intracoronary optical coherence tomography: a comprehensive review clinical and research applications. *JACC Cardiovasc Interv* 2009;2(11):1035-46.
- Finn AV, Nakazawa G, Joner M, Kolodgie FD, Mont EK, Gold HK, et al. Vascular responses to drug eluting stents: importance of delayed healing. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2007;27(7):1500-10.
- Kubo T, Tanaka A, Kitabata H, Ino Y, Tanimoto T, Akasaka T. Application of optical coherence tomography in percutaneous coronary intervention. *Circ J* 2012;76(9):2076-83.
- Terashima M, Kaneda H, Suzuki T. The role of optical coherence tomography in coronary intervention. *Korean J Intern Med* 2012;27(1):1-12.
- Shin ES, Garcia-Garcia HM, Okamura T, Wykrzykowska JJ, Gonzalo N, Shen ZJ, et al. Comparison of acute vessel wall injury after self-expanding stent and conventional balloon-expandable stent implantation: a study with optical coherence tomography. *J Invasive Cardiol* 2010;22(9):435-9.
- Gonzalo N, Serruys PW, Okamura T, Shen ZJ, Onuma Y, Garcia-Garcia HM, et al. Optical coherence tomography assessment of the acute effects of stent implantation on the vessel wall: a systematic quantitative approach. *Heart* 2009;95(23):1913-9.
- Gonzalo N, Serruys PW, Okamura T, Shen ZJ, Garcia-Garcia HM, Onuma Y, et al. Relation between plaque type and dissections at the edges after stent implantation: an optical coherence tomography study. *Int J Cardiol* 2011;150(2):151-5.
- Yonetsu T, Bouma BE, Kato K, Fujimoto JG, Jang IK. Optical coherence tomography- 15 years in cardiology. *Circ J* 2013;77(8):1933-40.
- Jegere S, Narbutė I, Erglis I. Use of intravascular imaging in managing coronary artery disease. *World J Cardiol* 2014;6(6):393-404.
- Gonzalo N, Serruys PW, Okamura T, van Beusekom HM, Garcia-Garcia HM, van Soest G, et al. Optical coherence tomography patterns of stent restenosis. *Am Heart J* 2009;158(2):284-93.
- Nakazawa G, Otsuka F, Nakano M, Vorpahl M, Yazdani SK, La-dich E, et al. The pathology of neoatherosclerosis in human coronary implants bare-metal and drug-eluting stents. *J Am Coll Cardiol* 2011;57(11):1314-22.
- Prati F, Regar E, Mintz GS, Arbustini E, Di Mario C, Jang IK, et al. Expert review document on methodology, terminology, and clinical applications of optical coherence tomography: physical principles, methodology of image acquisition, and clinical application for assessment of coronary arteries and atherosclerosis. *Eur Heart J* 2010;31(4):401-15.
- Yonetsu T, Kim JS, Kato K, Kim SJ, Xing L, Yeh RW, et al. Comparison of incidence and time course of neoatherosclerosis between bare metal stents and drug-eluting stents using optical coherence tomography. *Am J Cardiol* 2012;110(7):933-9.
- Yonetsu T, Kato K, Kim SJ, Xing L, Jia H, McNulty I, et al. Predictors for neoatherosclerosis: a retrospective observational study from the optical coherence tomography registry. *Circ Cardiovasc Imaging* 2012;5(5):660-6.
- Jang IK, Tearney GJ, MacNeill B, Takano M, Moselewski F, Iftima N, et al. In vivo characterization of coronary atherosclerotic plaque by use of optical coherence tomography. *Circulation* 2005;111(12):1551-5.
- Kubo T, Imanishi T, Takarada S, Kuroi A, Ueno S, Yamano T, et al. Assessment of culprit lesion morphology in acute myocardial infarction: ability of optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2007;50(10):933-9.
- Ferrante G, Presbitero P, Whitbourn R, Barlis P. Current applications of optical coherence tomography for coronary intervention. *Int J Cardiol* 2013;165(1):7-16.
- Ligthart JM, Diletti R, Witberg K, Schultz C. Three-dimensional optical coherence tomography for guidance of complex percutaneous coronary interventions. *JACC Cardiovasc Interv* 2014;7(1):102-3.
- Farooq V, Gogas BD, Okamura T, Heo JH, Magro M, Gomez-Lara J, et al. Three-dimensional optical frequency domain imaging in conventional percutaneous coronary intervention: the potential for clinical application. *Eur Heart J* 2013;34(12):875-85.
- Liu L, Gardecki JA, Nadkarni SK, Toussaint JD, Yagi Y, Bouma BE, et al. Imaging the subcellular structure of human coronary atherosclerosis using micro-optical coherence tomography. *Nat Med* 2011;17(8):1010-4.
- Marmagkiolis K, Lendel V, Leeser MA, Feldman MD, Cilingiroglu M. Use of optical coherence tomography during superficial femoral artery interventions. *J Invasive Cardiol* 2014;26(5):220-3.