



Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

Editör
Murat Kazım Eranlı



iuc-universitypress.org

IUC
UNIVERSITY
PRESS

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

Bu kitap Cumhuriyetimizin kuruluşunun 100. yılı anısına “Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap Projesi” kapsamında İstanbul Üniversitesi–Cerrahpaşa tarafından yayımlanmıştır.

Editör
Murat Kazım Eranlı

Aralık 2024



Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

Editör: Murat Kazım Ersanlı 

Kurum: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü,
Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: muratkazim.ersanli@iuc.edu.tr
mersanli@gmail.com

Yayıncı



Adres: Üniversite Mahallesi, 34320 İstanbul/Türkiye

E-posta: iucpress@iuc.edu.tr

E-ISBN: 978-625-95363-9-2

DOI: 10.5152/4800

İstanbul Üniversitesi–Cerrahpaşa Üniversite Yayınevi Seri No: 85

Yayıncılık Hizmetleri




© 2024. Telif hakkı yazarlara aittir. Bu kitaptaki bölümler açık erişimli olup Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı altında dağıtılmaktadır. Bu lisans kullanıcılara, bölümleri herhangi bir amaç için indirme, çoğaltma ve yayımlanan bölümler üzerinde çalışma imkânı sunar. Böylece yayınlarımızın en geniş şekilde yayılmasını ve daha geniş bir etkiye sahip olmasını sağlar.

Sorumluluk Reddi

Kitapta yayımlanan metinlerin/bölümlerin ifadeleri veya görüşleri yazar(lar)ın ve editör(ler)in görüşlerini yansıtır. İÜC Üniversite Yayınevi ve İstanbul Üniversitesi–Cerrahpaşa yazarların içeriğinden sorumlu değildir. Yayımlanan kitaplardaki çalışmaların doğru ve iyi araştırılmış olması ve metinlerde ifade edilen görüşlerin tutarlılığı yazar ve editörlerin sorumluluğundadır. İÜC Üniversite Yayınevi ve İstanbul Üniversitesi–Cerrahpaşa, yazarlara çalışmalarını bilimsel toplulukla paylaşmak için bir platform sağlamaktadır.

Atıf için: Ersanlı M, (Ed.) *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler*. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024.


YAZARLAR

Ahmet Büyük 


Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, Gaziantep, Türkiye

Ahmet Yıldız 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyolojik Temel Bilimler Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Alev Arat Özkan 

Koç Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Barış Ökcün 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Bengisu Keskin Meric 


Kırklareli Babaeski Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, Kırklareli, Türkiye

Cem Bostan 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

Cüneyt Koçaş


Biruni Üniversitesi, Tıp Fakültesi Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

Doğaç Ökşen 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Gülsüm Bingöl 

Memorial Bahçelievler Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

Gürsü Demirci 


Düzce Akçakoca Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

Hasan Ali Barman 


İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Khayel Mirzayev 

Koç Üniversitesi Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul

Mehmet Tugay Yumuk 


Siirt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

Murat Kazım Ersanlı 


İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Mustafa Yıldız 


İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Okay Abacı 


Biruni Üniversitesi, Tıp Fakültesi Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

Ömer Doğan 


İstinye Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

Sait Mesut Doğan 


İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Serhan Özyıldırım 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Ümit Yaşar Sinan 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Prevatif ve Epidemiyolojik Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Veysel Oktay 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Prevatif ve Epidemiyolojik Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

İÇİNDEKİLER

| | | | |
|--|------|--|-----|
| REKTÖRÜN ÖN SÖZÜ | VIII | Bölüm 2. Koroner Girişim | 59 |
| ÖN SÖZ | IX | 2.1. Kılavuz Teller ve Koroner Balonlar | 60 |
| GİRİŞ | X | Ömer Doğan, Cüneyt Koçaş | |
| Bölüm 1. Diyagnostik Kateterizasyon | 1 | 2.2. Koroner Stentler | 66 |
| 1.1. Kateterizasyon Hazırlık – İşlem Öncesi Dikkat | | Ömer Doğan, Okay Abacı | |
| Edilmesi Gerekenler | 2 | 2.3. Girişimde Özel Ekipmanlar (Atekektomi, | |
| Serhan Özyıldırım, Murat Ersanlı | | Mikrokateterler, Cutting Balon) | 73 |
| 1.2. Kateter Laboratuvarının Temel Yapısı, | | Bengisu Keskin Meriç, Veysel Oktay | |
| Radyasyon Güvenliği | 6 | 2.4. Koroner Anjiyoplastide Temel Bilgiler | 86 |
| Hasan Ali Barman, Mustafa Yıldız | | Ümit Yaşar Sinan, Sait Mesut Doğan | |
| 1.3. Ponksiyon ve Kapatma Teknikleri | 16 | 2.5. Akut Koroner Sendromlarda Girişim | 90 |
| Doğaç Ökşen, Veysel Oktay | | Cem Bostan | |
| 1.4. Kılavuz Kateterler ve Teller | 24 | 2.6. Stent Restenozu Oluşumu ve Tedavisi | 95 |
| Ümit Yaşar Sinan | | Ümit Yaşar Sinan, Alev Arat Özkan, | |
| 1.5. Sağ Kalp Kateterizasyonu ve Kardiyak | | 2.7. Stent Trombozu Oluşum ve Tedavisi | 102 |
| Hemodinami | 28 | Hasan Ali Barman, Mustafa Yıldız | |
| Ümit Yaşar Sinan | | 2.8. Kalsifik Lezyonlara Yaklaşım | 109 |
| 1.6. Koroner Anjiyografi | 36 | Mehmet Tugay Yumuk, Okay Abacı | |
| Cem Bostan | | 2.9. Sol Ana Koroner Arter Lezyonlarında | |
| 1.7. Koroner Damarlarda Fonksiyonel | | Girişim | 115 |
| Değerlendirme Teknikleri | 42 | Ahmet Büyük, Ahmet Yıldız | |
| Serhan Özyıldırım, Gülsüm Bingöl, Barış Ökçün | | 2.10. Bifürkasyon Lezyonları | 124 |
| 1.8. Koroner Damarlarda Anatomik | | Barış Ökçün, Gülsüm Bingöl, Murat Ersanlı | |
| Değerlendirme Teknikleri | 49 | Ahmet Büyük, Ahmet Yıldız | |
| Khayel Mirzayev, Ahmet Yıldız | | 2.11. Kronik Total Oklüzyon | 139 |
| | | Cüneyt Koçaş, Murat Ersanlı | |
| | | 2.12. Perkütan Girişim Komplikasyonları | 148 |
| | | Gürsu Demirci, Veysel Oktay, Sait Mesut Doğan | |

REKTÖRÜN ÖN SÖZÜ

Türk milletinin bağımsızlık mücadelesi, 29 Ekim 1923'te Cumhuriyetin ilanı ile taçlanmıştır. Dünya tarihine altın harflerle kazınan büyük bir mücadele sonucu elde edilen şanlı zafer, Türk milletinin hür ve bağımsız yaşama kararlılığı ile çıktığı yolda; inanç, cesaret, güven ve sınırsız fedakârlıkla gösterdiği eşsiz kahramanlıkların eseridir. Egemenliğin kayıtsız şartsız millete teslim edildiği Türkiye Cumhuriyeti, Millî Mücadele'mizin önderi Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün milletimize en büyük armağanıdır.

Cumhuriyetin kazanımlarını koruma ve milletimizin muasır medeniyetler seviyesine ulaşma hedefinde, eğitim ve bilim her zaman en büyük rehberdir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesinde ise en büyük sorumluluk kuşkusuz üniversitelere düşmektedir.

Ülkemizin köklü ve öncü üniversiteleri arasında yer alan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa; bilimsel yaklaşımı benimseyen, bilgi üreten ve uygulamalarıyla toplumun gelişmesine katkıda bulunmayı ilke edinen bir araştırma üniversitesidir. Cumhuriyet değerlerine bağlı bir yükseköğretim kurumu olarak Cumhuriyetimizin 100. yılına ithafen akademisyenlerimizin iş birliğiyle "*Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap*" projesini hayata geçiriyoruz. Proje kapsamında, akademisyenlerimizin kendi uzmanlık alanlarıyla ilgili kaleme aldıkları ve "İÜC Üniversite Yayınevi" tarafından basılan kitaplar, açık erişimle tüm toplumun faydasına sunulmaktadır. Sağlıktan mühendisliğe, sosyal bilimlerden eğitime kadar pek çok alanda hazırlanan 100 kitap; eğitim-öğretim materyali, ders kitabı olarak kullanılabileceği gibi araştırma geliştirme kapsamında yararlanılacak kaynak olarak da kullanılabilecek nitelikteki kitaplardan oluşmaktadır.

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa olarak köklü geçmişimizden aldığımız güçle Cumhuriyetimizi nice yüzyıllara taşımak için var gücümüzle çalışmaya ve üretmeye devam ediyor, 100. yılını kutladığımız Cumhuriyet'in kurulmasında emeği geçen tüm kahramanlara adadığımız "*Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap*" projemizi; tüm akademisyenlerin, öğrencilerin ve araştırmacıların kullanımına sunuyoruz.

Rektör
Prof. Dr. Nuri AYDIN
29 Ekim 2023

ÖN SÖZ

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Kardiyoloji Enstitüsü Girişimsel Kardiyoloji Grubu olarak **“Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler”** kitabını yazmanın kıvancı ve mutluluğu içindeyiz.

Bu, aslında Türkiye’de koroner arter hastalıklarının tanı ve tedavisinde kardiyak kateterizasyondan girişime uzanan uzun ve dinamik bir yolun her aşamasında çok önemli rol oynamış ve çoğu zaman da öncü olmuş Kardiyoloji Enstitüsü için geç kalınmış bir proje.

Yıllar evvel ilk subklavian ven ponksiyonu, sağ kalp kateterizasyonu, koroner kateterizasyondan başlayan deneyimiz giderek büyüyerek artmış; birçok yeni ve gelişen koroner ve yapısal kardiyak girişimlere imza atılmıştır. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Kardiyoloji Enstitüsü ; verdiği büyük sağlık hizmetinin yanında, birçok önemli akademik çalışmaların yapıldığı, ve halen pek çok önemli merkezlerde çalışan çok sayıda değerli girişimsel kardiyoloğun yetiştiği ana merkez olarak yerini korumuştur.

Girişimsel kardiyoloji, içerdiği başlıklar olarak uluslararası kardiyoloji literatüründe çok geniş bir yer tutmaktadır. Ancak uygulanan tekniklerdeki hızlı değişimler her geçen gün hızla yenilenmektedir. Bu hususta yazılan Türkçe kaynak sayısı ise yetersizdir. Teorik ve teknik bilgilerin yanı sıra kendi deneyim ve tecrübelerimizin de yer aldığı, girişimsel kardiyoloji kitabını hazırlamak ve bunu 2023 Cumhuriyetin kuruluşunun 100. yılında İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa tarafından hazırlanan ‘100 yılda 100 kitap projesi’ne dahil etmek bizleri onurlandırmıştır. Bu hususta bizleri teşvik eden, ve yardımlarını esirgemeyen İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Rektörlüğüne teşekkür ediyoruz.

Kitap ilk bölümünde tanısal kateterizasyon konularının , ikinci bölümünde girişimsel işlemlerin açıklandığı iki bölümde hazırlanmıştır. Ana hedefimiz koroner girişimsel kardiyolojiyi tanısı ile temelinden itibaren ele alıp; laboratuvarımızın deneyim ve birikiminden de yararlanarak teknik girişimleri; endikasyonlar, işlemler ve komplikasyonları ile bir bütün olarak anlatmaktır.

Ana hatları ile genel yazılım kurallarına dikkat edilmeye çalışılmakla beraber; yazarlar kendi üsluplarında serbest davranmışlardır. Türkçeleştirilme konusunda azami özen gösterilmeye gayret edilmiş, uluslararası literatürde olduğu gibi yerli literatürümüzde de yerleşmiş bazı terimlere ve kısaltmalara kısıtlama konulmamıştır.

Kitap koroner hastalıklar girişimsel işlemlerini sistematik bir güzelgahta ele almıştır. Her konu kendi içinde alanında deneyimli hocalarımız ve arkadaşlarımız tarafından titizlikle yazılmıştır, Emekleri ve katkılarından dolayı kendilerine teşekkür ediyoruz. Dinamiği hızla değişen girişimsel koroner kardiyoloji kitabının güncellenmesi ve girişimsel yapısal kardiyoloji kitabının yazılması için şimdiden çok hevesliyiz.

Genel kardiyoloji ve girişimsel kardiyolojinin her aşamasında bir başvuru ve referans kitabı olarak amaçladığımız kitabımızın kardiyoloji camiasına yararlı olması , ışık tutması bizleri çok mutlu kılacak; ilerde daha büyük projeleri hazırlamamızda bizlere şevk verecektir.

Kitabımızı, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Haseki Tedavi Kliniğinden, günümüz İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Kardiyoloji Enstitüsüne yürüyen yolda emeği geçen tüm hocalarımıza ve arkadaşlarımıza ithaf etmek istiyoruz.

Saygılarımızla...

Prof. Dr. Murat Kazım ERSANLI

GİRİŞ

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler' Kitabı İ.Ü.C. Kardiyoloji Enstitüsü Kateterizasyon ve Hemodinami Laboratuvarında çalışan Hocalarımızın, kendi deneyimlerini devamlı gelişen girişimsel kardiyoloji teorik bilgileri ile pekiştirerek yazdıkları bir kitaptır.

İlk bölümde, ana hatları ile temel tanısal konulara yer verilmiştir. Kateterizasyon laboratuvar özelliklerinden başlanarak, hastanın hazırlanması, ponksiyon teknikleri, hemodinami, kullanılan teller ve kateterler ile devam edilmiş, koroner anatomi ile bölüm tamamlanmıştır.

İkinci bölümde ise; koroner girişimler kullanılan materyalleri de kapsayarak, girişim endikasyonları, teknikleri ve komplikasyonları ile ele alınmıştır.

Bu şekilde sistematik bir anlatımla; koroner girişimsel kardiyolojide tanı, teknik ve tedavi alanlarında, birbirini tamamlayan bilgiler bir bütün halinde sunulmaya gayret edilmiştir.

Kitabın güncel kılavuzlara dayanarak, koroner arterlerde girişimleri takip ve tedavi etmkl isteyen herkes için önemli bir kaynak olması hedeflenmiştir.

BÖLÜM 1

DIYAGNOSTİK KATETERİZASYON

BÖLÜM 1.1

KATERİZASYONA HAZIRLIK (İŞLEM ÖNCESİ YAPILMASI GEREKENLER)

Serhan ÖZYILDIRIM
Murat Kazım ERSANLI

Katerizasyona Hazırlık (İşlem Öncesi Yapılması Gerekenler)

Preparation Before Catheterization

BÖLÜM HAKKINDA

Katerizasyon işlemi öncesinde hazırlıklar, başarılı bir müdahale ve komplikasyon riskini azaltmak için kritik öneme sahiptir. Bu bölüm, işlem öncesinde laboratuvar ve ekibin genel hazırlıkları, hastayla ilgili özel hazırlıklar, ilaç yönetimi, tetkikler, kontrast nefropatisi profilaksisi, alerji ve anemi öyküsü gibi konuları kapsamaktadır. Laboratuvarın sertifikalandırılması, ekip üyelerinin deneyimi ve hastanın ayrıntılı değerlendirilmesi, işlemin güvenliğini ve etkinliğini artırmak için gereklidir. Ayrıca, işlem öncesi ilaç yönetimi, profilaksi ve enfeksiyon öncesi önlemler de detaylandırılmıştır. Bu önlemler, işlem sırasında komplikasyonları önlemek ve hasta güvenliğini sağlamak amacıyla uygulanmalıdır.

Anahtar kelimeler: kateterizasyon, laboratuvar hazırlığı, hasta değerlendirmesi, ilaç yönetimi, kontrast nefropatisi, alerji

ABOUT the CHAPTER

Preparation before catheterization is crucial for a successful procedure and reducing the risk of complications. This chapter covers general preparation of the laboratory and team, patient-specific preparations, medication management, tests, contrast nephropathy prophylaxis, allergy considerations, and anemia history. Certification of the laboratory, experience of the team members, and detailed patient assessment are essential to ensure the safety and efficacy of the procedure. Additionally, pre-procedural medication management, prophylaxis, and infection prevention measures are detailed. These precautions aim to prevent complications during the procedure and ensure patient safety.

Keywords: Catheterization, Laboratory preparation, Patient assessment, Medication management, Contrast nephropathy, Allergy

Kardiyak kateterizasyon, invaziv bir işlem olması nedeniyle, hastanın hazırlanmasının ötesinde hem yapılacağı ortamın ve şartların hem de işlemi gerçekleştirecek ekibin gerekli şartlara ve özelliklere haiz olması ve gerekli planlamaların yapılmış olması işlemle ilgili sonuçları etkileyecektir. Bu bölümde, öncelikle işlemin yapılacağı laboratuvar ve işlemi yapacak ekibin genel hazırlık halini etkileyen durumlara, sonrasında da hastayla ilgili hazırlıklara değinilecektir.

Genel Bakış

Diyagnostik ve girişimsel işlemler öncesinde dikkat edilmesi gereken konuların başında işlemin yapılacağı laboratuvar ve işlemi gerçekleştirecek operatörün tecrübesi ve yeterliliği gelmektedir. Her laboratuvarın temel gerekliliklerle ilgili sertifikayı almış olması ve bu sertifikanın iki yılda bir yenilenmesi gereklidir.^{1,2} Kardiyak kateterizasyon laboratuvarının (KKL) vaka hacmini iki yılda bir raporlaması, başarı oranları ve gözlenen hastane içi komplikasyonların dökümanite edilmesi önerilmektedir. KKL hemşirelerinin en az bir yıl kritik bakım deneyimi olmalı ve teknisyenlerle birlikte sürekli eğitim programlarına dahil edilmelidir. Vaka hacmi olarak, KKL için yılda en az 200 PKG her operatörün yılda en az 50 PKG yapması ve bu rakamların 2 yıllık sürenin ortalaması olması gerekmektedir.¹ Primer perkütan koroner girişim (PPKG) ek bilimsel ve teknik beceriler gerektirdiği için, operatörlerin yılda en az 11, merkezin de en az 36 PPKG yapıyor olması gerekmektedir.¹ Primer operatör yeterince deneyimli olmalı kendisine eğitim almakta olan bir hekim ve/veya radyoloji veya kardiyovasküler teknisyen veya hemşire asiste etmelidir. Eğitim alan hekim yoksa bir veya iki KKL çalışanı masada olmalı,



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.



Serhan Özyıldırım ID
Murat Kazım Eranlı ID

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: muratkazim.ersanli@iuc.edu.tr
serhan.ozyildirim@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Eranlı M, Özyıldırım S. Katerizasyon Hazırlık. Eranlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 1-5.

ek olarak iki KKL çalışanı da malzeme akışı, monitörizasyon ve kayıt işlerinde görevli olmalıdır.^{1,2} Primer PKG sırasında üç hekim-dışı çalışan görevli olmalıdır. Hasta-hemşire oranı önemli olup, sedasyon uygulayan hemşirenin hastayı takip etmesini engelleyecek başka görevleri olmamalıdır. Orta düzeyden daha fazla sedasyon uygulanacaksa anestezi bölümünden ilgili kişi KKLde bulunmalıdır. Hastanın detaylı hikaye ve fizik muayenesi, ayaktan prosedürlerden önceki son 30 gün içinde tamamlanmış ve son 24 saatte güncellenmiş olmalıdır. Yatan hastalar için son 24 saatte CCS (Canadian Cardiovascular Society) anjina sınıfı ve NYHA (New York Heart Association) fonksiyonel kapasite sınıfının tespit edilmiş olduğu bir değerlendirme, son 24 saat içinde yapılmış olmalı, özellikle son 48 saat içinde olmak üzere kullandığı tüm ilaçlar öğrenilmiş, ilişkili komorbiditeleri tespit edilmiş, varsa alerjileri raporlanmış, ayrıca daha önceden havayolu veya sedasyon sorunları yaşayıp yaşamadığı da sorgulanmış olmalıdır.² Fizik muayenede kardiyopulmoner ve vasküler sistem muayenesi eksiksiz yapıldığı gibi, havayolu değerlendirmesi, prosedürü etkileyebilecek ortopedik (örneğin ciddi kifoz gibi) veya nörolojik (hareketsiz yatmayı engelleyecek) sorunlar not edilmelidir. Hastalardan dil, kültürel durumlar ve anlamaya engel oluşturabilecek her türlü engelin ortadan kaldırıldığı sakin ve doğal bir ortamda bilgilendirilmiş onam alınmalı, her merkezin zamanlama, dokümantasyon, vekil karar alıcı ve primer PKG gibi özel durumlarda yapılması gerekenlerle ilgili bilgilerin yer aldığı yazılı kuralları olmalıdır.^{2,3} Hasta onamı ikinci operatör veya ilgili sağlık personeli tarafından alınabilir ancak prosedürle ilgili önemli konuların, primer operatör tarafından hastayla işlem tartışılırken tekrarlanmış olması gereklidir.² Onam formu ve açıklamalar, hastanın kendi dilinde olmalı, faydalar, riskler ve alternatif tedaviler veya tedavi almamanın riski, beklenen sonuç ve komplikasyon ihtimalleriyle birlikte anlatılmalıdır.³ Ayrıca eğer tanısız kateterizasyon sonrasında girişime devam edilmesi mümkün değilse veya merkezde cerrahi destek yoksa, hastayla mevcut alternatifler de konuşulmalıdır. Onam, işlemden önceki 30 gün içinde alınabilir, ancak işlem gününde tekrarlanmalı ve tıbbi kayıtlara işlenmelidir. İdeal olarak, hastayla konuşulan tüm konuların, sorulan soruların ve verilen cevapların, onam alınırken orada bulunan kişilerin dokümanite edilmesi uygun olacaktır.^{3,4} PKG, tanısız kateterizasyonun hemen ardından yapılacaksa, PKG onamı kalp kateterizasyonu için onam alınırken alınmalıdır. Bypass greft girişimi, sol ana koroner, bifurkasyon gibi riskli ve kompleks işlemlerde, diğer revaskülarizasyon prosedürlerine kıyasla PKG belirgin olarak üstün değilse veya anatomik olarak risk fazlaysa (örneğin aşırı tortiyöz ve kalsifik damarlar) kateterizasyon öncesi alınan onam için hastayla yapılmış olan konuşma yetersiz kalabilir.²⁻⁴ Bu durumlarda, PKG prosedürünü ertelemek, durumu tüm yönleriyle hastaya anlatmak ve onam öncesinde düşünmesi için zaman tanımak daha uygun olacaktır. Primer perkütan koroner girişim yapılacağına hasta ve yakınları ile planlanan işlemle ilgili riskler, beklenen faydalar, mevcut alternatifler hastanın beklemekten dolayı zarar görmesine olanak vermeden konuşulup tartışılmalıdır. Böyle bir durumda hastanın kavrama, değerlendirme ve otonom karar verebilmesinin ağırlı, bilinç bulanıklığı, sedasyon etkisi, anksiyete gibi nedenlerle zorlaştığı, bir an evvel tedavi alma isteği bildirilmiş, onam prosedürünün hastanın kapasitesine göre ayarlanmasının hatta hasta yakınları ve/veya hastanın avukatı ile görüşmenin de düşünülmesi gerektiği önerilmiştir.⁴ Onam sürecinin gereğinden uzun tutulmasının hastada katekolamin düzeylerini artırıp infarkt alanını ve aritmi riskini artırabileceği de hatırla

tutulmalıdır.³

Son 48 Saatteki Hazırlık

Hastanın Kullanmakta Olduğu İlaçlar

Antiplatelet Ajanlar

Daha önceden aspirin veya P2Y₁₂ inhibitörleri kullanan hastalarda bu ajanlara işlem öncesinde ara verilmesi gerekli değildir. Hatta aspirin kullanmayan hastalarda, aciliyetten bağımsız olarak, PKG planlandığında 324 mg aspirin çiğnetilmelidir. İşlem planlanan hastalarda, işlem öncesinde veya işlem sırasında P₂Y₁₂ inhibitörü vermek uygun olacaktır. Öncesinde vermenin iskemik komplikasyonları engellemek yönünden daha avantajlı olduğuna dair kanıt yoktur.²

Antikoagülan Ajanlar

Varfarin kullanmakta olan hastalarda, femoral yoldan işlem yapılacağına, trombotik olaylar ve kanama riski arasındaki denge gözetildikten sonra, INR<1,8 oluncaya kadar varfarine ara verilmesi, mutlak gerekli olmasa da, önerilir.⁵ Femoral giriş kullanılacaksa NOAK'lar da benzer şekilde işlemden 24-48 saat önce kesilmeli, eğer GFR düşükse 48 saatten uzun süre ara vermek de düşünülebilir. Radyal yol için ise antikoagülanlara devam edilmesi daha uygun görünmektedir.⁶

Statinler

Statinlerin işlem öncesi kesilmesi gerekli olmayıp aksine, PKG öncesinde yüksek doz statin verilmesi periprocedürel MI riskini azalttığı için önerilmektedir. PKG planlanması durumunda uzun etkili insülinlere işlemden önceki geceden itibaren ara verilmeli, kısa etkili insülinler işlem sabahı yarı doza düşürülmelidir. KBY olan veya kontrast kaynaklı nefropati (CIN) riski olanlarda işlem sabahı oral hipoglisemik ajanlar durdurulmalı, metformin işlem sonrası 48 saate kadar durdurulmalıdır. Metformin, kontrast ajanlarla birlikte laktik asidoza neden olabilir. SGLT2 inhibitörleri ve GLP-1 reseptör antagonistlerine ara verilmesi önerilmez.²

ACEI/ARB

Nefrotoksik etkileri olabileceği için RAAS blokörlerine kateterizasyon öncesinde ara verilmesi düşünülmeli, ara verildiğinde oluşabilecek kan basıncı yüksekliği ihtimaline yönelik olarak bu karar hastaya göre kişiselleştirilmelidir. Diüretikler için de, kesildiklerinde oluşabilecek hemodinamik olumsuzluklar göz önünde bulundurulmak şartıyla benzerdir.²

İşlem Öncesi Tetkikler

Son 30 gün içinde hemoglobin/hematokrit, beyaz kan hücre sayısı, trombosit sayısı, elektrolitler kan üre nitrojen/kreatinin içeren kan tahlili yapılmış olmalı, KBY olan veya varfarin kullanan hastalarda işlem günü protrombin zamanı/INR ve GFR tespit edilmiş olmalıdır. Varfarin kullanmayan sağlıklı bireylerde rutin PTZ/INR bakılması gerekli değildir. Çocuk doğurma yaşındaki kadınlarda işlem öncesinde hamilelik test sonuçları görülmelidir. İşlemden önceki 30 gün içinde çekilmiş bir EKG bulunmalı, ve eğer klinik durumda değişiklik varsa işlem gününde tekrarlanmalıdır. Rutin akciğer röntgeni gerekli değildir. Önceki anjiyogramlar, BT sonuç-

ları, By-pass'lı hastalarda operasyon kayıtları, işlem öncesinde görülmelidir.²

Kontrast Nefropatisi Profilaksisi

Kontrast nedenli nefropati riski hiçbir risk faktörü olmayan hastalarda ihmal edilebilir düzeydedir. Ancak özellikle diyabetik ve KBY olan hastalarda risk %30 düzeyine çıkabilmektedir. KBY ciddiyeti arttıkça ve proteinüri mevcut ise risk artmaktadır.⁷ Kontrast nefropatisinden korunmak için dikkat edilmesi önerilen temel iki husus işlem öncesi normal salinle yapılacak hidrasyon ve işlem sırasında kontrast miktarını sınırlı tutmaktır. Özellikle kontrasta bağlı nefropati riski yüksek olan kişilerde yani eGFR <60 ml/min/1.73 m² ve/veya yüksek risk skorlu kişilerde uygulanmalıdır. İşlemede kullanılan kontrast miktarı kreatinin klirensinin 3,7 katından daha fazla olursa renal hasar riski belirgin olarak arttığı için, bu sınır hesaplanarak aşılması için azami özen gösterilmesi faydalı olabilir. N-asetilsisteinin anlamlı bir faydası gösterilememiştir.⁸

Alerji

İşlemede kullanılan opak veya diğer ajanlara, lateks vb alerji olması ve alerjinin elimine edilemeyeceği durumlarda işlemde en az 13 saat önce oral prednizon (İşlemden 13, 7 ve 1 saat önce 50 mg prednizon) ve kontrast alerjisi öyküsü olan acil vakalarda işlem öncesi IV steroid uygulaması önemli alerjik reaksiyonların önlenmesinde etkili olacaktır.⁹ Steroidlere ek olarak, difenhidramin ve H2 blokerleri düşünülebilir. Önceden astım mevcudiyeti veya deniz kabukluları alerji öyküsü, alerji riskini öngördürmeyip rutin profilaksi gerektirmez.²

Anemi Öyküsü

İşlem öncesi anemi tespit edilmiş olması özellikle elektif PKG işlemi planlandığında üzerinde durulması gereken bir husustur. Hastanın DAPT kullanması gerekeceği için mevcut bir aneminin gastrointestinal karsinom kaynaklı olmadığından emin olunmalıdır. Elbette bu durum acil vakalarda ikinci planda kalmaktadır ancak böyle bir durumda da DAPT süresini minimum tutmaya izin verecek stratejiye yönelmek uygun olacaktır.

Giriş Yeri Planlama

Vasküler ve kanama sonlanımları açısından radyal girişin femorale üstünlüğü ile ilgili biriken randomize çalışmalar ışığında, mümkün oldukça ve özellikle akut koroner sendromlarda işlemin radial yoldan planlanması uygun görünmektedir. Sağ veya sol radyal giriş seçiminde yaşlı ve kısa boylu hastalarda sağ subklavyen arterin daha tortiyöz yapıda olabileceği akıldan tutulmalı, hemodializ fistül grefti, internal mamarian arterin kullanıldığı CABG gibi durumlarda ipsilateral girişin kullanılacağı bir işlemin ön planlamasının işlemde önce yapılmış olması önerilir.²

İşleme Başlarken

KKL'ye gelen hastanın işlemine başlamadan önce, özellikle elektif vakalarda en son ne zaman oral alım gerçekleştiği tekrar sorgulanmalı, işlemde önceki son 2 saatte sıvı, son 6 saatte hafif yemek ve son 8 saat içinde ağır yemek yemediğinden emin olunmalıdır. Hastanın noninvaziv hemodinamik ve oksimetrik monitörizasyonu sağlanmalı, kardiyak arrest riski olan hastalar için defibrilatör pedleri işleme başlamadan göğüs bölgesine yerleştirilmelidir. En

azından bir adet damar yolunun çalışır vaziyette olduğu kontrol edilmiş olmalıdır.²

Tablo 1. İşlem Öncesi Standart Olarak Kontrol Edilmesi Gereken Hususlar^a

| |
|---|
| Hastanın kimliği (adı, soyadı, tıbbi kayıt numarası, doğum tarihi) |
| Yapılacak işlem (örn. sol kalp kateterizasyonu, koroner anjiyografi, sağ kalp kateterizasyonu) |
| Planlanan birincil ve yedek giriş bölgesi (ör. sağ femoral arter) |
| Alerjiler, ön tedavi gerekliliği ve önerilen maksimum kontrast dozu (örn. heparine bağlı trombositopeni, kontrast alerjisi, aspirin, P2Y12 inhibitörleri) |
| Özel laboratuvar veya tıbbi durumlar (ör. yüksek INR, kronik böbrek hastalığı) |
| Olası komplikasyonlar da dahil olmak üzere gerekli ekipmanların eksiksiz bulunması |
| En son oral gıda ve sıvı alım zamanı |
| Uygun belgeler tamamlanmış ve mevcut (örneğin, geçmiş ve son 24 saat içinde fiziksel olarak güncellenmiş), bilgilendirilmiş onam formu imzalanmış |
| Kateter ekibi için risk oluşturabilecek bulaşıcı hastalık mevcudiyeti |

^aCatheter Cardiovasc Interv. kaynağından uyarlanmıştır²

Hasta seçimi göz önünde bulundurulacak tüm hastalar için orta düzeyde sedasyon düşünülmelidir. Böyle bir durumda nazal oksijen takılmalı, hasta bir hemşire tarafından sürekli olarak takip edilmelidir. Fentanil 25-50 mcg gibi opioidler ve 0.5-2 mg midazolam gibi benzodiazepinlerin bir kombinasyonu kullanılabilir ve yaşa, vücut büyüklüğüne ve komorbiditelere göre dikkatle değerlendirilmelidir. Özellikle radial yoldan yapılan işlemlerde işlem öncesi opioid/benzodiazepin kombinasyonu ile yapılacak sedasyon spazmı önlemede etkilidir ve rutin yapılması düşünülebilir.¹⁰ Olumsuz durumlara karşı, nalokson ve flumazenil gibi antagonistlerin de laboratuvarında bulundurulması gerekecektir.

Enfeksiyondan Korunma Tedbirleri

- Kıl temizliği:** prosedürle direkt ilişkili değilse, sadece hijyenik sebeplerle kılların temizlenmesi önerilmez. Giriş yeri açısından kılların temizlenmesi gerekiyorsa, işlemin yapılacağı gün kıllar jilet kullanmadan, yani elektrikli bir cihazla veya alerji yoksa tüy dökücü kremle temizlenmelidir. Kateterizasyona bağlı enfeksiyondan korunmaya yönelik çalışmalar kısıtlı olmakla birlikte Lezenby ve arkadaşları açık kalp ameliyatı yapılan hastalarda manuel tıraşın, elektrikli tıraş göre mediastinit riskini artırdığını göstermişlerdir. Bu nedenle tıraş makinesiyle, işlemin yapılacağı gün sadece gerçekten gerekli olan bölge tıraş edilmelidir. Kıl temizliği işlemde hemen önce yapılmalıdır çünkü işlemde önceki gün kıl temizliği yapılması cilt abrazyonuna neden olarak enfeksiyon odağı oluşturabilir.^{11,12}
- Cilt temizliği:** Antisepsi için genellikle povidine iodine kullanılır. antiseptik sürülürken abrazyon oluşumuna neden olacak aşırı sürtmeden kaçınılmalıdır. Burada önemli olan husus, kateter girişi yapılmadan önce, antiseptik solüsyonun kuruması için en az 2 dakika beklenmesi gerekliliğidir.¹³ Kurutma hava ile kendiliğinden olmalı, üfleterek, silerek vb kurutmayı hızlandırmaya çalışmaktan kaçınılmalıdır. Povidine iodine kan ve serum proteinleri ile inaktive olabilir. Bu istenmiyorsa, bakteriyostatik olarak ciltte kaldığı sürece etkili olan ve kan ile inaktive olmayan clorhexidine gluconate (CHG) de kullanılabilir. Rutin antibiyotik profilaksisi gerekli değildir ancak

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

- özellikle vasküler kapatma cihazı kullanılacaksa ve hasta immünkompromize veya diyabetikse düşünülebilir.¹⁴
- Örtüler: Gözeneksiz, sıvıyı emmeyen ve dolayısıyla sıvının alta geçişine izin vermeyen hastanın tamamını kaplayan, uzun kateter veya tellerin dokunma ihtimali olan tüm bölgeleri de örten örtüler kullanılmalıdır.¹⁴
 - Operatörler: Aseptik teknik kullanılmalı, etkinliği tam olarak kanıtlanmamış olsa da tüm işlemler maske bone steril önlük ve steril eldivenlerle yapılmalıdır. Hekimler, günün ilk klorheksidin/etilalkol içeren cerrahi el antiseptik solüsyonları veya geleneksel cerrahi yıkanma prosedürünü kullanabilirler.¹⁴
 - Antibiyotik profilaksisi: Kateter laboratuvarındaki işlemler için rutin gerekli değildir ancak immün yetmezlik veya yara enfeksiyonu durumlarında düşünülmelidir. Profilaksi için cilt mikroorganizmalarına etkili sefazolin gibi bir ajan cihaz girişinden yarım saat önce tek doz parenteral yoldan verilmesi yeterlidir. Herhangi bir nedenle florokinolon veya vankomisin verilecekse işlemden 2 saat önce verilmelidir. İşlem süresinin uzaması veya giriş yerindeki geniş hematomlar enfeksiyon kolaylaştırıcı etkenlerdir. İşlem öncesinde hastanın ateşinin olması elektif kardiyak kateterizasyon için rölatif kontrendikasyon oluşturur.¹⁴
 - İlk prosedürden kısa bir süre sonra aynı bölgeden ikinci bir giriş yapılarak işlem yapılması, giriş yerinde lokal enfeksiyon olasılığını artırır. Bu nedenle tanısal kateterizasyon sonrasında 6 saatlik bir gecikmeden sonra perkütan koroner girişim gerçekleştirileceğinde, tekrar giriş için karşı tarafın kullanılması daha uygun olacaktır.¹⁵

Sonuç olarak, kateterizasyon işlemine başlamadan önce hazırlık ve planlama kısmının önemsenmesi, standardize edilip kardiyak kateterizasyon laboratuvarının yazılı protokolü oluşturulması ve bu hususlara dikkat edildiğinin düzenli olarak kontrolünün yapıp raporlanmasının, kateterizasyon işleminin başarısının ve oluşabilecek istenmeyen olayların en az düzeye indirilebilmesinin temel etkenlerinden olduğu unutulmamalıdır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

- Harold JG, Bass TA, Bashore TM, Brindis RG, Brush JE Jr, Burke JA, Dehmer GJ, Deychak YA, Jneid H, Jollis JG, Landzberg JS, Levine GN, McClurken JB, Messenger JC, Moussa ID, Muhlestein JB, Pomerantz RM, Sanborn TA, Sivaram CA, White CJ, Williams ES. ACCF/AHA/SCAI 2013 update of the clinical competence statement on coronary artery interventional procedures: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training (Writing Committee to Revise the 2007 Clinical Competence Statement on Cardiac Interventional Procedures). *J Am Coll Cardiol*. 2013 Jul

- 23;62(4):357-96. [\[Crossref\]](#)
- Naidu SS, Abbott JD, Bagai J, Blankenship J, Garcia S, Iqbal SN, Kaul P, Khuddus MA, Kirkwood L, Manoukian SV, Patel MR, Skelding K, Slotwiner D, Swaminathan RV, Welt FG, Kolansky DM. SCAI expert consensus update on best practices in the cardiac catheterization laboratory: This statement was endorsed by the American College of Cardiology (ACC), the American Heart Association (AHA), and the Heart Rhythm Society (HRS) in April 2021. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021 Aug 1;98(2):255-276. [\[Crossref\]](#)
- Docherty A, Oldroyd KG. Percutaneous coronary intervention: obtaining consent and preparing patients for follow-on procedures. *Heart*. 2001 Dec;86(6):597-8. [\[Crossref\]](#)
- Williams BF, French JK, White HD; HERO-2 consent substudy investigators. Informed consent during the clinical emergency of acute myocardial infarction (HERO-2 consent substudy): a prospective observational study. *Lancet*. 2003 Mar 15;361(9361):918-22. [\[Crossref\]](#)
- Baker NC, O'Connell EW, Htun WW, Sun H, Green SM, Skelding KA, Blankenship JC, Scott TD, Berger PB. Safety of coronary angiography and percutaneous coronary intervention via the radial versus femoral route in patients on uninterrupted oral anticoagulation with warfarin. *Am Heart J*. 2014 Oct;168(4):537-44. [\[Crossref\]](#)
- Levy JH. Discontinuation and management of direct-acting anticoagulants for emergency procedures. *Am J Emerg Med*. 2016 Nov;34(11S):14-18. [\[Crossref\]](#)
- Rudnick M, Feldman H. Contrast-induced nephropathy: what are the true clinical consequences? *Clin J Am Soc Nephrol*. 2008 Jan;3(1):263-72. [\[Crossref\]](#)
- ACT Investigators. Acetylcysteine for prevention of renal outcomes in patients undergoing coronary and peripheral vascular angiography: main results from the randomized Acetylcysteine for Contrast-induced nephropathy Trial (ACT). *Circulation*. 2011 Sep 13;124(11):1250-9. [\[Crossref\]](#)
- Greenberger PA, Patterson R, Radin RC. Two pretreatment regimens for high-risk patients receiving radiographic contrast media. *J Allergy Clin Immunol*. 1984 Oct;74(4 Pt 1):540-3. [\[Crossref\]](#)
- Deftereos S, Giannopoulos G, Raisakis K, Hahalis G, Kaoukis A, Kosyvakis C, Avramides D, Pappas L, Panagopoulou V, Pyrgakis V, Alexopoulos D, Stefanadis C, Cleman MW. Moderate procedural sedation and opioid analgesia during transradial coronary interventions to prevent spasm: a prospective randomized study. *JACC Cardiovasc Interv*. 2013 Mar;6(3):267-73. [\[Crossref\]](#)
- Ko W, Lazenby WD, Zelano JA, Isom OW, Krieger KH. Effects of shaving methods and intraoperative irrigation on suppurative mediastinitis after bypass operations. *Ann Thorac Surg*. 1992 Feb;53(2):301-5. [\[Crossref\]](#)
- Bratzler DW, Houck PM; Surgical Infection Prevention Guidelines Writers Workgroup; American Academy of Orthopaedic Surgeons; American Association of Critical Care Nurses; American Association of Nurse Anesthetists; American College of Surgeons; American College of Osteopathic Surgeons; American Geriatrics Society; American Society of Anesthesiologists; American Society of Colon and Rectal Surgeons; American Society of Health-System Pharmacists; American Society of PeriAnesthesia Nurses; Ascension Health; Association of periOperative Registered Nurses; Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology; Infectious Diseases Society of America; Medical Letter; Premier; Society for Healthcare Epidemiology of America; Society of Thoracic Surgeons; Surgical Infection Society. Antimicrobial prophylaxis for surgery: an advisory statement from the National Surgical Infection Prevention Project. *Clin Infect Dis*. 2004 Jun 15;38(12):1706-15.
- O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, Gerberding JL, Heard SO, Maki DG, Masur H, McCormick RD, Mermel LA, Pearson ML, Raad II, Randolph A, Weinstein RA. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. Centers for Disease Control and Prevention. *MMWR Recomm Rep*. 2002 Aug 9;51(RR-10):1-29. [\[Crossref\]](#)

14. Chambers CE, Eisenhauer MD, McNicol LB, Block PC, Phillips WJ, Dehmer GJ, Heupler FA, Blankenship JC; Members of the Catheterization Lab Performance Standards Committee for the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. Infection control guidelines for the cardiac catheterization laboratory: society guidelines revisited. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2006 Jan;67(1):78-86. [\[Crossref\]](#)
15. Wiener RS, Ong LS. Local infection after percutaneous transluminal coronary angioplasty: relation to early repuncture of ipsilateral femoral artery. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1989 Mar;16(3):180-1. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 1.2

KATETER LABORATUVARININ TEMEL YAPISI VE RADYASYON GÜVENLİĞİ

Hasan Ali BARMAN
Mustafa YILDIZ

Kateter Laboratuvarının Temel Yapısı ve Radyasyon Güvenliği

Basic Structure of the Catheterization Laboratory and Radiation Safety

BÖLÜM HAKKINDA

Kateter laboratuvarları giderek karmaşık ve dinamik ortamlar haline gelmektedir. Bu laboratuvarlarda yapılan ileri müdahaleler, yüksek derecede radyasyon maruziyeti gerektiren işlemleri içerir. Hibrit odalarda perkütan ve cerrahi işlemler multidisipliner bir yaklaşımla gerçekleştirilir. Çalışanlar, özellikle hekimler, hemşireler ve teknisyenler, mesleki radyasyon maruziyeti nedeniyle sağlık riskleriyle karşı karşıyadır. Bu riskler arasında kanser riski ve ortopedik hastalıkların insidansı bulunur. Radyasyon güvenliği, hem hastalar hem de çalışanlar için büyük önem taşır ve en iyi uygulamaların uygulanması maruziyeti azaltabilir. Ancak, koruyucu kurşun önlüklerin kullanımı da ortopedik sorunları artırabilir.

Anahtar kelimeler: Kateter laboratuvarı, radyasyon güvenliği, mesleki radyasyon maruziyeti

ABOUT the CHAPTER

Catheter laboratories are becoming increasingly complex and dynamic environments. These labs involve advanced interventions that require high levels of radiation exposure. In hybrid rooms, percutaneous and surgical procedures are performed with a multidisciplinary approach. Workers, especially physicians, nurses, and technicians, face health risks due to occupational radiation exposure. These risks include cancer and increased incidence of orthopedic disorders. Radiation safety is crucial for both patients and staff, and implementing best practices can reduce exposure. However, the use of protective lead aprons may contribute to orthopedic issues.

Keywords: Catheter laboratory, radiation safety, occupational radiation exposure



Giriş

Kalp kateterizasyonu ilk olarak 1840 yılında hayvanlarda deneysel olarak yapılmıştır. Ardından 1929'da Werner Forssmann sol antekübital veninden ürolojik kateteri ilerleterek sağ atriya ulaştığını göğüs radyografisi ile floroskopik olarak göstermiştir. Selektif koroner anjiyografi, günümüzde sıkça kullanılan bir tanı yöntemi olup, ilk kez 1959'da Mason Sones tarafından uygulanmıştır.¹ Günümüzde, kateterizasyon laboratuvarları giderek daha karmaşık işlemlerin yapıldığı, sürekli değişim gerektiren dinamik ortamlar haline gelmektedir.^{1,2} Yüksek derecede radyasyon maruziyeti gerektiren ileri müdahaleler arasında çok damar perkütan koroner girişim (PKG), yüksek riskli PCI, kronik total oklüzyon (CTO) PCI, transkateter aort kapağı implantasyonu (TAVI) ve mitral ve trikuspid kapağa yönelik transkateter onarım gibi işlemler bulunmaktadır. Sayıları artan hibrit odalarda, perkütan ve cerrahi işlemler aynı anda multidisipliner bir yaklaşımla tedavi edilmektedir.³ Yüksek standartları sağlamak için, personel ve cihaz donanımı sürekli olarak güncellenmelidir. Floroskopik laboratuvarında çalışmanın meslek hastalığı olarak sunduğu sağlık riskleri, özellikle bu ortamda çalışan hekimler, hemşireler ve teknisyenler için birikmiş mesleki radyasyon maruziyetinin sağlık riskleriyle ilişkilendirilmiştir. Sağlık çalışanları, yıllar boyunca radyasyon maruziyetinin sinsice etkilerine maruz kalmaktadır. Bu etkiler arasında, özellikle beyinde yaşam boyu kanser riskleri ile birlikte katarakta belirgin yatkınlık bulunmaktadır. Radyasyon güvenliği, hem hastalar hem de çalışanlar için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, tüm personel radyas-

Hasan Ali Barman

Mustafa Yıldız

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: hasan.barman@iuc.edu.tr
mustafa.yildiz@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Barman HA, Yıldız M. Kateter Laboratuvarının Temel Yapısı ve Radyasyon Güvenliği Ersanlı M, (Ed.) *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 6-15.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

yon güvenliği konusunda bilgilendirilmeli ve düzenli olarak takip edilmelidir. Radyasyon güvenliğini artırmak için en iyi uygulamaların uygulanması, hastaya, operatörlere ve kardiyak kateterizasyon laboratuvarı ekibine maruziyeti azaltacaktır. Ayrıca, koruyucu kurşun önlüklerin taşınması sonucunda ortaya çıkan radyasyon riskini azaltmaya yönelik zorunlu ağırlık yüklenmesi, hekimler, hemşireler ve teknisyenler arasında yaygın olarak bildirilen ortopedik hastalıkların insidansını artırmaktadır. Artan işlem hacmi ve karmaşıklığı, işlem sırasında meydana gelen fiziksel streslerle birlikte, bu tür ortopedik yaralanmaların yaygınlığını ve ciddiyetini artırmıştır. Yaygın ortopedik rahatsızlıkların yüksek insidansı, sadece bireysel sağlığı değil, aynı zamanda meslek ve toplum için iş gücü sonuçları potansiyeline sahiptir.

Kardiyak Kateterizasyon Laboratuvarı Tanımı

Kardiyak kateterizasyon laboratuvarları, pek çok kardiyovasküler sistem hastalığının tanı ve tedavi süreçlerinin, floroskopi, dijital substraksiyon anjiyografi (DSA), ultrason (IVUS), bilgisayarlı tomografi (OCT) gibi çeşitli radyolojik görüntüleme cihazlarının rehberliğinde gerçekleştirildiği, elektif veya acil perkütan girişimsel işlemlerin multidisipliner bir ekip çalışması içinde gerçekleştirildiği birimlerdir.^{1,2, 4-7}

Kalp kateterizasyonu işlemlerinin eksiksiz olarak gerçekleştirilebilmesi için bir kateter laboratuvarında bulunması gereken temel donanımlar şunlardır (Resim 1):

1. Kateter Laboratuvarı İzleme Sistemi: Canlı olarak kalp ritmi, kan basıncı ve diğer vital parametreleri izlemek için monitörler ve kayıt sistemleri.
2. Floroskopi Cihazı: X-ışınları kullanarak gerçek zamanlı görüntüleme sağlayan cihazlar, kateterin doğru bir şekilde yerleştirilmesini ve işlem sırasında anatomik yapıların görüntülenmesini sağlar.
3. Kateterizasyon Masası: Hasta pozisyonunu ayarlamak ve işlem sırasında konfor sağlamak için özel olarak tasarlanmış masalar.
4. Kateter Setleri ve İğneler: İşlem için gereken çeşitli boyutlarda ve tiplerde kateterler, iğneler ve diğer enstrümanlar.
5. Sterilizasyon ve Hijyen Ekipmanları: İşlem öncesinde ve sonrasında kullanılan sterilizasyon ekipmanları, eldivenler, maske ve diğer hijyenik malzemeler.
6. Hemodinamik Monitörler: İşlem sırasında kan basıncı, kalp ritmi ve diğer hemodinamik parametreleri ölçmek için kullanılan monitörler.
7. Kateter Yönlendirme Cihazları: Kateterin doğru bir şekilde yönlendirilmesini sağlayan ve işlem sırasında kullanılan özel cihazlar.
8. İlaç Enjeksiyon Sistemleri: Gerekli ilaçların doğru dozda ve zamanında verilmesini sağlayan enjeksiyon sistemleri.
9. Dijital Görüntüleme ve Kayıt Sistemleri: İşlem sırasında elde edilen görüntülerin dijital olarak kaydedilmesi ve arşivlenmesini sağlayan sistemler.
10. Acil Durum Ekipmanları: İşlem sırasında olası acil durumlara karşı hazır bulunması gereken defibrilatörler, oksijen ekipmanları ve diğer acil müdahale malzemeleri.

Bu donanımlar, kalp kateterizasyonu işlemlerinin güvenli ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar ve laboratuvarın yarı-steril ortamında sterilizasyon ve hijyen standartlarının korunmasını sağlar.

Resim 1. Kateter laboratuvar ekipmanının potansiyel düzenlemesi.

1. Şeffaf tavana monte koruyucu göz siperi. 2. Kurşunlu radyasyon—kateter laboratuvar masasına monte edilmiş koruyucu etek. 3. Acil durum ekipmanı arabası içeren hava yolu kiti, perikardiyosentez seti vb. 4. Kalp kateterleri. 5. Stent ve balon içeren dolap. 6. C-kolu toplanmış konumda. 7. Ventrikülografi/Aortografi pompası 8. Anjiyografi, intrakardiyak basınç ve EKG takibinin yapıldığı Monitör; 9. Tavana monte çalışma ışığı



Kateter laboratuvarları, kurşun koruyucu kaplamalı işlem odası, görüntü kayıtlarının izlendiği kayıt/kontrol odası, hasta hazırlama ve takip odası, personel banyo odaları, cerrahi el yıkama ünitesi, ilaç-malzeme depo alanları ve aile bekleme alanı gibi birimleri içermelidir. İdeal olarak, geçiş sürecini azaltmak ve ST yükselmeli miyokard enfarktüsünde reperfüzyon gecikmesini en aza indirmek için kateter laboratuvarına erişim için asansör kullanılmasını gerektirmeyen bir ambulans girişinden kısa bir mesafede olmalıdır. Kateter laboratuvarları, hastanenin acil servis, yoğun bakım ve ameliyathane bölümlerine yakın olarak planlanmalıdır. Bu yakınlık, acil durumlarda hızlı müdahale imkanı sağlar ve hasta transferlerini kolaylaştırır.⁸ Ayrıca, kardiyak kateterizasyon laboratuvarlarında gerçekleştirilen mini cerrahi girişimler (kalcı kalp pili implantasyonları, TAVI) için havalandırma ve hava akım sistemleri, ameliyathane standartlarını karşılamalıdır. Bu sayede laboratuvar içinde steril bir ortam sağlanır ve hastaların enfeksiyon riski minimize edilir.⁹

Kateter laboratuvarı iyonlaştırıcı radyasyonun kullanıldığı bir alan olduğundan, hem girişte hemde kontrol odasından laboratuvar girişinde göze çarpan bir yere "X-ray on" ışıklı güvenlik uyarı levhası konulması zorunludur. Bu ışıklar, X-ışını aktivasyon sistemine bağlı olup, enerji verildiğinde açıkça görülebilmeli ve kırmızı renkte yanmalıdır.¹⁰

Kontrol odası, çoğu kateter laboratuvarında fizyolog ve izleme ekibini gereksiz radyasyona maruz kalmaktan korumanın yanında hastanın doğrudan görüntülenmesini sağlamak için işlem odasından kurşun camla ayrılır. Kontrol odası ve laboratuvar arasında iyi bir ses teması amacıyla mikrofon sistemi olmalıdır. Bazı merkezlerde, iki laboratuvar arasında tek bir kontrol odası paylaşılmaktadır.

İşlem odası için önerilen minimum boyut 50 m² olarak belirtilmiştir. Bu alan gerekli ekipman ve sekiz personeli barındırmak için yeterli olduğu gösterilmiştir.⁸ Personelin odaya güvenli bir şekilde girip çıkması ve hastanın bir sedye veya yatak üzerinde nakledilebilmesi için yeterli boyutlar gereklidir.

Kateter laboratuvarı, radyasyondan korunma açısından belirlenmiş bir alan olarak tanımlanır. Radyasyondan korunmanın temel yol gösterici ilkesi, "makul olarak uygulanabilir olduğu kadar düşük" olmalıdır. Personelin gereksiz radyasyona maruz kalmasını önlemek için bu ortamda kişisel koruyucu ekipman da zorunludur. Kurşun önlüklere ek olarak vücutta radyasyona duyarlı alanlar kurşun tiroid yaka, kurşun gözlük ve bacak koruyucuları ile korunmalıdır. Koruyucu giysilere ek olarak, tavana monte göz siperi ve işlem masasına asılı bir "etek" şeklinde radyasyon koruması olmalıdır.¹¹ Kurşun önlükler/tiroid/bacak koruyucuları ve kurşuntlu camlar kateter laboratuvar alanı girişinin dışında saklanmalıdır.

Kardiyak kateterizasyon laboratuvarlarında kullanılan anjiyografi cihazlarının yüksek kalitede görüntü sağlaması önemlidir. Bu cihazlar aynı zamanda dijital kayıt yapabilme, vasküler lezyonların ölçümünü gerçekleştirme, üç boyutlu görüntüleme imkanı sunma ve DSA gibi özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikler, doğru teşhislerin konulmasına ve tedavi planlamasının daha etkin bir şekilde yapılmasına yardımcı olur. Görüntü Yoğunlaştırıcı dijital anjiyografik X-ray sistemi monoplan veya biplane olabilir, tavana monte sistemler olabildiği gibi genellikle zemine monte edilir. Anjiyografi cihazının "biplane" özelliği, konjenital durumlarda ve az miktarda kontrast madde kullanılması gereken durumlarda (örneğin, kronik böbrek yetersizliği, kalp yetersizliği gibi durumlarda) ve kateter ablasyon işlemlerinde avantaj sağlar.⁹

İşlem masası, çok yönlü hareket edebilen, ayarlanabilir olmalı ve hastaya her iki taraftan erişime izin verecek bir konuma yerleştirilmelidir. Bariatrik hastaların tedavisine dikkat edilmelidir. C-kolu kısıtlama olmaksızın hareket ettirilebilir olmalıdır. İşlem masası, hava yolu desteği gerektiğinde anestezi uzmanlarının görevlerini güvenli bir şekilde yerine getirebilmeleri için kraniyal uçta yeterli alanın olduğu bir alana sahip olmalıdır.

Monitörler; Anjiyografik görüntüler, EKG ve basınç verilerini izlem amacıyla genellikle tavana monte edilir ve C-kolunun konumuna uyum sağlamak için bir üst kızak aracılığıyla hareketlidir. Gerekli monitör sayısı merkezden merkeze değişiklik gösterir ancak minimum monitör/ekran sayısı en az üç (basınç ve EKG verileri, mevcut görüntü ve referans görüntü) olmalıdır. İntravasküler görüntüleme (IVUS veya OCT gibi) veya basınç teli (FFR) verilerinin görüntülenmesi için ek ekranlar kurulabilir. Monitörün konumu, operatörün görüntüleri rahat bir şekilde görüntülenmesine izin verecek şekilde ayarlanabilir olmalıdır.

Kateterler, tanıma kolaylığı ve kullanım için hızlı erişim sağlamak için en iyi asma raflarda saklanır. Benzer şekilde, damar yolu, sheatler, balonlar ve stentler vb. gibi çeşitli ekipmanlar işlem odasında mevcut olmalıdır. Bunlar mobil dolaplarda veya duvara monte dolaplarda saklanabilir.

Kateter laboratuvarı, işlem sırasında ortaya çıkabilecek tüm akut hemodinamik ve elektriksel kardiyak acillere müdahale edebilmelidir. Bu bağlamda, acil CPR koşullarının sağlanabilmesi için gerekli malzemeleri (bifazik defibrilatör, entübasyon için gerekli

malzemeler, oksijen tüpü, kardiyak arrest ve aritmi tedavisinde kullanılan ilaçlar gibi) hazır bulundurulmalıdır. Bu önlemler, acil durumlarda hızlı ve etkili müdahale imkanı sağlar ve hasta güvenliğini artırır. Her laboratuvarında, yaşamı tehdit eden acil durum olması durumunda bir acil durum arabası bulunmalıdır. Hızlı defibrilasyonu sağlamak için bir defibrilatör hastaya yakın yerleştirilmelidir. Tüm kateter laboratuvar personeli, defibrilatörün çalışmasına ve işlevselliğine aşina olmalıdır. Kateter laboratuvarında geçici kalp pilleri, intraaortik balon pompası ve perikardiyosentez malzemeleri gibi ek donanımların da hazır bulundurulması önemlidir. Bu malzemeler, acil durumlarda gerektiğinde hızlı müdahale sağlar ve hastanın sağlık durumunu destekleyebilir. Koroner perforasyon durumunda hızlı erişim için greft stent hazır bulundurulmalıdır. PCI sırasında etkili CPR sağlanması, C-kol yerleşimi, masa yüksekliği ve CPR uygulayan kişinin radyasyona maruz kalma riski gibi fiziksel faktörler nedeniyle son derece zordur. Mekanik göğüs kompresyon cihazları (LUCAS® veya AutoPulse®) ile, PCI prosedürü devam ederken iyi kalitede CPR'nin verilmesi sağlanacaktır. IABP, SHOCK II verilerine göre daha az kullanılmasına rağmen, dirençli iskemisi olan hastalarda veya MI sonrası mekanik komplikasyonları olan hastalarda kullanımı için hala bir yer vardır. Kardiyojenik şoklu hastaların tedavisinde ventriküler destek cihazlarının kullanımı dünya çapında artmaktadır.^{1,6}

Kateter Laboratuvar Ekibi

Kateter laboratuvarının en değerli varlığı kateter laboratuvar ekibidir. Laboratuvarlar arasında değişkenlik gösterebilir genel olarak kateter ekibi aşağıdaki üyelerden oluşmaktadır.

- Girişimsel Kardiyolog
- Hemşire (ideal olarak laboratuvar başına en az iki kişi)
- Radyoloji teknisyeni
- Kardiyak fizyolog
- Yardımcı personel
- Kateter laboratuvarı müdürü

Bu üyeler dışında kateter ekibine ihtiyaç durumunda diğer branşlardan katılım olabilir. Örneğin hastanın bilinç durumunda değişim veya ciddi solunum yetmezliği durumunda anestezi uzmanı ekibe dahil olabilir. Özellikle arrest sonrası entübe şekilde işleme alınan hastalar için gerekli kritik bakım desteğinin kateter laboratuvarında hazır bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, kateter laboratuvarı ve kurtarma alanı, bu hastaların uygun şekilde izlenmesini ve yönetilmesini sağlamak için end-tidal CO₂'yi izleme yeteneğine sahip olmalıdır.

Tam donanımlı bir kalp kateterizasyon laboratuvarında, deneyimli bir kateterizasyon ekibinin varlığı önemlidir. Bu ekip, sadece invaziv kardiyolog değil, aynı zamanda deneyimli hemşireler, teknisyenler ve diğer yardımcı personel içermelidir. Deneyimli laboratuvar kriterlerini karşılamak üzere minimum işlem sayıları AHA/ACC kılavuzunda belirlenmiştir (Tablo 1)⁴

Hemşire: Kateter laboratuvarında çalışmadan önce genellikle kalifikasyon sonrası en az 2 yıllık deneyime sahip olmalıdır. İdeal olarak, primer PCI sırasında iki hemşire bulunmalıdır, biri steril halde ilaç uygulayan, diğeri de dolaşım hemşiresi (gerekli ilaçları ve/veya ekipmanı almak için "koşucu") olacak şekilde olmalıdır. Primer PCI sırasında gerekli olan ilaçların yanı sıra acil entübasyon ve resüsitasyon sırasında gerekli olan ilaçların yönetimine de

aşına olmalıdırlar.

Tablo 1. AHA/ACC kılavuzu minimal işlem sayıları

| Laboratuvarında yapılması gereken minimum işlem sayısı | Operatör tarafından yapılması gereken minimum işlem sayısı |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Erişkin kateterizasyonu: en az 300 vaka / yıl• Pediatrik kateterizasyon: en az 150 vaka / yıl | <ul style="list-style-type: none">• Erişkin diyagnostik kateterizasyon: en az 150 vaka / yıl• Erişkin girişimsel işlem: en az 50 vaka / yıl• Pediatrik kateterizasyon: en az 50 vaka / yıl• Elektrofizyoloji: en az 100 vaka / yıl |

Radyoloji Teknisyeni

Kateter laboratuvarındaki radyoloji teknisyeni, tanısal radyografi derecesine sahip, görüntüleme radyolojisinde kalifikasyon sonrası 2 yıllık deneyime sahip olması istenmektedir. Bu süreden sonra primer PCI işlemlerinde etkinlik kazanmak için genellikle 3-6 ay kateter laboratuvarlarında çalışmaları gerekmektedir. Radyoloji teknisyeni C-kolunu çalıştırır ve masayı hareket ettirir.

Kardiyak Fizyolog

Kateter laboratuvarında çalışan uzman kardiyak fizyologlar, fizyoloji veya sağlık bilimleri derecesine sahip, kardiyolojide uzmanlaşmış kişilerden oluşmalıdır. Kardiyak ritim ve basınçların izlenmesi yanında birçok laboratuvarında intra-aortik balon pompası veya Impella gibi cihazlarla yardımcı tedavinin hazırlanmasına ve izlenmesine kadar uzanır. Bazı cerrahi merkezlerde bu cihazların yerleştirilmesinde perfüzyon ekibi tarafından desteklenmektedir.

Radyasyon Güvenliği

Kardiyak kateterizasyon laboratuvarlarında, kardiyovasküler sistem hastalıklarının tanı ve tedavisinde radyasyon kullanılır. Ancak, bu ışınlara maruz kalan sağlık personeli ve hastalar için güvenlik önlemleri alınmalıdır. Sağlık çalışanlarının maruz kalabileceği en yüksek radyasyon dozu yılda 50 milisaniye (mSv) ve ömür boyu 10 mSv olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, işlem sırasında radyasyona maruz kalacak personel, kurşun önlükler, kurşunlu gözlükler, tiroid kalkanları ve radyasyon rozetleri gibi kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır. Bu önlemler, radyasyonun potansiyel etkilerini azaltır ve güvenli bir çalışma ortamı sağlar.¹¹

Mevcut uygulamada, radyasyon güvenliğini sağlamak amacıyla kateter ekibinin tüm üyeleri, kurşun önlük ve tiroid koruyucu ile kişisel koruyucu ekipman giymelidir. Bazı operatörler, ayrıca radyasyon koruyucu başlık, gözlük ve kol kalkanları da kullanabilir. Geleneksel kurşun önlükler yerine artık daha hafif malzemelerden (alüminyum, antimon, baryum, bizmut, tungsten, kalay ve titanyum) yapılan yeni önlüklerle değiştirilmektedir. Bu yeni malzemeler, kişisel koruyucu önlük ağırlığını %20 ila %40 oranında azaltabilir. Ancak, bu kompozit önlükler hala önemli kümülatif ortopedik yük oluşturabilir. Ayrıca, birçok kompozit koruyucu önlüğün radyasyondan yeterli kadar korumadığı gösterilmiştir. Koruyucu önlüklerin 0,5 mm'lik kurşun kalınlığı standartı, radyasyonun %95'ini durdurmalıdır ve koruyucu bütünlük düzenli olarak kontrol edilmelidir.¹²

Hasta masasının yan tarafına ve tavana monte edilmiş olan, hareketli bir üst gövde koruyucusu ve alt gövde koruyucusu bulunmalıdır. Her iki koruyucu birlikte kullanıldığında radyasyonun yaklaşık %80 ila %90 oranında azaltılmasına yardımcı olur. Koruyucu ekipmanlar, operatör ile radyasyon kaynağı arasında sürekli bir "perde" oluşturmalıdır. Taşınabilir kurşun mobil kalkanlar, hemşire ve yardımcı personelin korunması için kullanılabilir. Bu kalkanlar, elektrofizyoloji prosedürleri, yapısal kalp veya CTO girişimleri gibi uzun süreli floroskopi prosedürleri sırasında hastaya yakın bir konuma yerleştirilebilir.¹³

Yapısal kalp hastalığı, EP veya kompleks koroner işlemleri sırasında, hasta ve birincil operatör dışında, radyoloji teknisyenleri, hemşireler, anestezi uzmanları ve ekokardiyografi yapan yardımcı hekimler ile cihaz temsilcileri de radyasyon riskine maruz kalmaktadır. Bu ekip üyelerinin röntgen masasının etrafındaki konumları ve kaynağa olan mesafeleri radyasyona maruz kalma riskini belirler.¹⁴ Girişimsel bir kardiyologun radyasyona maruz kalma düzeyi, işlem süresine ve karmaşıklığına, hasta özelliklerine ve mevcut radyasyon koruma ekipmanına bağlı olarak değişir. Girişimsel kardiyologlarla karşılaştırıldığında, eğitim alan bireylerin %34 daha fazla radyasyona maruz kaldığı gösterilmiştir. Bu bulgu, eğitim alan bireylerin öğrenme ve hasta güvenliğini kendi başlarına yerleştirme çabası, kolimasyon ayarlarını optimize edememe ve gerekenden daha fazla floroskopi kaydı edinme ile ilişkilendirilebilir. Anestezi uzmanlarının, prosedürler sırasında etkisiz korumaya atfedilebilen en yüksek radyasyona maruz kalma riski altında olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. C-koluna eşit mesafede olmasına rağmen, hemşireler ve radyasyon teknisyenleri, birincil operatörün arkasında yeterli koruma ve konumlandırma nedeniyle anestezi uzmanlarına kıyasla radyasyon miktarının 1/15'i almışlardır.¹⁵

Risk Altındaki Özel Popülasyonlar

Risk altındaki özel popülasyonlar arasında hamile kadınlar öne çıkmaktadır. Radyasyona maruz kalmak, fetüs üzerinde zararlı etkilere neden olabilir, bunlar arasında gecikmiş zihinsel gelişim, intrauterin büyüme geriliği ve organ malformasyonları bulunabilir. Genel popülasyonla karşılaştırıldığında, gebelikleri sırasında <50 mGy kümülatif radyasyon dozuna maruz kalan kadınlarda fetal sonuçlarda fark gözlenmemiştir. Radyasyondan Korunma Konseyi, kümülatif maruziyeti ayda 0,5 mSv veya hamilelik süresi boyunca toplam 5 mSv ile sınırlamıştır. Çoğu PCI sırasında, hasta toplam 8 ila 10 mSv radyasyon alabilir. Ancak, daha karmaşık prosedürler veya artan hasta vücut kitle indeksi, radyasyona maruz kalmayı artırabilir.^{16,17}

Elektrofizyoloji işlemleri sırasında, örneğin atriyal fibrilasyon ablasyonu için 6,6 ila 59,7 mSv ve kardiyak resenkronizasyon tedavisi implantasyonu için 95 mSv'ye kadar hastalar radyasyon alabilmektedirler. Tanısal koroner anjiyografi sırasında 16 mSv, PCI ve yapısal prosedürler için ise 57 mSv'ye kadar radyasyona maruz kalınabilir.¹⁵ Elektrofizyologlar, özellikle kardiyak pacing veya benzer cihazların implantasyonu sırasında diğer girişimsel işlem yapan hekimlere göre daha fazla radyasyona maruz kalma riski altındadır. Maruziyetin artmasına katkıda bulunan faktörler arasında operatörün hastanın sol tarafında bu prosedürleri gerçekleştirmesi ve koruma eksikliği, kardiyak resenkronizasyon cihazı implantlarıyla uzun süreli floroskopi kullanımı ve hastadan gelen

korumasız saçılmanın etkisi yer alır (Tablo 2).

Tablo 2. Radyolojik tetkiklerde yapılan işleme göre hastaların etkilenme dozları

| Tetkikler | Her bir tetkikte maruz kalınan etkin doz (mSv) |
|------------------------|--|
| Göğüs radyografisi | 0.14 |
| Bilgisayarlı tomografi | 5 |
| Anjiyografi | 12 |

Kateter personeli, hamile hastalar ve diğer personel için radyasyon güvenliği konusunda düzenli olarak yeniden eğitilmelidir. Personel, uygun koruyucu ekipmanı kullanma ve güvenlik standartlarını karşılama konusunda teşvik edilmelidir. Bu amaçla, sistem değişiklikleri ve güncellemelerin uygulanması önemlidir. En iyi uygulamalar tablo 3'te detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 3. Kardiyak kateterizasyon laboratuvarında en iyi uygulamalar.

| | Güncel uygulamalar | Gelişmiş uygulamalar | Yeni teknolojinin faydaları |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Aksesuar Kişisel koruyucu ekipman | Dozimetre rozetleri | - RaySafe i2 sistemi | Gerçek zamanlı doz tespiti |
| | Tiroid koruyucu: etkili koruma alanı 300 cm ² ile 0,25 ila 0,5 mm kurşun standart nominal kalınlık | -Boynun etrafına sıkı tiroid yakası - Bizmut maskeleme reaktif | Tiroid kanseri riskini azaltın |
| | Kurşun gözlük: optimum kalınlık 0,35 mm ila 0,5 mm kurşun | - Uygun uyum ve yüz konturu. - Lens ve çerçeve arasındaki boşluğu azaltın - Ön, yan ve açısız korumayı en üst düzeye çıkarın | Katarakt oranlarını azaltın |
| Operatör teknikleri | Azalmış floroskopi yoğunluğu veya süresi | - Azalan kare hızı - Floro-tasarrufu | Sine kullanımını en aza indirin |
| | Kolimasyon | - Otomatik doz hızı kontrolü - Kontrol Rad | İlgi alanının kesin bir kolimasyonu |
| | Büyütmeden kaçının | -Canlı Yakınlaştırma | Radyasyonu artıran büyütme azaltın |
| | Masaya uzaklık | Kontrast enjektörlerdeki boru uzantıları | Operatörün görüntüleme sırasında daha fazla uzak durmasını sağlar |

Tablo 3. Kardiyak kateterizasyon laboratuvarında en iyi uygulamalar. (devamı)

| | | | |
|-----------------------------|--|---|---|
| Çevresel radyasyon koruması | Tavana monte üst vücut radyasyon kalkanları ve hareketli masaya monte perde kalkanları | - RADYAKSİYON -Hasta Pelvik koruma - RADPAD -EggNest-XR sistemi | Hem masanın üstünden hem de masanın altından operatöre ve takımın geri kalanına dağılımı büyük ölçüde azaltın. |
| | Kurşun önlükler ve taşınabilir radyasyon kalkanları | -Sıfır Yerçekimi sistemi - Rampart M1128 - Protego Radyasyon Koruma Sistemi - Corindus CorPath robotik sistemi | Büyük bariyer cihazı ile radyasyonu büyük ölçüde azaltır; operatörlerin ve/veya CCL ekibinin çoğunun "kurşunsuz" çalışmasına izin verir |

Radyasyon İzleme

Kateter personelinin radyasyon maruziyetini izlemek için dozimetre kullanması önemlidir. Standart dozimetreler, kümülatif yüksek dereceli maruziyetle ilgili gerçek zamanlı bilgi sunmamaktadır. Ancak, yeni RaySafe i2 sistemi (RaySafe), dedektör rozetlerinin canlı doz verilerini laboratuvardaki bir ekran monitörüne aktararak kateter personeline gerçek zamanlı x-ışını radyasyon dozu izleme imkanı sunar. Bu sayede ekipler, kişisel radyasyona maruz kalmalarını görebilir ve maruziyeti azaltmak için gerekli ayarlamaları yapabilir.^{18,19}

Maruziyeti Azaltmak İçin Laboratuvar Ekipmanı Modifikasyonları

Yeni nesil anjiyografi sistemleri düşük doz görüntüleme teknolojilerini kullanarak radyasyon maruziyetini azaltır. Donanımsal gelişmeler arasında geliştirilmiş x-ray tüpleri, düz panel dedektörler, spektral ışın şekillendirme filtreleri ve darbeli floroskopi bulunmaktadır. Bu gelişmeler görüntü kalitesini iyileştirmiş, daha düşük radyasyon dozlarında gürültüyü azaltmış ve gereksiz sinenjiyografi kullanımından kaçınmıştır.²⁰

X-radyasyonunun oluşumu enerji dönüşümü x-ray tüpü içinde gerçekleşir. Üretilen x-radyasyonunun miktarı (pozlama) ve kalitesi (spektrum), tüpe uygulanan elektrik miktarlarını (kVp, mA) ve maruz kalma süresini otomatik olarak ayarlar. Piyasadaki farklı x-ray makineleri, radyasyon iletimini otomatik olarak azaltmak veya artırmak için yerleşik işlevlere sahiptir. Ayrıca, düşük kilolu, pediatrik hastalar veya bir elektrofizyoloji prosedürü geçirenler için özel protokoller, yüksek görüntü kalitesini korurken düşük enerji kullanımını sağlar. Operatörler, radyasyona maruziyeti sınırlarken görüntü alımını optimize etmek için hastaya özel protokoller arasından seçim yapabilirler.¹⁸

Operatör Korunma Teknikleri

Operatör teknikleriyle ilgili en iyi uygulamalarda yapılan son güncellemeler, x-ışını görüntülemenin teknik üretimini ve kaydedilmesinde önemli kavramları içerir. Operatör ve personele yönelik radyasyona maruz kalmanın temel mekanizması hastadan gelen radyasyon yayılımıdır. Bu nedenle, hasta radyasyonunu azaltmak, odadaki diğer kişilere radyasyon yayılımını doğrudan azaltır. Radyasyon güvenliğinin yol gösterici ilkesi, "makul ölçüde ulaşılabildiği kadar düşük" anlamına gelen "ALARA" prensibidir. Radyasyona maruz kalma zamanı, mesafe ve korumaya bağlıdır. Operatörler ve personel, radyasyona maruz kalma riskini en aza indirmek için iyi çalışma alışkanlıklarını ve sürekli radyasyon farkındalığını korumalıdır. Uygulanması gereken teknikler şunlardır:

1. Floroskopi süresini azaltın: Görüntüye bakılmadığı zamanlarda floroskopi pedalına basılmaktan kaçınılarak floroskopi ünitesinin aktivasyonu en aza indirilmelidir.
2. Floroskopi ve cine hızlarını azaltın: Düşük dozlu floroskopi modu ile floroskopik hızın 15 kare/sn'den 7,5 kare/sn'ye düşürülmesi, radyasyona maruz kalma oranını %67 azaltır. Bu, özellikle uzun süreli müdahalelerde önemlidir. Cine anjiyografi görüntü alımının radyasyon dozu da floroskopiden yaklaşık 6 ila 10 kat daha yüksektir. Bu nedenle, mümkün olduğunda sine kullanımı en aza indirilmelidir. Çoğu cihazın artık sineye olan ihtiyacı azaltılabilecek ve prosedürün farklı adımlarını belgeleyebilecek bir "son floroskopi görüntüsünü sakla" (yani "floro-save") işlevi vardır.²¹⁻²³
3. Büyütme ve kolimasyonu optimize edin: Artan büyütme radyasyon miktarını artırabilir ve bu nedenle en aza indirilmelidir. Bazı modern sistemler, ek radyasyon olmadan büyütme yapabilen özellikler sunar (örneğin, "Canlı Yakınlaştırma" özelliği). Bu özellik, ekstra radyasyon kullanmadan görüş alanındaki görüntüyü büyütür.²⁴ Kolimatör kullanmak ve sadece ilgi alanına odaklanmak, hastaya maruziyeti azaltmaya ve dolayısıyla radyasyon saçılımını azaltmaya yardımcı olur. Büyük düz panel dedektörlü bir odada, koroner prosedürler için kalbe odaklanmak ve akciğerler gibi "beyaz alanlardan" kaçınmak için kolimasyon kullanılmalıdır. Birçok cihaz sistemi, farklı alanlardaki maruziyet parametrelerini otomatik olarak seçen entegre doz oranı kontrol fonksiyonlarına sahiptir. Radyasyonu azaltmaya yönelik cihazlar arasında, ilgi alanını doğru şekilde birleştiren ve çevre bölgelerdeki dozu önemli ölçüde azaltan Boston Scientific tarafından geliştirilen ve son FDA onaylı ControlRad da bulunmaktadır.
4. Mesafe, açılama ve masa pozisyonu için en iyi teknikleri kullanın: Operatörün radyasyon kaynağından uzaklaşması, radyasyona maruziyeti önemli ölçüde azaltabilir. Ters kare yasası, birincil ışın ve operatör arasındaki mesafeyi iki katına çıkardığında radyasyonun dört kat azaldığını gösterir. Bu nedenle, operatörlerin radyasyon kaynağından mümkün olduğunca uzak durması önemlidir. Ayrıca, kontrast enjektörlerinde uzantıları kullanmak, operatörlerin radyasyon ışınından daha uzak durmalarını sağlamak için iyi bir uygulamadır.

X-ışını ışınının dik açılarının kullanımını azaltmak da radyasyon saçılımında önemli bir azalmaya neden olabilir. Özellikle dik kranial veya kaudal görünüm gibi dik açılar, hastanın içindeki ışın yolunun uzunluğunu artırır ve bu da daha yüksek radyasyon saçılımına ve radyasyon dozunda 3 kat artışa yol açabilir. Sol ön oblik

(LAO) kranial angülasyon, operatörün sağ tarafındaki en yüksek saçılım maruziyetine neden olabilir.²⁵ Operatöre maruziyeti azaltmak için özel bir önlem, masa yüksekliğini, görüntü dedektörünün hastaya olan mesafesini ve operatörün konumunu optimize etmektir. Radyasyon saçılımına maruziyeti azaltma yöntemleri, görüntü dedektörü ile hasta arasındaki mesafeyi en aza indirerek (düşük nesne-görüntü mesafesi) ve operatör konforunu korurken x-ışını tüpünden masa yüksekliğini en üst düzeye çıkarmayı içerir.

Radyal ve Femoral Girişim İle Radyasyona Maruziyet

Radyal ve femoral yaklaşımlar arasındaki radyasyon maruziyetiyle ilgili olarak, koroner anjiyografi ve PCI'da radyal erişim tercihi dünya çapında artmaktadır. Ancak, bazı çalışmalar radyal erişimin daha yüksek radyasyonla ilişkili olabileceğini göstermektedir.²⁶⁻²⁸ Fransa'da yapılan çok merkezli RAY'ACT-1 çalışması, yüksek hacimli merkezlerde radyal erişimin femoral erişime göre daha düşük radyasyonla ilişkili olduğunu göstermiştir.²⁹ Ancak, radyal erişimin radyasyon maruziyeti üzerindeki etkisi operatör deneyimi, hasta özellikleri ve komorbiditeler, sağ / sol radyal erişim ve kullanılan ekipman veya kateterler bulunmaktadır.

Son yıllarda yapılan bir meta-analiz, radyal yaklaşımın artan radyasyona maruz kalmayla ilişkili olduğunu gösterse de, zamanla bu farkın azaldığını ortaya koymuştur.³⁰ Operatörlerin radyal erişimdeki yetkinlikleri arttıkça, hangi erişim yolunun seçileceği radyasyona maruz kalmaktan ziyade hasta ve prosedür gereksinimlerine göre belirlenecektir. Bir erişim yaklaşımını diğerine tercih etmek, radyasyona maruz kalma düzeyini azaltmaz; ancak, genel olarak tüm vakalarda radyasyon maruziyetinin azaltılması önemlidir.

Robotik Girişimler

Corindus CorPath (Siemens Medical Solutions USA, Inc), operatörü başucundan uzak bir konsola taşımak için tasarlanmış, FDA onaylı bir teknolojidir. Bu teknoloji, operatörlere prosedürleri uzaktan gerçekleştirmelerine izin verir, bu da radyasyon maruziyetini ve ergonomik riskleri önemli ölçüde azaltır. Robotik bir sistem kullanmak, operatörlerin kurşun önlüklerini çıkarmalarına ve kateterleri uzaktan kontrol etmek için radyasyon alanından uzakta, kurşun astarlı bir kabinde oturmalarına olanak tanır.³¹ Corindus CorPath robotik PCI sistemi, büyük ölçekli çok merkezli PRECISE (Perkütan Robotik Olarak Geliştirilmiş Koroner Girişim) çalışmasında %98,8 teknik başarı oranı ve %97,6 klinik prosedürel başarı göstermiştir. Bu sistemle ilişkili komplikasyonlar nadirdir ve %2,4'ü periprocedürel Q-dalgası olmayan miyokard enfarktüsü yaşamıştır. Radyasyona maruz kalma, klinik bir son nokta olmasa da, median %95,2'lik bir azalma göstermiştir ve operatörlerin önemli bir kısmını konsolda oturarak geçirmeleri faydalı olmuştur. Bu sistem, kurşun önlüklere ihtiyaç duymadan çalışabilmesiyle ortopedik veya kas-iskelet sistemi yaralanması riskini en aza indirir.³² Robotik destekli müdahale, operatörler için radyasyona maruz kalmayı azaltmaya yönelik umut verici bir yaklaşım olmasına rağmen, kateter ekibinin geri kalanı için acil koruma sağlamaz.

Tiroid Koruması

Radyasyona maruz kalma ve tiroid kanseri riski arasındaki ilişki iyi belirlenmiştir. Riskin, kümülatif doz maruziyeti ve maruz kalma yaşı ile orantılı olduğu, daha genç yaşta, özellikle 20 yaşından küçük yaşta daha yüksek risk olduğu gösterilmiştir.³³ Sınırlı çalışma-

lar tiroid kalkanı tasarımlarını ve radyasyona maruz kalmayı karşılamıştır. Diş panoramik görüntüleme radyasyona maruz kalma çalışmaları, tiroid yaka tasarımının nüfuz eden radyasyon dozunu etkilediğini göstermiştir. Etkili koruma alanı ve malzeme bileşimi, maruziyetin azaltılmasında en önemli faktörlerdir; en az ~ 300 cm²'lik etkili koruma alanı önerilir. Standart 0,25 ila 0,5 mm kurşun kalınlığı olmasına rağmen, nominal kalınlık daha az önemlidir.³⁴

Göz Koruması

Koruyucu gözlüklerin amacı, iyi görmeyi korurken ve göz yorgunluğunu azaltırken ön, yan ve açısal radyasyondan maksimum koruma sağlamaktır. Radyoprotektif gözlükleri karşılaştıran çalışmalar, optimum kalınlığın 0,35 mm ila 0,5 mm kurşun cam olduğunu göstermiştir. Radyoprotektif gözlük camı ve çerçevesi arasındaki boşluk ve ön radyoprotektif camın uzunluğu, açısal koruyucu korumaya önemli ölçüde katkıda bulunur. Gözlükte kullanılan malzemeler arasında Kynetium, Grilamid, titanyum ve şeffaf kurşun koruyucu lensli karbon fiber bulunur. Bazı tasarımlarda yansıma önleyici kaplamalar ve buğu önleyici kaplamalar da yer almaktadır. Uygun uyum ve yüz konturu, nüfuz eden radyasyona maruz kalmayı azaltmak için önemlidir.³⁵

Hasta Tarafından Uygulanan Radyasyon Kalkanları

Hastaya uygulanan basit bir kurşun önlük pratik ve ucuz bir yöntemdir. Hem femoral hem de radyal yaklaşımlarda kardiyak kate-terizasyon sırasında hastanın pelvik kurşun korumasının operatör için radyasyona maruz kalmayı önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir.

RADPAD (Worldwide Innovations & Technologies, Inc) gibi tek kullanımlık radyasyon koruyucu pedler, görüntü yoğunlaştırıcı ve operatör arasında hastaya yerleştirilen ve çoklu denemelerde operatöre radyasyon maruziyetini önemli ölçüde azalttığı gösterilen steril, tek kullanımlık, kurşunsuz kalkanlardır.^{36,37}

“Kurşunsuz” Bir Ortam İçin Yeni Radyasyon Koruması

Hem maruz kalmayı hem de ortopedik yaralanmayı azaltan yenilikçi ürünler arasında zemin veya tavanda asma vücut koruma ünitesi, koruyucu radyasyon kabinleri veya saçılmayı azaltmak için geliştirilmiş sistemler bulunur. Son olarak, hastayı ve tüpü çevreleyen özel koruma düzenlemeleri artık operatörlerin kişisel koruyucu ekipman olmadan çalışmasına izin veriyor. Radyasyon korumasına yönelik bu yeni yaklaşımlar, ek ekipman satın alınmasını ve artan maliyetleri gerektirir ve bu teknolojilerin birçok tesiste entegrasyonunu sınırlar. “Sıfır Yerçekimi” sistemi (BIOTRONIK), bir zemin ünitesinden veya tavadan asılı olan 1 mm kalınlığında kurşun gövde kalkanıdır. Bu sistem, operatör tarafından taşınan ağırlığı en aza indirirken operatör için radyasyona maruziyeti önemli ölçüde azaltmaktadır.³⁸ Cathpax kabini (Lemer Pax) gibi radyasyondan korunma kabinleri, operatörün steril alana erişmesi için açıklıklara sahip cam duvarlı yapılar olarak tasarlanmıştır ve radyasyona maruz kalmayı azaltmak için yapılan denemelerde de etkinliği gösterilmiştir.³⁹ Radiation sistemi (Radiation Medical), görüntüleme ışığını “kapsülleyerek” floroskopi güdümlü prosedürler sırasında tüm sağlık personeline tam vücut koruması sağlamak için geliştirilmiş robotik bir radyasyon koruma sistemidir. Bu sistem, dağınık radyasyonu engellemeyi amaçlamaktadır.

Ön fantom ve klinik değerlendirme, sistemin güvenli olduğunu ve klinik iş akışına kolayca entegre olduğunu göstermiştir.⁴⁰ Egg-Nest-XR sistemi (Egg Medical), entegre yatak, ray sistemleri, kol kartı ve çoklu esnek ve çevirmeli kalkan içeren koruyucu bileşenlere sahip bir karbon fiber taban platformundan oluşur. Bu kalkanlar, saçılmayı azaltmak için hastanın vücuduna uyacak şekilde ayarlanabilir. Ön veriler, sistemin geleneksel ekranlamaya kıyasla toplam oda saçılma radyasyonunda ortalama %91'lik bir azalma sağladığını göstermektedir.⁴¹

Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Akut Radyasyon Sendromları (ARS)

lyonlaştırıcı radyasyona akut bir şekilde maruz kalmanın sonucu olarak gelişen Akut Radyasyon Sendromları (ARS), radyasyonun en önemli deterministik etkilerindedir. Bu durumda, lenfositler vücudun radyasyona karşı en duyarlı hücreleri olarak öne çıkar. Lenfosit sayısındaki bir düşüş, erken teşhis aşamasında ısınlanma seviyesini belirleyebilecek en önemli ve faydalı laboratuvar testidir.

Bölgesel Radyasyon Hasarları

Bir bölgedeki yüksek dozda radyasyon maruziyetinin kısa süre içinde ve genellikle bir defada ortaya çıkardığı etkilere bölgesel radyasyon hasarı denir. Bu hasar genellikle kazalar sonucunda meydana gelir.

Radyasyon Kronik Etkileri

Uzun süre boyunca aralıklı olarak düşük dozlarda radyasyona maruz kalmak veya kronik olarak radyasyona maruz kalmak, etkilerin yıllar sonra ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu durumun sebebi, dozların düşük olmasına rağmen tekrarlanan radyasyon maruziyetlerinin organizmanın bir sonraki maruziyete kadar hasarı tamir edememesi ve bu hasarın zamanla artmasıdır. Kronik radyasyona maruz kalan bireylerde yıllar sonra katarakt, kanser (malignite), yaşam süresinde kısalma gibi etkilere ve sonraki nesillerde kalıtsal bozukluklara rastlanabilir (Tablo 4).

Tablo 4. Çalışan ve hasta için yıllık radyasyon limitleri

| | Kateter Ekibi | Hasta |
|------------------|---------------|--------|
| Yıllık Etkin Doz | 20 mSv | 1 mSv |
| Göz | 150 mSv | 15 mSv |
| Cilt | 500 mSv | 50 mSv |
| Kol-Bacak | 500 mSv | |

Radyasyon Etkisini Azaltmak İçin Alınması Gereken Genel Önlemler

- Üniteler zemin kata kurulmalıdır.
- Duvarlarda delikli tuğlalar yerine dolgu tuğlalar kullanılmalıdır.
- Duvarlar kurşun plakalar ile kaplanabilir.
- Teknisyen koruyucu bariyerler 2 mm'lik kurşun plakalarla kaplanmalıdır.
- Kurşun önlük, eldiven, gözlük, boyunluk, kask gibi giyilebilir koruyucular kullanılmalıdır.
- Kurşun önlük olarak 0.5 mm kurşun eşdeğeri önlükler kullanılmalıdır.

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

- X ışınının odadaki havayı iyonize etmesinden dolayı oluşan toksik gazlardan korunmak için iyi bir havalandırma sistemi kurulmalıdır.
- Çalışanların yıllık tıbbi muayenesi zorunludur (hematolojik, dermatolojik, tiroid).
- Personel, maruz kaldığı radyasyon dozlarını izlemek ve kaydetmek için kişisel dozimetre kullanmalıdır. Bu bilgiler belirli aralıklarla bir merkez tarafından izlenmeli ve kaydedilmelidir.
- Radyasyona maruz kalmayı azaltmak için görüntüleme kare hızları (örneğin, 15 fps veya 7,5 fps gibi) azaltılmalıdır. Ayrıca, mümkün olduğunda "flo store" kullanılmalı, maskeleme yapılmalı ve düz panel dedektörü hastaya yakın tutulmalıdır. Bu yöntemler radyasyona maruz kalma riskini azaltmada etkili olabilir.

Sonuç

İnvaziv kardiyoloji prosedürleri için iyonlaştırıcı radyasyon gerektirilen süreçte, radyasyondan korunma gelişmeye devam edecektir. Kişisel korumadaki yeni yenilikler ve hasta merkezli oda koruması, maruziyeti önemli ölçüde azaltacaktır. Radyasyona maruz kalmayı azaltmak ve daha verimli, güvenli ve konforlu bir çalışma ortamı oluşturmak için kanıtlanmış teknolojileri benimsemek en iyi uygulamadır. Bu, ortak bir hedef olarak benimsenmelidir.⁴²

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Bashore TM, Balter S, Barac A, Byrne JG, Cavendish JJ, Chambers CE, et al. 2012 American College of Cardiology Foundation/Society for Cardiovascular Angiography and Interventions expert consensus document on cardiac catheterization laboratory standards update: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *Journal of the American College of Cardiology*. 2012;59(24):2221-305. [Crossref]
2. Hendry C, Rashid R. Catheter Laboratory Design, Staffing and Training. In: Watson TJ, Ong P, Cheng JE, editors. *Primary Angioplasty: A Practical Guide*. Singapore: Springer Singapore; 2018. p. 69-81. [Crossref]
3. Donabedian A. The quality of care. How can it be assessed? *Jama*. 1988;260(12):1743-8. [Crossref]
4. Sanborn TA, Cheng JE, Anderson HV, Chambers CE, Cheatham SL, DeCaro MV, et al. ACC/AHA/SCAI 2014 health policy statement on structured reporting for the cardiac catheterization laboratory: a report of the American College of Cardiology Clinical Quality Committee. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(23):2591-623. [Crossref]
5. Naidu SS, Rao SV, Blankenship J, Cavendish JJ, Farah T, Moussa I, et al. Clinical expert consensus statement on best practices in the cardiac catheterization laboratory: Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2012;80(3):456. [Crossref]
6. King SB, Babb JD, Bates ER, Crawford MH, Dangas GD, Voeltz MD, et al. COCATS 4 Task Force 10: training in cardiac catheterization. *Journal of the American College of Cardiology*. 2015;65(17):1844-53. [Crossref]
7. Klein LW, Uretsky BF, Chambers C, Anderson HV, Hillegass WB, Singh M, et al. Quality assessment and improvement in interventional cardiology: a position statement of the Society of Cardiovascular Angiography and Interventions, part 1: standards for quality assessment and improvement in interventional cardiology. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2011;77(7):927-35. [Crossref]
8. Brownlee SA, Whitson PJ, Ibrahim AM. Measuring and Improving the Design Quality of Operating Rooms. *Surg Infect (Larchmt)*. 2019;20(2):102-6. [Crossref]
9. Naidu SS, Aronow HD, Box LC, Duffy PL, Kolansky DM, Kupfer JM, et al. SCAI expert consensus statement: 2016 best practices in the cardiac catheterization laboratory: (Endorsed by the cardiological society of india, and sociedad Latino Americana de Cardiologia intervencionista) [Crossref]
10. Affirmation of value by the Canadian Association of interventional cardiology-Association canadienne de cardiologie d'intervention. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2016;88(3):407-23. [Crossref]
11. Johnson LW, Moore RJ, Balter S. Review of radiation safety in the cardiac catheterization laboratory. *Catheterization and cardiovascular diagnosis*. 1992;25(3):186-94. [Crossref]
12. Christopoulos G, Makke L, Christakopoulos G, Kotsia A, Rangan BV, Roesle M, et al. Optimizing Radiation Safety in the Cardiac Catheterization Laboratory: A Practical Approach. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2016;87(2):291-301. [Crossref]
13. Lu, Ha, Chris Boyd, and Joe Dawson. "Lightweight lead aprons: the emperor's new clothes in the angiography suite?." *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 57.5 (2019): 730-739 [Crossref]
14. Fetterly KA, Magnuson DJ, Tannahill GM, Hindal MD, Mathew V. Effective use of radiation shields to minimize operator dose during invasive cardiology procedures. *J Am Coll Cardiol Intv*. 2011;4(10):1133-1139 [Crossref]
15. McNamara DA, Chopra R, Decker JM, et al. Comparison of radiation exposure among interventional echocardiographers, interventional cardiologists, and sonographers during percutaneous structural heart interventions. *JAMA Netw Open*. 2022;5(7), e2220597 [Crossref]
16. Mohapatra A, Greenberg RK, Mastracci TM, Eagleton MJ, Thornsberry B. Radiation exposure to operating room personnel and patients during endovascular procedures. *J Vasc Surg*. 2013;58(3):702-709 [Crossref]
17. Saada M, Sanchez-Jimenez E, Roguin A. Risk of ionizing radiation in pregnancy: just a myth or a real concern? *Europace*. 2023;25(2):270-276. [Crossref]
18. Best PJ, Skelding KA, Mehran R, et al. SCAI consensus document on occupational radiation exposure to the pregnant cardiologist and technical personnel. *EuroIntervention*. 2011;6(7):866-874. [Crossref]
19. Abdelal E, Plourde G, MacHaalany J, et al. Effectiveness of low rate fluoroscopy at reducing operator and patient radiation dose during transradial coronary angiography and interventions. *J Am Coll Cardiol Intv*. 2014;7(5):567-574. [Crossref]
20. Hattori K, Inaba Y, Kato T, et al. Evaluation of a new real-time dosimeter sensor for interventional radiology staff. *Sensors (Basel)*. 2023;23(1). [Crossref]
21. Meinhold C, Abrahamson S, Adelstein S. Report No. 116 - Limitation of Exposure to Ionizing Radiation (Supersedes NCRP Report No. 91). *National Council on Radiation Protection and Measurements*; 1993.
22. Kobayashi T, Hirshfeld Jr JW. Radiation exposure in cardiac catheterization: operator behavior matters. *Circ Cardiovasc Interv*. 2017;10(8). [Crossref]
23. Duran A, Hian SK, Miller DL, Le Heron J, Padovani R, Vano E. Recommendations for occupational radiation protection in interventional cardiology. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2013;82(1):29-42. [Crossref]
24. Roguin A, Nolan J. Radiation protection in the cardiac catheterisation

- lab: best practice. *Heart*. 2021;107(1):76-82. [\[Crossref\]](#)
25. Hirshfeld Jr JW, Ferrari VA, Bengel FM, et al. 2018 ACC/HRS/NASCI/SCAI/SCCT expert consensus document on optimal use of ionizing radiation in cardiovascular imaging: best practices for safety and effectiveness: a report of the American College of Cardiology task force on expert consensus decision pathways. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(24):e283-e351. [\[Crossref\]](#)
 26. Kuon E, Dahm JB, Empen K, Robinson DM, Reuter G, Wucherer M. Identification of less-irradiating tube angulations in invasive cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2004; 44(7):1420-1428 [\[Crossref\]](#)
 27. Sciahbasi A, Frigoli E, Sarandrea A, et al. Radiation exposure and vascular access in acute coronary syndromes: the RAD-matrix trial. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(20): 2530-2537. [\[Crossref\]](#)
 28. Tarighatnia A, Farajollahi AR, Mohammadalian AH, et al. Radiation exposure levels according to vascular access sites during PCI : a prospective controlled study. *Herz*. 2019;44(4):330-335. [\[Crossref\]](#)
 29. Saqib N, Pir MS, Rajagopalan S, Patel TM, Pancholy SB. Comparison of radiation exposure associated with transradial and transfemoral access: an updated meta- analysis. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2023;101(1):87-96. [\[Crossref\]](#)
 30. Georges JL, Belle L, Meunier L, et al. Radial versus femoral access for coronary angiography and intervention is associated with lower patient radiation exposure in high-radial-volume centres: Insights from the RAY*ACT-1 study. *Arch Cardiovasc Dis*. 2017;110(3):179-187. [\[Crossref\]](#)
 31. Saqib N, Pir MS, Rajagopalan S, Patel TM, Pancholy SB. Comparison of radiation exposure associated with transradial and transfemoral access: an updated meta- analysis. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2023;101(1):87-96. [\[Crossref\]](#)
 32. Stevenson A, Kirresh A, Ahmad M, Candilio L. Robotic-assisted PCI: the future of coronary intervention? *Cardiovasc Revasc Med*. 2022;35:161-168. [\[Crossref\]](#)
 33. Weisz G, Metzger DC, Caputo RP, et al. Safety and feasibility of robotic percutaneous coronary intervention: PRECISE (Percutaneous Robotically- Enhanced Coronary Intervention) Study. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(15): 1596-1600. [\[Crossref\]](#)
 34. Iglesias ML, Schmidt A, Ghuzlan AA, et al. Radiation exposure and thyroid cancer: areview. *Arch Endocrinol Metab*. 2017;61(2):180-187 [\[Crossref\]](#)
 35. Hafezi L, Arianezhad SM, Hosseini Pooya SM. Evaluation of the radiation dose in the thyroid gland using different protective collars in panoramic imaging. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018;47(6), 20170428. [\[Crossref\]](#)
 36. Hirata Y, Fujibuchi T, Fujita K, et al. Angular dependence of shielding effect of radiation protective eyewear for radiation protection of crystalline lens. *Radiol Phys Technol*. 2019;12(4):401-408. [\[Crossref\]](#)
 37. Musallam A, Volis I, Dadaev S, et al. A randomized study comparing the use of a pelvic lead shield during trans-radial interventions: threefold decrease in radiation to the operator but double exposure to the patient. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015;85(7):1164-1170. [\[Crossref\]](#)
 38. Vlastra W, Delewi R, Sjauw KD, et al. Efficacy of the RADPAD protection drape in reducing operators' radiation exposure in the catheterization laboratory: a sham- controlled randomized trial. *Circ Cardiovasc Interv*. 2017;10(11):e006058. [\[Crossref\]](#)
 39. Domienik-Andrzejewska J, Mirowski M, Jastrzbski M, et al. Occupational exposure to physicians working with a Zero-Gravity protection system in haemodynamic and electrophysiology labs and the assessment of its performance against a standard ceiling suspended shield. *Radiat Environ Biophys*. 2022;61(2):293-300. [\[Crossref\]](#)
 40. Gutierrez-Barrios A, Angulo-Pain E, Noval-Morillas I, et al. The radioprotective effect of the Cathpax AIR cabin during interventional cardiology procedures. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021;98(4):E523-E530. [\[Crossref\]](#)
 41. Laish-Farkash A, Harari E, Finkelstein A, et al. A novel robotic radiation shielding device for interventional cardiology procedures. *EuroIntervention*. 2022;18(3): 262-266. [\[Crossref\]](#)
 42. Wilson R, Gainor J, Valeti U, Montague J, Wilson B. TCT-248 A new device to markedly reduce cardiac Cath lab radiation levels. *J Am Coll Cardiol*. 2018; 72(13):B103. [\[Crossref\]](#)
 43. Roguin, Ariel, et al. "Update on radiation safety in the cath lab-moving toward a "Lead-Free" environment." *Journal of the Society for Cardiovascular Angiography & Interventions* (2023): 101040. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 1.3

PONKSİYON VE KAPATMA TEKNİKLERİ

Doğaç ÖKŞEN
Veysel OKTAY

Ponksiyon ve Kapatma Teknikleri

Puncture and Hemostasis Techniques

BÖLÜM HAKKINDA

Perkütan yolla uygulanan tüm kardiyovasküler girişimlerde venöz ve/veya arteriyal sisteme erişim işlemlerin ilk basamağıdır. Arteriyal veya venöz sistemin kateterizasyonu basit görünmek ile beraber oldukça önemli olup herhangi bir istenmeyen durumda hayatı tehdit eden ciddi komplikasyonlara yol açabilmektedir. Kardiyak kateterizasyonun zaman içinde gelişimi ile birlikte tüm dünyada femoral yol geniş damar çapı, kompresyona izin veren anatomik lokalizasyonu sayesinde en yaygın ve en uzun süredir kullanılan girişim bölgesidir. Son yıllarda artan operatör tecrübesi ve malzeme kalitesi ile birlikte radial yol hasta konforunun artırılması ve olası komplikasyonların azaltılması amacıyla sıklıkla tercih edilmeye başlanan yeni bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ponksiyon, hemostaz

ABOUT the CHAPTER

In all percutaneous cardiovascular interventions, access to the venous and/or arterial system is the first step of the procedure. Although catheterization of the arterial or venous system seems simple, it is very important and can lead to serious life-threatening complications in any undesirable situation. With the development of cardiac catheterization over time, the femoral route has become the most common and longest-used intervention site all over the world, thanks to its large vessel diameter and anatomical localization that allows compression. In recent years, with increasing operator experience and material quality, the radial route has emerged as a new alternative that has become frequently preferred in order to increase patient comfort and reduce possible complications.


Keywords: Ponction, hemostasis


Perkütan yolla uygulanan tüm kardiyovasküler girişimlerde venöz ve/veya arteriyal sisteme erişim işlemlerin ilk basamağıdır. Arteriyal veya venöz sistemin kateterizasyonu basit görünmek ile beraber oldukça önemli olup herhangi bir istenmeyen durumda hayatı tehdit eden ciddi komplikasyonlara yol açabilmektedir. Kardiyak kateterizasyonun zaman içinde gelişimi ile birlikte tüm dünyada femoral yol geniş damar çapı, kompresyona izin veren anatomik lokalizasyonu sayesinde en yaygın ve en uzun süredir kullanılan girişim bölgesidir. Son yıllarda artan operatör tecrübesi ve malzeme kalitesi ile birlikte radial yol hasta konforunun artırılması ve olası komplikasyonların azaltılması amacıyla sıklıkla tercih edilmeye başlanan yeni bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Femoral Girişim

Femoral girişim kompleks koroner ve yapısal kalp hastalıklarına yönelik girişimlerde, periferik arter hastalıklarının tedavisinde halen tüm dünyada en sık kullanılan yöntemdir. Geniş damar çapı sayesinde, radial yol ile taşınamayacak boyutlardaki malzemelerin taşınmasına olanak vermesi, manüplasyon ve erişim kolaylığı sayesinde femoral girişim, girişimsel kardiyoloji ile uğraşan hekimler için yıldızı sönmeyecek kritik bir öneme sahiptir. Perkütan yol ile vasküler erişimin öncülüğünü 1950'li yıllarda Seldinger yapmıştır.¹ Seldinger tekniği anjiyoplasti gibi endovasküler prosedürleri gerçekleştirmek için tanımlanan bir yöntem olup öncelikle girişim yapılmak istenen damara palpasyon veya ultrason (USG) eşliğinde içi boşluklu bir iğne ile ulaşılır. İğnenin arka tarafından kan akımı geldiği görüldüğünde iğne lümeninden ucu yuvarlak bir kılavuz tel ilerletilir ve iğne geri çekilir. Kılavuz tel artık ulaşılacak istenen damar lümenindedir. Kılavuz tel üzerinden damar içine işlemde kullanılacak olan kılıf veya küt bir kanül yerleştirilebilir. Kılavuz



Doğaç Öksen 

Veysel Oktay 

Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: dogacoksen@istanbul.edu.tr
veyse.oke.oke@iuc.edu.tr

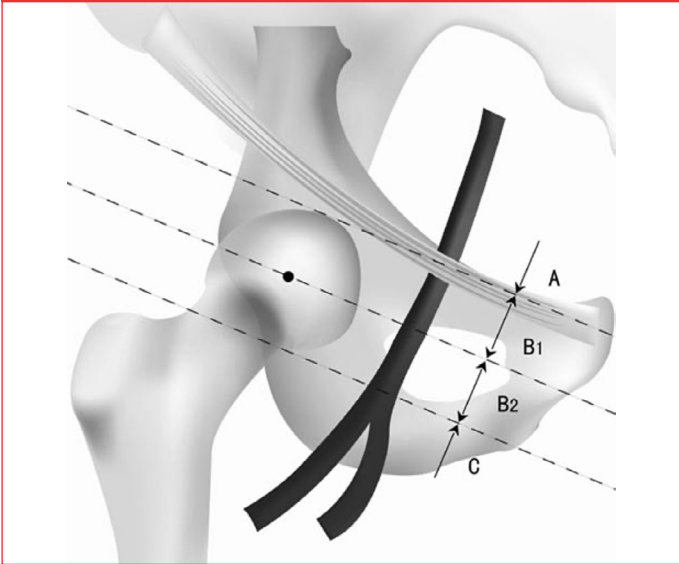
Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Oktay V, Öksen D. Ponksiyon ve kapatma teknikleri. Ersanlı M, (Ed.) *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yaynevi; 2024: 16-23.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

tel kılıf içerisinden geri çekilerek işlem yeri girişimsel prosedür için hazır hale getirilir. Femoral yolda iğne ile ponksiyon sırasında arka duvar ponksiyonu yapılması komplikasyon riskini arttıracığı için önerilmez. Radyal yaklaşımda ise ponksiyon iğnesi arka duvara dayandıktan sonra geri çekilerek kan akımı tekrar gelmeye başladığı yerde sabitlenerek kılavuz tel damar lümenine ilerletilir. Çoğu bireyde ideal femoral arter ponksiyon yeri kasık derisi kıvrımının 2-3 cm altında bulunur. Genellikle operatörlerin büyük bir bölümü, kasık derisi kıvrımını kılavuz olarak ponksiyon yerlerini belirler. Femoral arter için ideal ponksiyon yeri bifurkasyon öncesi ortak (common) femoral arter (CFA) üzerinde olmalıdır. Özellikle obez ve kadın hastalarda her zaman kasık deri katlantısı femoral arter ile aynı doğrultuda yer almayabilir ve bu da daha distal yani süperfisyel femoral arter (SFA) ponksiyonu ile sonuçlanabilir. Daha distalden yapılan ponksiyonlarda işlem sonrası arter bası sırasında femur başına sıkıştırılmadığı için hemostaz yetersiz olabilir. Floroskopik olarak anterior süperior iliak spina ve simfizis pubis inguinal ligamanın yerini belirlemede yardımcı olur ve ponksiyon bu hattın ortalama 2 - 3 cm altından CFA'ya ponksiyon yapılabilir. Floroskopide yardım alınabilecek bir diğer belirleyici nokta femur başıdır. Femur başının medial 1/3' ü ve lateral 2/3' ünün birleştiği nokta CFA trasesine karşılık gelir. Ponksiyon öncesi floroskopi ile femur başının görülmesi ihmal edilebilir oranda ek radyasyona karşın ciddi komplikasyonlardan operatörü korur. CFA ponksiyonu öncesi giriş yerinin floroskopik olarak belirlenmesi ilk olarak 1974 yılında Grossman tarafından tanımlanmıştır.² Femoral arter, CFA'nın çıkışından ortalama 2,5 - 5 cm distalden dallanır. CFA'nın en cilde yakın olduğu nokta femur başı hizasıdır (Şekil 1). Yüksek seviyelerden yapılan ponksiyonlarda retroperitoneal kanama riski artacağı gibi distal ponksiyonlarda ise hem psödoanevrizma hem de arteriyovenöz fistül sıklıklarında artış gösterilmiştir. Retroperitoneal bölgede zayıf bağ dokusu sebebi ile oluşabilecek bir kanama masif düzeyde olabilir.

Şekil 1. Femoral Arter İçin İdeal Ponksiyon Yeri Bifurkasyon Öncesi CFA Üzerinde Olmalıdır. Ponksiyon İçin Femur Başı Lokalizasyona Yardımcı Olur.



Hastaların giriş yeri belirlendikten sonra bölgenin sterilizasyonunun etkinliğini arttırmak amacı ile traş edilerek var ise vucut kılıf

larından arındırılmalıdır. Femoral bölge ponksiyon öncesi tercihen %10'luk povidon iyot çözeltisi ile steril edildikten sonra ponksiyon bölgesi açıkta kalacak şekilde hasta örtülür. Klasik olarak 10 cc kadar %1 konsantrasyonda lidokain veya %2 prilokain ile lokal anestezi uygulanır. Hastanın ihtiyacına göre yeterli analjezi sağlamak amacı ile miktar arttırılabilir. Lokal anestezi uygulaması esnasında intravasküler yatağa olup olunmadığına emin olunmak için mutlaka enjeksiyondan önce şırınganın pistonu geri çekilerek kontrol edilmelidir. Lokal anestezi ajanlarının intravasküler kullanımını ciddi aritmiye sebep olabilir. Lokal anestezi uygulanırken hasta vazovagal reaksiyon açısından izlenmelidir. Hastalara ihtiyaç olması durumunda bilinçli sedasyon (örneğin, 1 mg midazolam ve 25 µg IV fentanil; yaşlılarda doz azaltılır) kullanılabilir. İçerisinden 0.038 inç boyutlarında kılavuz tel geçmesine imkan veren 18 gauge iğne ponksiyon için kullanılır. Son zamanlarda, komplikasyon oranlarını azaltmak ve hasta konforunu arttırmak amacı ile daha küçük boyutlarda iğne ve kılavuz teller tercih edilmektedir. 21 gauge ve daha küçük boyutlardaki ponksiyon iğnelerinin kullanımı sıklıkla artmaktadır. Artan malzeme teknolojisi ile beraber kılıfların dış çapları küçülmesine rağmen içlerinden daha geniş boyutlardaki kateterlerin geçmesine imkan sağlamaktadır. Yeterli lokal anestezi kullanımdan sonra, cilde 30° - 45° lik bir açı ile deri ponksiyonu yapılır. Obez hastalarda iğnenin cilde giriş açısı kilo ile birlikte artan daha dik bir açı kullanımı ponksiyonu kolaylaştırır. Modifiye Seldinger tekniği ile femoral arter ön duvar delinerek artere giriş sağlanır. Femoral arter kanüle edildikten sonra, herhangi bir kılavuz tel ilerletmeden önce iyi bir pulsatile kan akışı sağlanmalıdır. 0.035 inçlik J uçlu bir kılavuz tel daha sonra iğne içinden femoral arter, iliak arter ve desendan aorta doğru ilerletilir. Tel ilerletme sırasında herhangi bir dirençle karşılaşılırsa floroskopik altında yapılmalıdır. Kılavuz tel iğne ucundan çıkarken dirençle karşılaşılırsa, kılavuz tel çıkarılmalı ve hızlı akışı sağlamak için iğne ayarlanmalıdır. Obez hastalarda kılavuz tel yerleştirilmeden önce iğnenin cilde doğru indirilmesi, kılavuz telin daha rahat gitmesine yardımcı olur. Benzer şekilde, iğne duvara dayandığında, lateral veya medial olarak hafifçe yeniden konumlandırma kılavuz telin düzgün ilerlemesine yardımcı olacaktır. Kılavuz telin eksternal veya ana iliak arterde dirençle karşılaştığı durumlarda, kılavuz telin floroskopi altında ilerletilmesi ve kuvvet uygulanmaması önemlidir. Eğer kılavuz tel ilerletilemez ise veya tortüyoş yapıda iliak arteri olan hastalarda, J uçlu kılavuz tel 0,035 inçlik bir tel ile değiştirilebilir. Arter içerisine yeterli uzunlukta bir tel konumlandırıldığı zaman iğne tel içeride kalacak şekilde çıkartılır ve kılıfın daha kolay gitmesini sağlamak için bistüri yardımı ile ciltte küçük bir çentik bırakılır. Tel üzerinden içerisinde dilatör bulunan bir femoral arter kılıf ilerletilir. Son olarak kılıf heparinize serum fizyolojik ile yıkanır.

USG Eşliğinde Femoral Arter Kanülasyonu

Femoral arter kanülasyonu esnasında USG rehberliği, giderek daha sık kullanılan bir yöntemdir. Anatomik veya floroskopik yöntemler ile belirlenen bölgeye 7 Mhz'lik USG probuna steril kılıf giydirilerek ultrasonografik olarak gösterilmesi ile uygulanır. Prob ile arter bifurkasyon bölgesine kadar takip edilir. Doppler USG ile kan akışının yönü ve nabızda daha monofazik bir sinyale sahip olan femoral ven, trifazik akım gözükken femoral arterden ayırt edilebilir. CFA bulunduğu ve plak yükü olmayan bir segment görüntülediğinde, eş zatik lı USG kılavuzluğunda arteriyel kanülasyon gerçekleştirilebilir. İğne, USG'deki görüntüye göre gerektiği

gibi manüple edilir. USG rehberliğinin plak yükü fazla bölgesinden ponksiyon yapılarak olası komplikasyonların önüne geçilmesini sağlar. Dezavantajları ise, işlem süresini uzatır, ek malzeme man avantajı, femoral venin veya dallarının doğrudan arterin üzerinde olduğu anatomik varyantlarda istenmeyen venöz ponksiyonun önlenmesidir. Ayrıca, anatomik varyasyon (yüksek femoral arteriyel bifurkasyon) nedeniyle bir yan dala kanülasyonun önlenmesinin yanı sıra femoral arterin ekipman ihtiyacı sebebi ile işlem maliyeti artar.

Femoral Erişim Endikasyonları

- Koroner anjiyografi ve perkütan koroner girişimler (özellikle daha büyük kateter boyu gerektiren işlemler için)
- Perkütan yapısal kalp girişimleri (mitral valvüloplasti, transkateter aort kapak replasmanı, vb.)
- Periferik vasküler görüntüleme ve girişimler (daha uzun kateterler ile transradial erişim yapılabilir fakat dizaltı girişimler için genellikle femoral yol tercih edilir.)
- İntraaortik balon pompası, ECMO, Impella cihazı implantasyonu

Femoral Girişimden Kaçınılması veya Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

- Ciddi periferik arter hastalığı
- Periferik arter hastalığı sebebi ile yapılan stent ve/veya bypass işlemleri
- Son 90 gün içerisinde femoral işlem sonrası kapatma cihazı kullanımı
- Önceki işlemde kaynaklanan femoral giriş yeri komplikasyonu
- Aktif kasık bölgesinde enfeksiyon
- İliak ve/veya aortailiak anevrizmalar
- Palpe edilemeyen femoral nabız
- Morbid obezite
- Hastanın prosedür sonrası düz yatmasını engelleyecek durumlar
- Antikoagülan kullanımı, kanama ve transfüzyon endikasyonu bulunması

Femoral Giriş Yeri Komplikasyonları ve Yönetimi

Femoral giriş yeri komplikasyonları, girişimsel kardiyoloji işlemlerinde en sık görülen komplikasyonlardandır. Bu komplikasyonların tanı ve tedavisinde gecikme hastalarda ciddi morbidite ve hatta mortaliteye sebep verebilir.

Arteriyovenöz (AV) Fistül

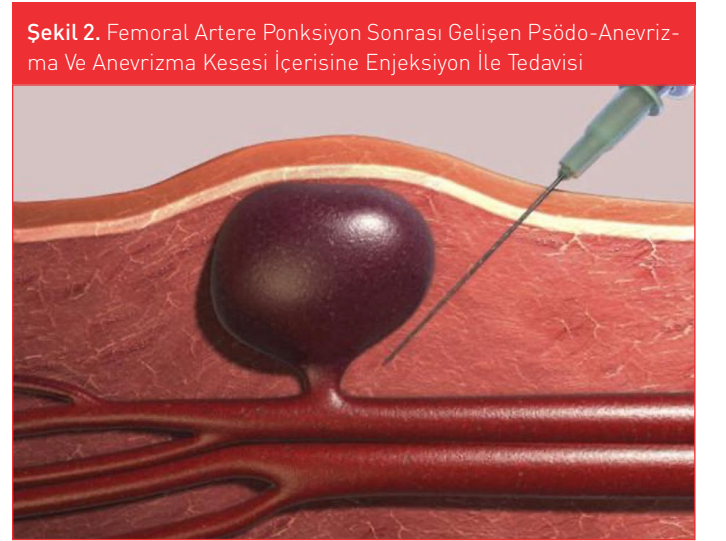
Femoral yaklaşımlarda AV fistül insidansı % 1'in altındadır. Femoral AV fistül, kılıf yerleştirildiği bölgede arter ve ven arasında oluşan anormal bağlantıdır. Düşük seviyeden yapılan femoral ponksiyon (süperfisyal femoral artere yakın komşuluk gösteren profunda femoral venin ponksiyon sırasında delinmesi), yüzeysel venlerin içinden geçen çok sayıda ponksiyon denemesi, geniş kılıf kullanımı, etkisiz manuel kompresyon, kadın cinsiyet, antikoagülan veya antifibrinolitik kullanımı, ileri yaş ve arteriyel hipertansiyon AV fistül için risk faktörleridir.³

Genellikle asemptomatik olup hastanın kasıkta titreşim benzeri hissiyat ve üfürüm olabilir. Hastalar genellikle şant nedeni ile olu-

şan yorgunluktan şikayet eder. Nadiren yüksek debili kalp yetmezliği, alt ekstremitte ödemi, alt ekstremitede klaudikasyon iskemisi benzeri semptomu neden olabilir. Fizik muayenede sürekli üfürüm duyulması ile tanı konur. Doppler USG veya bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografi ile tanı kesinleştirilir. Küçük AV fistüller seri USG ile takip edilir ve takiplerde çoğunlukla spontan tromboz ile kendiliğinden kapandığı izlenir. Daha büyük AV fistüller için ise 1 saate kadar USG eşliğinde kompresyon önerilir. Kompresyon ile kapanmayan AV fistüller için cerrahi ligasyon, endovasküler kapalı stent kullanımı veya perkütan embolizasyon diğer tedavi seçenekleridir.

Psödo (Yalancı) Anevrizma

Psödo anevrizma insidansı femoral yaklaşımda % 1 ile % 3 arasındadır. Arter üzerinde meydana gelen bir hematoma kesesi ve bu kesenin içerisine sistol ve diyastol sırasında aralıklı olarak kan girişinin olması psödo anevrizma olarak tanımlanır (Şekil 2). Düşük seviyeden ponksiyon (süperfisyal femoral arter ponksiyonu), geniş kılıf çapı, etkisiz kompresyon, antikoagülan tedavi, ileri yaş ve arteriyel hipertansiyon psödo anevrizma için risk faktörleridir. Hasta sıklıkla giriş yerinde ağrı ve şişlik şikayeti ile başvurur. Doppler USG vasıtasıyla tanı konur. Anevrizma kesesinin 2 cm altında olması durumunda doppler USG ile takip sıklıkla yeterli olur. 2 cm'den büyük keseye sahip anevrizmalar için USG eşliğinde 30 ila 300 dakika arasında kompresyon önerilir.⁴



Diseksiyon

Femoral arterin retrograd diseksiyonu, femoral arter kanülasyonu sırasında kılavuz tele bağlı gözüktür. Ek olarak, femoral kılıf veya kateter arter duvarına dayalı iken kontrast madde verilmesi de diseksiyona yol açabilir. Diseksiyonların büyük bir kısmı semptom vermez anjiyografik görüntüleme ile tanı alırlar. Diseksiyon flebi nadiren antegrad kan akışını engeller. Semptom vermeyen akımı kısıtlamayan diseksiyonlar girişim yapılmadan takip edilirken oklüzyona sebep veren diseksiyonlar kontralateral yaklaşım ile perkütan veya cerrahi olarak tedavi edilmelidir. Akut ekstremitte iskemisi kardiyovasküler acillerdendir.

Akut Ekstremitte İskemisi

Nadir görülen bir femoral girişim komplikasyonu olup kılıf üzerin-

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

de veya bölgede oluşan trombus oluşmasına bağlı görülür. Literatürde az sayıda damar kapama cihazı kullanım komplikasyonuna bağlı (Angio-Seal) bildirilmiş vakalar mevcuttur.^{5,6} Küçük kalibreli damar çapına sahip olma, periferik arter hastalığı, kadın cinsiyet, femoral kılıfın uzun süre hastada kalması riski arttıran faktörlerdir. Ağrı, solukluk, parestezi, güç kaybı distal nabızlarda zayıflama gibi semptom ve bulgular görülür. Acil olarak perkütan anjiyoplasti veya cerrahi yol ile revaskülarizasyon sağlanmalıdır.

Retroperitoneal Kanama

Retroperitoneal kanama, % 3' ün altında sıklık ile izlenen fakat en ciddi komplikasyondur. Yüksek seviye ponksiyon, antiagregan ve antikoagülan tedavi, arka duvar ponksiyonu retroperitoneal kanama için risk faktörleridir. Hastada işlem sonrası oluşan yan ve sırt ağrısı ilk bulgulardır. Daha ciddi vakalarda, vazovagal reaksiyon benzeri bradikardi ve hipotansiyon izlenir. Fizik muayenede, batında hassasiyet, hipotansiyon, taşikardi, Turner ve Cullen bulguları görülebilir. Sırtta ve yanlara doğru yayılan hemorajik ekimotik alan izlenmesi Turner bulgusu olarak tanımlanır ve sıklıkla retroperitoneal kanamadan 24 – 48 saat sonra ortaya çıkar. Retroperitoneal veya intra- abdominal kanama sonrası göbük çevresinde ödem ekimoz görülmesi ise Cullen bulgusu olarak adlandırılır. Şüphe halinde ivedilikle pelvis BT çekilerek kesin tanı konur. Tedavide öncelik hemodinamik stabilitenin sağlanması olup ihtiyaç halinde kristalloidler ve kan transfüzyonu ile hemodinami desteklenir. Kontralateral erişim ile balon şişirilmesi ve/veya kapalı stent kullanımını düşünülebilir. Kanama kontrol altına alınmaz ise cerrahi tamir tedavi seçeneklerinden biridir.

Radial Girişim

Brakial arter antekübital bölgede iki dal vererek radial ve ulnar arterlere ayrılır. Radial arter, lateral seyir ile baş parmağa doğru seyrederken, ulnar arter daha medial hattan ele ulaşır. Bölgedeki arterler anatomik varyasyon gösterebilir, tortiyozite veya arter üzerinde loop izlenebilir. Bilek bölgesi geçildikten sonra süperfisyel ve derin ark oluştururlar. Radial arter çoğunlukla süperfisyel arka katılır ve distal radius üzerinden geçerek kompresyona imkandır.

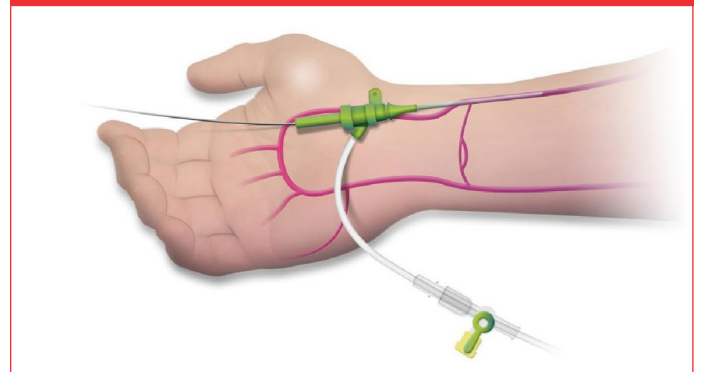
İşlem öncesi kullanılacak elin, hem ulnar hem de radial sirkülasyona sahip olup olmadığını belirlemek için Allen veya Barbeau testleri kullanılması önerilir. Testlerin amacı herhangi bir radial arter oklüzyonuna sebep olan komplikasyon geliştiğinde, elin diğer damar üzerinden beslenerek dijital iskemiye mağruz kalmayacağını belirlemektir. Bazı operatörler ikili dolaşım kanıtı olmayan hastalarda radial yaklaşımdan kaçınırken bazı çalışmalarda Allen ve Barbeau test sonuçları ile dijital iskemi arasında bir korelasyon olmadığı belirtilmektedir.⁷ Allen testi, hem radial hem de ulnar arter üzerine el ayası beyazlaşana kadar kompresyon yapıldıktan sonra ulnar arter üzerindeki basınç serbest bırakılarak yapılır. El ayasının rengi geri döner ise test sonucu normal kabul edilir. Bir diğer test yöntemi Barbeau testidir. Başparmağa bir nabız oksimetre probu takılır ve prob üzerinde pletismografik (arteriyel) dalga izlenir. Daha sonrasında radial artere 2 dakika kadar manuel kompresyon yapılır. Arteriyel dalga yanıtı 4 gruba ayrılır: A – arteriyel dalga formunda değişiklik yok. B – Arter dalga yüksekliğinde azalma var fakat formunda değişiklik yok. C – Dalga formu düzleşir fakat arteriyel patern 2 dakika içerisinde geri döner. D – Dalga

formu düzleşir ve arteriyel dalga modeli 2 dakika içerisinde geri döner. Barbeau testini kullanan operatörler, elde ikili arteriyel dolaşımın olmadığını gösteren D tipi pletismografik yanıt gösteren hastalarda radial erişimden kaçınmalıdır.

Çoğu operatör erişim kolaylığı sebebi ile sağ radial arteri kullanmayı tercih eder. Bununla birlikte daha önceden koroner arter bypass cerrahisi (KABC) geçiren hastalarda sol internal mammarian arter (LIMA) greft olarak kullanılmış ise sağ koldan erişim güç olacağı için sol radial yaklaşım daha avantajlıdır. Bazı operatörler femoral yaklaşımdaki anatomik benzerlikler sebebi ile sol radial arter üzerinden yapılan koroner anjiyografilerde daha kısa sürede ve daha az radyasyon ile işlemi tamamlayabilirler. İşlem sürecindeki bu kısalık özellikle primer perkütan girişimlerde avantaj sağlayabilir.

Radial arterin genellikle girişim için en sık el bileğinden 1–2 cm proksimalinde kalan bölümü tercih edilir (Şekil 3). El ekstansiyonda ve süpin pozisyonda tutulur. Bölgeye yeterli miktarda lokal anestezi ajan uygulanmalıdır. Bazı operatörler radial arter trasesi üzerine lokal anestezi ajan uygulamasından sonra radial nabız palpasyon hissini silikleşeceği endişesi ile az miktarda anestezi yapma eğilimindedirler, fakat hastanın ponksiyon sırasında ağrı hissetmesi arteriyel spazm olasılığını yükseltmektedir. Radial artere girişim, radial kemik stiloid çıkıntısının üzerinden yapılır. Modifiye Seldinger ve gerçek Seldinger metodu olmak üzere iki farklı teknik uygulanabilir. Gerçek Seldinger tekniğinde ponksiyon iğnesi radial artere girip pulsatil olarak kan akımı gelmeye başladıktan sonra iğne kan akımı kesilinceye kadar bir miktar daha ittilir ve kan akımı kesildikten sonra tekrar başlayana kadar iğne geri çekilir. Akım geldiği yerde kılavuz tel ilerletilir. Modifiye Seldinger, anterior ponksiyon tekniğinde iğne kan akımı ilk geldiği anda sabitlenir kılavuz tel ilerletilir. Her iki tekniği de karşılaştıran randomize klinik çalışmada gerçek Seldinger tekniği, anterior yaklaşıma göre daha hızlı erişim sağlamak ve daha yüksek başarılı ponksiyon oranına sahiptir. Kanama ile ilgili komplikasyonlar her iki teknikte de benzer izlenmiştir.⁸ Kılavuz tel üzerinden kılıf kaydırılarak radial artere yerleştirildikten sonra radial arter oklüzyonunu azaltan 70u/kg (maksimum 5.000 ünite) dozunda unfraksiyone heparin (UFH) yapılır. Radial spazmı gidermek için tercihen verapamil veya nitrogliserin türevi diğer arteriyel vazodilatörler kullanılır.

Şekil 3. Radial Anjiyografi El bileğinin 2–3 cm proksimalinden ponksiyon yapılarak Seldinger tekniği ile radial artere kılıf yerleştirilir.



Radial Girişim Komplikasyonları ve Yönetimi

Radial yaklaşımlarda komplikasyon sık izlenmez ve olan komplikasyonlar radial arterin kompresyona izin veren seyri sayesinde genellikle konservatif olarak manuel kompresyon, tansiyon manşonu şişirme, transradial bantlar ile çözümlenir. Nadir olarak ciddi kanamalarda, kompartman sendromuna gidis izlenebilir. Radial spazm ve radial arter oklüzyonu en sık izlenen komplikasyonlardır.

Radial Arter Spazmı

Radial işlem sırasında en sık izlenen istenmeyen olaydır. Yukarıda bahsedildiği gibi radial prosedürde kılıf yerleştirildikten sonra intra arteriyel vazodilatörler uygulanır. Radial spazm artan operatör tecrübesi ile beraber kateter manipülasyonunda azalma sebebi ile giderek düşen bir sıklığa sahiptir. Günümüzde malzeme boyutlarındaki azalma, radial ponksiyon sırasında tek seferde başarılı ponksiyon spazm riskini azaltan etkenlerdir.⁹ Tüm bunlara rağmen, genç yaş, kadın cinsiyet, diyabet, küçük bilek çapı ve düşük vucut kilosu spazm için risk faktörleridir.¹⁰ İşlem sırasında hastanın kolda ağrı duyması ve/veya kateter manipülasyonları sırasında direnç olması radial arter spazmının ilk bulgularıdır. Spazm sırasında daha fazla kateter manipülasyonu hastada ağrı duyusunu artırarak, vazomotor yanıt ile spazm şiddetinde artışa yol açmaktadır. Dikkatli ve ağrısız ponksiyon, hidrofilik kaplı kılıf ve kılıf yerleştirildikten sonra anti-spazmolitik kokteyl radial arter spazmından korunmak için ana önlemlerdir. Kılıf içerisinden arteriyel sisteme yapılan kalsiyum kanal blokeri, nitrat ve lidokain en sık kullanılan ajanlardır.¹¹ Tüm önlemlere rağmen spazm gelişti ise kateter manipülasyonu azaltılarak, arteriyel sistemden vazodilatör ajanlar, lokal anestezi, analjezi yapılabilir. Daha ileri vakalarda sedasyon ve hatta genel anestezi yardımı ile spazm dolayısı ile hapsolmuş materyal çıkarılabilir. Spazm sebebi ile manipüle edilemeyen malzemeye güç uygulayarak çekme girişimi, radial arterde perforasyona ve eviserasyona yol açabileceğinden dikkatli olunmalıdır.

Radial Arter Perforasyonu

Radial arter kılavuz tel veya kateter ile çoğu zaman iatrojenik olarak perfore olabilir (Şekil 4). Hasta genellikle kol ağrısından şikayet eder ve şiddetli spazm olabilir. Anjiyografik olarak ön kola ekstravazasyonun görülmesi ile tanı konur. Bu komplikasyon dramatik görünse de panikten kaçınarak kateter ve tel geri çekilmeli, eğer kılavuz tel perforasyon bölgesinden proksimale geçebiliyorsa, kateter yavaşça kılavuz tel üzerinden ilerletilmelidir. Kılavuz tel ile geçilemez ise 0,014» koroner kılavuz tel kullanılmalı ve ardından perforasyon boyunca bir kateter ilerletilmelidir. Kateterin varlığı ve eşlik eden arteriyel spazm, perforasyonların tamamına yakını kapatır. Kolun etrafı dirsek bölgesine kadar sıkıca elastik bandaj ile sarılması hematoma gelişiminin önlenmesine yardımcıdır. Hastanın işlem sonrası radial ve ulnar nabızları yakın olarak takip edilmeli kompartman sendromu akılda tutulmalıdır.

Radial Arter Oklüzyonu

Radial arterden yapılan girişim sonrasında en sık görülen komplikasyondur. Özellikle uzun süren işlemler veya işlem sonrası kılıfın hasta üzerinde kalması riski artırır. Oklüzyonu önlemek için radial yaklaşımda daha küçük çaplı kılıf kullanımı ve yeterli antikoagülasyon uygulanmalıdır. İşlem sonrası 24 saat içerisinde oklüzyon

meydana gelen hastaların % 50' sinde 30 gün içerisinde rekanalizasyon sağlandığı görülmüştür.¹² Radial arterde tıkanıklık Doppler USG ile doğrulandıktan sonra, 4 hafta boyunca düşük moleküler ağırlıklı heparin ile sistemik antikoagülasyon uygulanmalıdır. 4 haftalık tedaviden sonra radyal arterin açıklık oranını %86'ya kadar çıkarmaktadır.

Şekil 4. Radial Arter Perforasyonunun Anjiyografik Görüntüsü



Distal Radial Yaklaşım

Anatomik enfiye çukurundan ponksiyon yapılarak uygulanan distal radial ponksiyon yeni ortaya çıkan ve girişimsel kardiyologlar arasında hızla popülerlik kazanan yeni bir yaklaşımdır. Radial arter ön kolun lateral tarafından bileğe doğru yaklaşır ve fleksör karpi radialis tendonunun medial tarafından palpe edilir. Daha sonrasında tenar kasların içinden geçerek süperfisyel palmar arkin dallarını verir ve ulnar arterin uç dalları ile anastomoz yapar. Radial arterin distal bileğin dorsal tarafından posterolateral seyir göstererek enfiye çukurundan geçer. Bu bölgede radial arter yüzeysel olarak palpe edilebilir ve ponksiyona imkan tanır. Enfiye çukurunun tabanında metakarpal kemiklerden oluşan hemostaz imkanı sağlayan kemik tabanı bulunur. El sırtından yapılan girişim, özellikle donuk omuz ve dirsek sebebi ile eklem hareketlerinde kısıtlılık olan elini supin pozisyona getiremeyen hastalar için kolaylık sağlamaktadır. Bir diğer avantajı, kemik taban sayesinde vasküler komplikasyon riski daha düşüktür. Hemostaz süresinde belirgin azalma sağlar.¹³

Distal radial yaklaşımda, kıvrımlı arteriyel yapı, anatomik varyasyonlar diğer radial erişimleri engellediği gibi distal radial yaklaşımı da sınırlandırır. Aynı zamanda klasik giriş yerine ortalama 5 cm daha uzak bölgeden erişim sağlanacağı için özellikle uzun boylu hastalarda koroner arter görüntülemesinde klasik kateterlerin boyu kısa kalabilir. Aynı zamanda arter çapı konvansiyonel bölgeye

göre daha küçük olup daha yüksek başarısız ponksiyon oranlarına sahiptir.¹⁴

Vasküler Kapama Cihazları ve Komplikasyonları

Perkütan endovaskülerde vasküler erişim yerinin işlem sonrası kapatılması basit görünmek ile beraber istenmeyen hatta hayatı tehdit edebilen komplikasyonlara sebebiyet verebilmektedir. Bu sebepten dolayı endovasküler işlemlerin başladığı zamandan bu yana çeşitli teknolojik yenilikler gelmekle beraber halen erişim yeri arteriyotomilerinin hemostazını sağlamak için manuel kompresyon altın standart ve en uygun maliyetli tedavi yöntemidir.

Günümüzde, gelişen teknoloji ile beraber özellikle femoral yol ile yapılan girişimlerde, vasküler kapama cihazlarını kullanmak prosedür maliyetini arttırırken daha hızlı hemostaz sayesinde yatış sürelerinde, mobilizasyon sürelerinde ve hemşirelik bakım sürelerinde kısalma sağlayabilmektedir. Günümüzde klinik olarak damar kapama cihazları aktif intravasküler olarak arter duvarında mekanik olarak sızdırmayı önleyen Angio-Seal, FISH, Perclose ve StarClose olmak üzere farklı türleri bulunmaktadır. Bir diğer kategori cihazlar ise damar içine aktif müdahalede bulunmadan arter üzerinden eksternal olarak tamponize edcen Exoseal, MYNX ve Vascade VCS klinik kullanım onayı almıştır. Intravasküler kullanılan cihazlardan Angio-Seal, FISH biyolojik olarak emilebilen materyallerden üretilmiş olup kullanım sonrası belli bir süre sonra tamamen erimektedir. Intravasküler kapama cihazları 8F büyüklüğe kadar kılıf yerlerini kapamada kullanılabilir olup tavsiye edilen minimum damar çapı 4 – 5 mm'dir. Son kılavuzlarda femoral anjiyografi sonrası kapama cihazı kullanımı hızlı hemostaz ve erken mobilizasyon sebebi ile sınıf I endikasyon ile önerilmektedir (Tablo 1).¹⁵ Vasküler kapama cihazları erken hemostaz ve hızlı mobilizasyonu sağlasalar da halen manuel kompresyon ile karşılaştırıldıklarında komplikasyon gelişimi açısından benzer güvenilirlik ve etkinlik izlenmiştir.¹⁶ Vasküler kapama cihazları, eksternal iliak artere ulaşacak kadar proksimale ve SFA bifurkasyon bölgesi distaline uygulanmaları halinde komplikasyon riskini arttırmaktadır. Ayrıca popliteal arter, brakial arter gibi daha küçük çaplı periferik arterlere kullanımı konusunda kısıtlı hastalar ile yapılan çalışmalar mevcut olsa dahi güvenilirlik konusunda yeterli veri mevcut değildir. Benzer olarak venöz giriş yerinde kullanımı ile ilgili az sayıda hasta ile yapılan çalışmalar mevcut olup yeterli güvenlik verileri mevcut değildir.

Tablo 1. 2011 ACC/AHA/SCAI Perkütan Girişimler Kılavuzu Vasküler Kapama Cihazı Kullanma Önerileri

| | |
|----------------------------|---|
| Sınıf I | Vasküler kapama cihazı yerleştirilmeden önce femoral anjiyografi yapılarak anatomik lokalizasyon uygunluk açısından değerlendirilmelidir. |
| Sınıf IIa | Manuel kompresyon ile karşılaştırıldığında vasküler kapama cihazları daha hızlı hemostaz ve erken mobilizasyon imkanı sunarlar. |
| Sınıf III (Faydası yok) | Vasküler kapama cihazlarının giriş yerine bağlı komplikasyonları azaltmak için rutin kullanımı önerilmez. |

Daha önceden girişim yapıp vasküler kapama cihazı kullanılan hastaya tekrardan girişim gerekir ise Angio-Seal için yapılan güvenlik çalışmaları 180 gün sonrasında bölge kullanımının güvenilir olduğunu bildirmiştir. Daha erken zamanda bölgeye yapılan

ponksiyon ise hematoma sıklığında artışa yol açmıştır.¹⁷

StarClose SE (Abbott Vascular, Abbott Park), ponksiyon bölgesine 4 mm ekstravasküler nitinol klipsi yerleştiren bir kapama cihazıdır. Cihaz, ponksiyon bölgesini kapatmak için ekstravasküler bir nitinol klipsinin sabitlenmesine yardımcı olmak için lümen içerisinde "kanatları" açar. StarClose SE, 5F ila 6F kılıf yerleştirilen bölgeleri kapatmak için kullanılmaktadır. Hem tanısal hem de terapötik müdahaleler için kullanılmaktadır. Teknik başarı oranı yüksek, kullanımı basit bir cihazdır. Bazı hastalarda ponksiyon bölgesinde sızıntı olabilmekte olup manuel kompresyon ile karşılaştırıldığında komplikasyon riskinde artış söz konusu değildir.¹⁸

Perclose ProGlide (Abbott Vascular), ponksiyon bölgesinin her iki tarafına perkütan olarak bir sütür yerleştirir. Cihaz, damar içerisine bir tel üzerinde sürülür ve doğru pozisyon ayarlanana kadar sistem tel üzerinden çalışır. Lokasyon ayarlandıktan sonra dışarıdan bir kol içerideki 'ayaklar' ve sistem geri çekilerek damar duvarına dayandırılır. Arteriyotomi, sütür halkası sıkılarak kapatılır. Perclose ProGlide, 5F ila 21F kılıf kullanılan bölgelerini kapatmak için onaylanmıştır. 8F üzerindeki kılıflar için iki cihaz kullanılabilir. ProGlide, büyük arteriyotomilerin (örn. EVAR) kapatılması için FDA onaylı alan ilk cihazdır. Hem tanısal hem de terapötik müdahaleler için onaylanmıştır ve yüksek teknik başarı oranına sahiptir. Genel olarak, EVAR için femoral artere cerrahi yaklaşım ve manuel kompresyon ile karşılaştırıldığında erişim yeri komplikasyonlarında artış yoktur.¹⁹

Angio-Seal (St. Jude Medical, St. Paul, Minn), intravasküler bir çapa yardımıyla arteriotomi bölgesi üzerine bir kollajen tıkacı yerleştirmek sureti ile hemostaz sağlar (Şekil 5). İntralüminal yerleşim doğrulandıktan sonra, sistem geri çekilerek bir çapa gibi duvara dayanır ve ponksiyon bölgesine kollajen tıkacı yerleştirilir. Tıkacı, deri altı dokuya girdiğinde genişler ve pıhtılaşma kaskadını hızlandırır. Çapa ve tıkacı materyali zamanla emilir. Angio-Seal, 8F'e kadar olan arteriyotomi bölgelerini kapatmak için onaylanmıştır. Hem tanısal hem de terapötik müdahaleler için onayı mevcuttur. Kullanımında başarı oranı yüksektir. Damar içerisinde çapa olduğundan dolayı distal embolizasyon ve bölgesel enfeksiyonu riski vardır fakat genel olarak kullanımı kolay ve düşük komplikasyon oranlarına sahiptir.²⁰

Şekil 5. Angio-Seal Cihazı İle Femoral Ponksiyon Yeri Kapatılması



Vasküler kapama cihazlarının günlük pratik kullanıma girmesi ile beraber, birçok geniş kılıf gerektiren endovasküler işlem daha pratik ve düşük vasküler komplikasyonlar ile yapılabilir hale gelmiştir. Kapama cihazlarının ilk piyasaya sürüldüğü 1990' ların sonlarından itibaren günümüze dek artan teknoloji ile daha kullanıcı dostu teknikler karşımıza çıkmaktadır. Kapama cihazları hemostaz süresini kısaltarak, hasta konforunu arttırır, mobilizasyonu hızlandırır.

rır ve manuel kompresyona oranla daha az personel kullanımına ihtiyaç duyulur. Cihaz kullanımı için belirli bir öğrenme süresine ihtiyaç duyulması, az da olsa bölgedeki enfeksiyon riski, cihazın distale embolize olma veya lokalize trombotik stenoz riskleri, artan malzeme maliyeti kapama cihazlarının dezavantajlarıdır. Kapama cihazları ile ilgili tartışmalı ve değişken veriler bulunmak ile beraber, günümüzde manuel kompresyona oranla benzer güvenlik ve etkinlik sonuçları mevcuttur. Özellikle obez, antikoagülan alan hastalarda femoral ponksiyon sonrası etkili hemostaz sağlamak için kapama cihazı kullanımı düşünülebilir. Sonuç olarak hastanın konforu ve erken mobilizasyon hedefleri ile periprocedürel ve anatomik risk faktörlerini dengelemek önemlidir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. SELDINGER SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta radiol.* 1953 May;39(5):368-76. [\[Crossref\]](#)
2. Grossman M. How to miss the profunda femoris. *Radiology.* 1974 May;111(2):482. [\[Crossref\]](#)
3. Altin, RS, Flicker, S, Naidech, HJ. "Pseudoaneurysm and arteriovenous fistula after femoral artery catheterization: association with low femoral punctures". *AJR Am J Roentgenol.* vol. 152. 1989. pp. 629-31. [\[Crossref\]](#)
4. Rapoport, S, Sniderman, K, Morse, S, Proto, M, Ross, G. "Pseudoaneurysm: a complication of faulty technique in femoral arterial puncture". *Radiology.* vol. 154. 1985. pp. 529-30. [\[Crossref\]](#)
5. Arora N, Matheny ME, Sepke C, Resnic FS. A propensity analysis of the risk of vascular complications after cardiac catheterization procedures with the use of vascular closure devices. *Am. Heart J.* 153(4), 606-611 (2007). [\[Crossref\]](#)
6. Azmoon S, Pucillo AL, Aronow WS, Ebrahimi R, Vozzolo J, Rajdev A, Kalapatapu K, Ro JH, Hjemdahl-Monsen C. Vascular complications after percutaneous coronary intervention following hemostasis with the Mynx vascular closure device versus the AngioSeal vascular closure device. *J Invasive Cardiol.* 2010 Apr;22(4):175-8.
7. Bertrand OF, Rao SV, Pancholy S, Jolly SS, Rodés-Cabau J, Larose E, Costerousse O, Hamon M, Mann T. Transradial approach for coronary angiography and interventions: results of the first international transradial practice survey. *JACC Cardiovasc Interv.* 2010 Oct;3(10):1022-31. [\[Crossref\]](#)
8. Pancholy SB, Sanghvi KA, Patel TM. Radial artery access technique evaluation trial: randomized comparison of Seldinger versus modified Seldinger technique for arterial access for transradial catheterization. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012 Aug 1;80(2):288-91. [\[Crossref\]](#)
9. Goldberg SL, Renslo R, Sinow R, French WJ. Learning curve in the use of the radial artery as vascular access in the performance of percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1998 Jun;44(2):147-52. [\[Crossref\]](#)
10. Rathore S, Stables RH, Pauriah M, Hakeem A, Mills JD, Palmer ND, Perry RA, Morris JL. Impact of length and hydrophilic coating of the introducer sheath on radial artery spasm during transradial coronary intervention: a randomized study. *JACC Cardiovasc Interv.* 2010 May;3(5):475-83. [\[Crossref\]](#)
11. Kristi I, Lukenda J. Radial artery spasm during transradial coronary procedures. *J Invasive Cardiol.* 2011 Dec;23(12):527-31.
12. Sinha SK, Jha MJ, Mishra V, Thakur R, Goel A, Kumar A, Singh AK, Sachan M, Varma CM, Krishna V. Radial Artery Occlusion - Incidence, Predictors and Long-term outcome after TRANsradial Catheterization: clinico-Doppler ultrasound-based study (RAIL-TRAC study). *Acta Cardiol.* 2017 Jun;72(3):318-327. [\[Crossref\]](#)
13. Sinha SK, Jha MJ, Mishra V, Thakur R, Goel A, Kumar A, Singh AK, Sachan M, Varma CM, Krishna V. Radial Artery Occlusion - Incidence, Predictors and Long-term outcome after TRANsradial Catheterization: clinico-Doppler ultrasound-based study (RAIL-TRAC study). *Acta Cardiol.* 2017 Jun;72(3):318-327. [\[Crossref\]](#)
14. Kiemeneij F, Klass D, Nathan S. Keep an open mind about distal radial access. *Cath Lab Digest.* 2019 Mar; 27(3)
15. Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, Bailey SR, Bittl JA, Cercek B, Chambers CE, Ellis SG, Guyton RA, Hollenberg SM, Khot UN, Lange RA, Mauri L, Mehran R, Moussa ID, Mukherjee D, Nallamothu BK, Ting HH. 2011 ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *Circulation.* 2011 Dec 6;124(23):2574-609. [\[Crossref\]](#)
16. Koreny M, Riedmüller E, Nikfardjam M, Siostrzonek P, Müllner M. Arterial puncture closing devices compared with standard manual compression after cardiac catheterization: systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2004 Jan 21;291(3):350-7. [\[Crossref\]](#)
17. Applegate RJ, Rankin KM, Little WC, Kahl FR, Kutcher MA. Restick following initial Angioseal use. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2003 Feb;58(2):181-4. [\[Crossref\]](#)
18. Burke MN, Hermiller J, Jaff MR. StarClose vascular closure system (VCS) is safe and effective in patients who ambulate early following successful femoral artery access closure--results from the RISE clinical trial. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012 Jul 1;80(1):45-52. [\[Crossref\]](#)
19. Ichihashi T, Ito T, Kinoshita Y, Suzuki T, Ohte N. Safety and utility of total percutaneous endovascular aortic repair with a single Perclose ProGlide closure device. *J Vasc Surg.* 2016 Mar;63(3):585-8. [\[Crossref\]](#)
20. Ichihashi T, Ito T, Kinoshita Y, Suzuki T, Ohte N. Safety and utility of total percutaneous endovascular aortic repair with a single Perclose ProGlide closure device. *J Vasc Surg.* 2016 Mar;63(3):585-8. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 1.4

KILAVUZ KATETERLER VE TELLER

Ümit Yaşar SİNAN

Kılavuz Kateterler ve Teller

Guiding Catheters and Guidewires

BÖLÜM HAKKINDA

Perkutan koroner girişimlerde (PKG) kullanılan temel ekipmanı oluşturan kılavuz kateterler ve teller, dilatasyon amaçlı kullanılan balon kateterler, işlem başarısını ve güvenliğini artırmak amacıyla tarihsel süreç içerisinde bir dizi değişime uğramıştır. Girişimsel kardiyolog, koroner anatomi, lezyon özellikleri ve işlemin kompleksliğine göre uygun ekipmanı seçmek için, ekipman hakkında yeterli bilgiye sahip olmalıdır. Ekipman seçimi, basit bir işlem ile komplikasyon ile seyredebilecek kompleks bir işlemi ayırt edip, bu riski azaltabilecek uygun ekipmanın seçilmesi işlemidir.

Anahtar kelimeler: Kılavuz kateterler, kılavuz teller, dilatasyon kateterleri, balon anjiyoplasti

ABOUT the CHAPTER

The basic equipment used in percutaneous coronary interventions (PCI), including guide catheters and wires, balloon catheters used for dilation purposes, have undergone a series of changes over the course of history to enhance procedural success and safety. The interventional cardiologist should have sufficient knowledge about the equipment to select the appropriate one based on coronary anatomy, lesion characteristics, and procedural complexity. Equipment selection involves distinguishing between a simple procedure and one that may involve complications, and selecting the appropriate equipment to reduce this risk.

Keywords: Guiding catheters, guidewires, dilatation catheters, balloon angioplasty

Giriş


Andreas Gruentzig, 1977 yılında Zürih'te uyguladığı ilk koroner anjiyoplasti işleminde, kendi tasarladığı ekipmanı kullandı. Perkutan koroner girişim (PKG) işleminde kullanılan temel ekipman; kılavuz kateter, teller ve balonlar zaman içerisinde önemli oranda değişime uğradı.¹ Bu evrim, hem işlem başarısında hem de güvenilirliğinde belirgin iyileşmeyi beraberinde getirdi. Herhangi bir PKG işleminde ekipman kritik öneme sahiptir ve genel olarak PKG ekipmanının büyük bir çoğunluğu etkili bir şekilde değiştirilebilir. Buna rağmen, girişimsel kardiyolog seçilmiş bir olgu için uygun ekipmanı seçme becerisine ve o ekipmanın kateter laboratuvarında mevcut olup olmadığı bilgisine vakıf olmalıdır. Uygun ekipmanın varlığı, işlemin kısa sürede güvenli ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini mümkün kılarken, aksi durumda uzamış ve teknik olarak zor bir işlem komplikasyon riskini artırır.

Kılavuz Kateterler

Bir işlemin belki de hasta seçiminden sonraki en önemli basamağı, kılavuz kateter seçimidir. Kılavuz kateterler, koroner ostiyuma yerleşmek ve gerekli ekipmanın taşımak üzere destek sağlamak amacıyla, tüm koroner girişimlerde gereklidir. İdeal kateter, koroner anatomi boyunca gerekli ekipmanın taşınmasına destek olacak derecede stabil, damarı görüntülerken hasarı en aza indirecek kadar hassas olmalıdır.¹⁻⁴

Kılavuz kateterler genellikle 3 tabakadan oluşuyor (Şekil 1): kaygan bir teflon (politetrafloroetilen-PTFE) iç tabaka, paslanmaz çelik bir örgülü tabaka ve dış yumuşak naylon elastomer ceket.¹ Paslanmaz çelik tabaka, cihaz geçişi için destek sağlamak üzere kateteri sertleştirir fakat tanısal katetere göre, kılavuz kateterin koroner ostiyuma angajmanını zorlaştırır. Daha büyük iç lümen çapları elde etmek için dış 2 tabaka birleştirilerek 'İnce Duvarlı' kılavuz kateterler oluşturuldu ve bugün ağırlıklı olarak bu kılavuz kateter-



Ümit Yaşar Sinan 

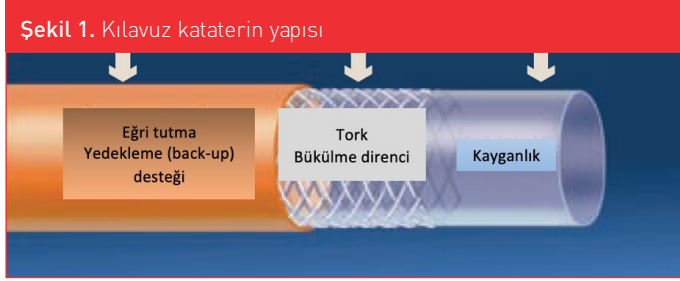
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Preventif ve Epidemiyolojik Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: umit.sinan@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Sinan ÜY. Kılavuz kateterler ve teller. Ersanli M, (Ed.) *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 24-27.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

ler kullanılmaktadır. Kılavuz kateterler, benzerleri olan tanısal kateterlere göre daha kısa ve açılı uçlu ve daha geniş bir iç çapa sahiptir. Geniş iç çap ekipman taşınmasını ve kontrast enjeksiyonunu kolaylaştırır. Kateterin gövdesi proksimal uçta daha sert, distale doğru daha yumuşak olmak üzere farklı sertlikte olup, bu sayede arter duvarında hasar riski en aza indirgenmiş olur.



Kılavuz kateter seçimi; damar çapı, tortiyozitesi, kalsifikasyon, asendan aort çapı, ostiyum yönelimi ve girişimin kompleksliğine göre yapılmaktadır.²⁻⁴ Kılavuz kateterler dünyanın birçok yerinde 5-8 F çapları arasında mevcuttur ve her 1 F 0.33 mm'ye eşit olup, iç lümen çapı 0.056-0.091 inç arasında değişmektedir.²⁻⁴ Girişimsel işlemlerin çoğu 6-7 F kılavuz kateterlerle gerçekleştirilirken, girişim yeri olarak radyal arter kullanımının artmasıyla birlikte, 5F kılavuz kateterin kullanım sıklığı da giderek artmaktadır. Kompleks olmayan, çoğu koroner girişim 6F kılavuz kateterle gerçekleştirilebilmektedir. Bu kateter aynı anda bir stenti ve hızlı değiştirilebilen 2 balonu taşıyabilmektedir. Bifürkasyon işlemleri 6F kılavuz kateterle gerçekleştirilebilir ancak bu stentlerin ardışık (basamaklı) yerleştirilmesini (modifiye 'crush' tekniği) gerektirmektedir. İki tel üstü (over-the-wire, OTW) balon kullanılırsa 7F sistem gerekecektir ve yine eş zamanlı 2 damarın stentlenmesi, minimum 0.07-0.071 inç iç lümen çaplı geniş çaplı 7F kateter gerektirir fakat genellikle bu işlem 8F sistemle daha kolay gerçekleştirilebilir. Geniş lümenli 6F kılavuz kateterler 1.75 mm'ye kadar rotasyonel aterektomi kateterlerini taşıyabilir fakat daha büyük çapta aterektomi cihazları için daha büyük çaplı kateterler gerekmektedir. Tortiyozite ve kalsifikasyon gibi damar özellikleri, ilave destek (sertlik) gerektirebilir ve bu destek daha büyük çapta kateterlerle sağlanabilir. Bu ilave sertlik damarda travma riskini artırır. Ayrıca geniş kalibreli kateterler özellikle osteal hastalık varlığında damar lümenini tıkayabilir, bu da basınç trasesinde damping veya ventrikülizasyon ile kendini gösterir. Damping veya ventrikülizasyon, akımın önemli ölçüde kesildiğini ve/veya kateter ucunun damar lümenine ko-aksiyel yerleşmediğini (duvara dayandığını) gösterir. Devamında aritmi, hemodinamik bozulma veya diseksiyon gelişebilir. Yan delikli kateterler normal dalga formunu yeniden sağlayabilir ancak yan delik nedeniyle sağlanan efektif akım kısıtlı olduğu için, bu koroner akımın tamamen normale döndüğü anlamına gelmez. Yan delik aracılığı ile kontrast enjeksiyonu, ek kontrast yüküne ve sub-optimal görüntülemeye neden olur.¹⁻⁴

En çok kullanılan kılavuz kateter şekilleri; Judkins, Amplatz ve Extra-back-up kateterleridir. Diğer tescilli kateterler üreticiler tarafından ihtiyaç durumlarında hazırlanmaktadır. Kılavuz kateter, ko-aksiyel yerleşimi sağlayacak şekilde seçilmelidir ve kavis (eğrilik) şekli aort çapına, koroner arterin aortadan çıkış açısına, kullanılacak cihazın veya işlem yapılacak damarın özelliğine göre ekipmanın taşınması için gerekli desteğin derecesine göre seçil-

melidir. Genişlemiş aorta daha büyük kavise sahip kateter (örneğin Judkins 4 yerine 5) gerektirir. Koroner anatomideki değişkenlik kılavuz kateter stratejisinde değişikliğe neden olabilir. Örneğin çoban değneği şeklinde sağ koroner arter (RCA) varlığında JR4 kateter cihaz (tel, stent, balon) ilerletilmesi için gerekli desteği sağlamaz. Bu durumda Amplatz veya benzeri bir kateter gerekecektir.

Damar tortiyozitesi, kalsifikasyon ve ciddi açılanma, ekipmanın lezyon bölgesine taşınması sırasında zorluk teşkil eden diğer durumlardır. Pasif kateter desteği, kılavuz kateter şekli tarafından sağlanan ve karşı taraftaki aort duvarına karşı kılavuz kateteri destekleyen kuvvettir. Aktif destek ise, aort köküne iyi yerleşimi sağlamak üzere kateter üzerine uygulanan manipülasyondur. İlave destek extra-back-up kateter kullanarak, daha geniş çaplı kateterlerle veya mevcut kateteri koroner arter içine derin entübe ederek de sağlanabilir. Sol koroner arter sisteminde çalışırken, sol inen arterin (LAD) veya sirkumfleks (Cx) arterin derin entübasyonu, ekipmanın koroner içinde ilerletilebilmesi kolaylaştırmak için gerekli olabilir.

Çoğunlukla rutin koroner arter anatomisi varlığında, Judkins sağ veya sol, ekstra destek sağlayan EBU™ veya XB™ kateterler sıklıkla kullanılmaktadır. Sol ön inen (LAD) veya yüksek çıkışlı sol ana koroner arter (LMCA) için XB LAD™ veya Amplatz kateterler sıklıkla kullanılır. Yüksek çıkışlı RCA ise, en iyi sol internal meme arteri (LIMA) kateteri veya sol Amplatz kateterle kanüle edilebilir. Buna karşın aşağı çıkışlı RCA için en uygun kateter, çok amaçlı (multipurpose-MP) kateterdir. Sağ safen ven greftleri için en uygun kateterler JR, MP veya sağ by-pass kateterler iken, sol safen ven greftleri için sol koroner by-pass, golf sopası (hockey stick) veya Amplatz kateterleri tercih edilebilir. Internal meme arteri (IMA), LIMA veya JR kateteri ile kanüle edilebilir. Kısa 90 cm'lik kılavuz kateterler, by-pass grefti üzerinden nativ koroner artere müdahale sırasında tercih edilebilir ve kullanışlıdır.¹⁻⁴

Kılavuz Teller

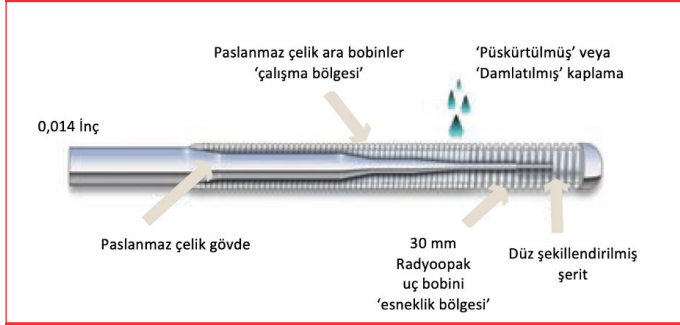
Günümüzde koroner girişimler için çok çeşitli kılavuz teller mevcuttur. İşlem başarısı, hem koroner arterdeki darlığı geçmek üzere kılavuz telin kontrol edilebilirliğine, hem de peşi sıra darlığı açmak için gerekli ekipmanın lezyon bölgesine taşınabilmesi için, telin gerekli taşıyıcı desteği sağlayabilmesine bağlıdır. Tortiyoz bir damar boyunca kolayca manipüle edilebilen ve döndürülebilen ideal bir tel, damar duvarına zarar vermez ve yine nispeten esnek olmayan stentlerin taşınması için de yeterli sertliktedir. Günümüzde tellerin hemen hemen hepsi 0.014 inç çapındadır. Çoğu operatör birçok işlem için yeterli olan 'çok amaçlı' veya 'sıradan' (workhorse; sıradan, her işi gören tel. Genellikle floppy telleri tarif ederken kullanılır) teli tercih edecektir. İlave destek sağlayan (extra-support) teller, hidrofilik kaplı ve/veya konik uçlu teller sırasıyla tortiyöz, kalsifik damarlar ve kronik total oklüzyon (KTO) gibi özel durumlarda kullanışlıdır.

Kılavuz teller, paslanmaz çelik veya nitinol yapıda bir merkezi gövdeden oluşmaktadır. Gövde, platin veya volframdan yapılmış bir distal esnek uçlu yay bobinine doğru incelik (Şekil 2).¹

Nitinol çekirdek teller paslanmaz çeliğe göre katlanmaya daha dirençlidir fakat daha az yönlendirilebilir. Bazı kaplama materyalleri sürtünmeyi azaltmak için telin üzerine 'püskürtülür' veya 'damlatılır'. Uç dayanıklılığı, daha sert veya daha yumuşak yay bo-

bin uç içerecek şekilde telden tele değişkenlik gösterir. Konik çekirdeğin (dolgu maddesinin, özün) uzunluğu telin özelliğine göre değişir; dolgu maddesi distal uca kadar uzanan teller, çekirdeği distal uçtan hemen önce sonlanan tellere göre daha sert yapıdadırlar ve bu da KTO lezyonları geçmede bu tellere teknik olarak avantaj sağlar. Hidrofilik polimer kaplı bir uç, sürtünmeyi azaltarak ciddi darlık olan, tortiyöz damarlardaki lezyonlarda telin kolay geçmesini sağlar. Ancak bu avantaj tele bağlı perforasyon ve diseksiyon riskini de beraberinde getirir. Tork yanıtı kılavuz telin önemli bir özelliğidir ve operatör tarafından telin distal ucuna uygulanan rotasyonu ifade etmektedir. Arzulanan, bire bir tork yanıtıdır ve hekimin tel seçimindeki en önemli kriterlerinden birisidir. Çekirdekten uca yapı tork kontrolünü iyileştirir. Özel uç tasarımları da ayrıca tork yanıtını etkilemektedir.³⁻⁵

Şekil 2. Kılavuzun Telin Yapısı^a



^aAli RG, Greenbaum AB, Kugelmass AD. A review of available angioplasty guiding catheters, wires and balloons – making the right choice. *Interventional Cardiology*. 2012;7(2):100-103 kaynağından alınmıştır.¹

Tortiyöz, açılı ve kalsifik damarlarda ekipmanın koroner içinde lezyon bölgesine ilerletilememesi nadir değildir. İlave destek (extra-support) tel ile işleme başlamak veya 'floppy' standart teli bu tel ile değiştirmek, standart telin ekipmanın taşınması için gerekli olan ve standart tel tarafından sağlanamayan ilave desteği sağlayarak bu problemi ortadan kaldırabilir.²⁻⁴ Bununla birlikte, ekstra destek tellerinin damar trasesine uygun olma olasılığı daha düşüktür ve bu durum ekipmanın ilerletilmesini daha fazla engelleyen, tel seçim hatasına neden olabilir. Ayrıca ikinci bir telin yerleştirilmesi ('buddy wire') tortiyöz segmenti düzleştirerek, ekipmanın ilerletilebilmesini kolaylaştırır.⁶ Bu tekniklerin her ikisi de önceden aşırı açılı bir koroner damarı düzleştirerek sözde lezyonların ('pseudo-lesions') gelişimine neden olabilir. Bu gerçek bir darlıkla karıştırılmamalıdır ve telin proksimal segmente geri çekilmesi, damar açılanmasını yeniden inşa ederek, bunların gerçek lezyon

olmadıklarını doğrulayacaktır.

Kılavuz tele bağlı komplikasyonlar hala sınırlı ölçüde görülse de, günümüzde gelişen tel tasarımı teknolojisi sayesinde oldukça nadirdir. Titiz ve dikkatli bir operatör sayesinde bu komplikasyonlar daha da azaltılabilir. En yaygın karşılaşılan komplikasyon perforasyon ve diseksiyondur.³⁻⁵ Perforasyon çoğunlukla bir KTO lezyonunu agresif bir biçimde geçmeye çabalarırken veya hidrofilik bir telin distal ucunun küçük bir yan damara ilerlemesi sonucu meydana gelme eğilimindedir.

Sonuç olarak, koroner girişimler için, temel anjiyoplasti ekipmanı hakkında kapsamlı bilgi sahibi olmak elzemdir. Doğru ekipman seçimi, kompleks işlemleri dahi çaba gerektirmeyen basit işlemler haline indirgeyebilir. Aksine hatalı malzeme seçimi girişimi zorlaştıracaktır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Ali RG, Greenbaum AB, Kugelmass AD. A review of available angioplasty guiding catheters, wires and balloons – making the right choice. *Interventional Cardiology*. 2012;7(2):100-103. [\[Crossref\]](#)
2. Nguyen TN, Cheem TH, Prasad A. Guides. In: Nguyen TN, Colomba A, Hu D, Grines CL, Saito S, eds. *Practical Handbook of Advanced Interventional Cardiology: Tips and Tricks, 3rd edition*. Malden, MA: Blackwell; 2008: 42-67. [\[Crossref\]](#)
3. Ragosta M, Douglas JS. Basic Equipment: Guide Catheters, Guide Wires, and Balloons. In: Kern MJ, eds. *SCAI Interventional Cardiology Board Review Book*. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2006: 115-123.
4. Moliterno D. Cardiac Catheterization and Interventional Cardiology Self-Assessment Program, Book 3: Interventional Principles and Practices, American College of Cardiology, 2008:474-479.
5. Nguyen TN, Hung JS, Wu HY. Wires. In: Nguyen TN, Colomba A, Hu D, Grines CL, Saito S, eds. *Practical Handbook of Advanced Interventional Cardiology: Tips and Tricks, 3rd edition*. Malden, MA: Blackwell; 2008: 68-83. [\[Crossref\]](#)
6. Burzotta F, Trani C, Mazzari MA, et al., Use of a second buddy wire during percutaneous coronary interventions: a simple solution for some challenging situations, *J Invasive Cardiol*. 2005;17(3):171-174.

BÖLÜM 1.5

SAĞ KALP KATETERİZASYONU VE HEMODİNAMİK İNCELEME

Ümit Yaşar SİNAN

Sağ Kalp Kateterizasyonu ve Hemodinamik İnceleme

Right Heart Catheterization and Hemodynamic Evaluation

BÖLÜM HAKKINDA

Sağ kalp kateterizasyonu (SKK), pulmoner hipertansiyonun (PH) tanısında, hemodinamik alt tiplerin belirlenmesinde ve tedaviye yanıtın izlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu işlem, kontrendikasyonları ve komplikasyonları olmasına rağmen, deneyimli ellerde düşük riskle gerçekleştirilebilir. PH tanısında Avrupa Kardiyoloji Derneği (ESC) tarafından 2022 yılında yayınlanan PH tanı ve tedavi kılavuzu dikkate alınmalıdır. Tanı için uzman merkezlerde yapılması önerilen SKK, PAH ve diğer PH alt tipleri arasında ayırım yapmayı sağlar. Kateterizasyon sırasında basınç ölçümleri ve hemodinamik değerlerin yanı sıra pulmoner vasküler direnç gibi parametreler de hesaplanır. Kalp debisi, termodilüsyon veya Fick yöntemiyle ölçülür. Ayrıca, normal kalp odacığı basınçları ve basınç eğrilerinin bilinmesi önemlidir. Sağ kalp kateterizasyonu sırasında dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır; bunlar, transdüserin konumlandırılması, basınç ölçümlerinin doğru yapılması ve pulmoner arter uç basıncının değerlendirilmesi gibi hususlardır.

Anahtar kelimeler: Hemodinamik inceleme, pulmoner hipertansiyon, sağ kalp kateterizasyonu,

ABOUT the CHAPTER

Right heart catheterization (RHC) plays a crucial role in the diagnosis of pulmonary hypertension (PH), determination of hemodynamic subtypes, and monitoring treatment response. Despite its contraindications and potential complications, the procedure can be performed with low risk in experienced hands. The PH diagnosis and treatment guidelines published by the European Society of Cardiology (ESC) in 2022 should be taken into consideration for PH diagnosis. Right heart catheterization, recommended to be performed in specialized centers, allows differentiation between PAH and other PH subtypes. During catheterization, pressure measurements and hemodynamic parameters, along with parameters like pulmonary vascular resistance, are calculated. Cardiac output is measured using thermodilution or the Fick method. Additionally, knowledge of normal cardiac chamber pressures and pressure curves is important. There are certain points to be noted during right heart catheterization; these include positioning of the transducer, accurate pressure measurements, and evaluation of pulmonary artery wedge pressure, among others.


Keywords: Hemodynamic evaluation, pulmonary hypertension, right heart catheterization

Giriş

Sağ kalp kateterizasyonu (SKK), tarihsel süreç içerisinde pek çok endikasyonla (şok tanısı, düşük veya yüksek basınçlı akciğer ödeminin ayırıcı tanısı, kapak hastalıklarının tanısı, komplikasyonlu akut miyokart enfarktüsünün tedavi ve izlenmesi vs.) yapılmış olsa da, bugün sıklıkla pulmoner hipertansiyon (PH) tanısı, PH hemodinamik alt tipinin belirlenmesi (prekapiller, izole post-kapiller veya kombine pre + post kapiller), pulmoner arteriyel hipertansiyon (PAH; Dünya Sağlık Örgütü-DSÖ grup 1 PH) tanısı alan hastalarda risk değerlendirmesi, tedavi yanıtının izlenmesi ve seçilmiş hasta gruplarında pulmoner dolaşım yatağındaki vazoreaktiviteyi değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Sağ kalp kateterizasyonu için kontrendikasyonlar arasında; triküspit veya pulmoner kapakta mekanik protez kapak varlığı, sağ kalp boşluklarında kitle (trombüs ve/veya tümör), triküspit veya pulmoner kapak endokarditi, koagülopati ve kanama diyatezi varlığı yer almaktadır.¹

2018 yılında Nice’te düzenlenen 6. Dünya PH Sempozyumu’nda ve ardından 2023’te yayınlanan Avrupa Kardiyoloji Derneği (ESC) PH tanı ve tedavi kılavuzunda önerilen PH tanı algoritmasını göre, PH düşündürülen öykü, semptom, bulgu ve laboratuvar testleri olan hastalarda, ekokardiyografik olarak PH olasılığı hesaplanmakta, orta-yüksek olasılıklı



Ümit Yaşar Sinan 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Preventif ve Epidemiyolojik Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: umit.sinan@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Sinan ÜY. Sağ kalp kateterizasyonu ve hemodinamik inceleme. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 28-35.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

hastalarda PH'ye en çok neden olan DSÖ grup 2 (sol kalp hastalıklarına bağlı PH), grup 3 (akciğer hastalıkları ve hipoksiyle ilişkili PH) ve grup 4 (kronik tromboembolik PH) dışlandıktan sonra, grup 1 (PAH) ve grup 5 (mekanizmaları belirsiz veya çok faktörlü PH) PH tanısı için uzmanlaşmış merkezlerde SKK yapılması önerilmektedir.^{2,3} Bu ayrıca tanı önemlidir çünkü bugün PH tedavisinden onaylanan spesifik ajanlar, sadece grup 1 PAH hastalarında tedavi kullanılmaktadır. Tablo 1 güncel ESC PH kılavuzunda yer alan hemodinamik PH tanımını ve tiplerini göstermektedir.³

Tablo 1. Hemodinamik PH Alt Tiplerini Göstermektedir^a

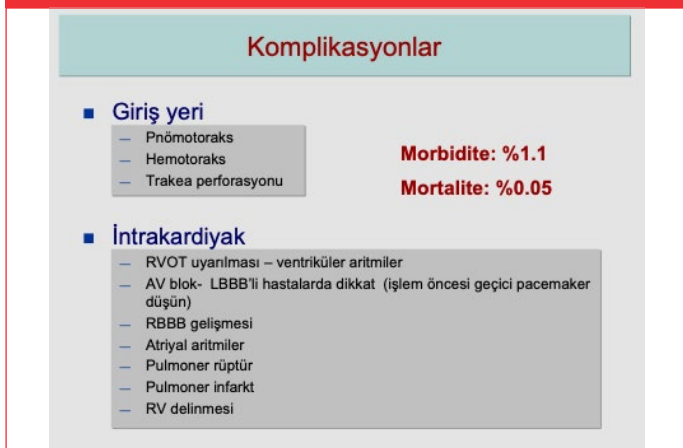
| PH Hemodinamik Tanım ve Tipleri | | |
|---------------------------------|---|-----------------|
| Tanım | Hemodinami | Klinik Durum |
| PH | oPAB >20 mmHg | Hepsi |
| Pre-kapiller PH | oPAB >20 mmHg PKUB < 15 mmHg PVD → 2 WU | Grup 1,3,4,5 PH |
| İzole post-kapiller PH | oPAB →20 mmHg PKUB > 15 mmHg PVD < 2 WU | Grup 2 ve 5 PH |
| Kombine pre/post-kapiller PH | oPAB >20 mmHg PKUB → 15 mmHg PVD > 2 WU | Grup 2 ve 5 PH |

PAB: Pulmoner arter basıncı, PKUB: Pulmoner kapiller uç basıncı, PVD: Pulmoner vasküler direnç

^aMarc Humbert, Gabor Kovacs, Marius M Hoepfer, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. European Heart Journal. 2022;43(38):361-3731 kaynağından uyarlanmıştır.³

Deneyimli merkezlerde yapıldığı takdirde işlemin morbidite (%1.1) ve mortalite (%0.055) riski düşüktür.¹ (Şekil 1) Koroner arter hastalığı (KAH) için risk faktörü olan veya korunmuş ejeksiyon fraksiyonlu (EF) kalp yetersizliği hastalarında ve ekokardiyografik olarak sistolik ve/veya diyastolik sol ventrikül fonksiyon bozukluğu bulguları olan hastalar da sol kalp kateterizasyonu ve koroner anjiyografi de işleme dahil edilmelidir. Bu nedenle sağ kalp kateterizasyonu yerine kardiyak kateterizasyon terimini kullanmak mantıklıdır.

Şekil 1. Sağ Kalp Kateterizasyonu Komplikasyonları^a



^aHoepfer MM, Lee SH, Voswinckel R, et al. Complications of right heart catheterization procedures in patients with pulmonary hypertension in experienced centers. J Am Coll Cardiol. 2006;48:2546-2552 kaynağından uyarlanmıştır.¹

İşlem için geniş kalibreli sistemik venöz yola ihtiyaç var. Bu amaçla sağ internal juguler ven, sol subklavyen ven, femoral ven, cephalic ve basilic venler kullanılabilir.^{4,5} Sağ internal juguler ven kalbe gidişte en kısa ve düz yoldur. Özellikle Swan Ganz kateter kullanılan hastalarda en sık tercih edilen yoldur. Sol subklavyen ven ise Swan Ganz kateterinin keskin açısı yapmadan vena kava superior (VKS) ve sağ kalbe gitmesini sağlar. Femoral ven kalbe en uzak giriş yeri olmakla birlikte, sol kalp kateterizasyonu da yapılacak hastalarda femoral arter ve ven birlikte sıklıkla tercih edilmektedir. Özellikle sağ kalp genişlemesi olan hastalarda femoral venden Swan Ganz kateterini ilerletmek zor olabilir. Kolay basılabilir bir venöz yol olması nedeniyle, özellikle kanama riski olan hastalarda en sık tercih edilen yoldur. Cephalic ve basilic venler ise özellikle sırt üstü yatamayan dispneik hastalarda tercih edilir. Ancak subklavyen venede tortiyözite olan hastalarda bu venöz yol zorluk yaratabilir. Ponksiyonda klasik Seldinger tekniği kullanılmaktadır. Sağ kalp kateterizasyonu için;

- Hemodinami sistemi / basıncı monitörü, kaydedici + yazıcı,
- Transdüser,
- Introducer sheath,
- Balon kateter (Swan Ganz, Criticon),
- Uç delikli (Multipurpose), yan delikli (Pigtail) kateterler (Balon kateter mevcut değilse),
- Kalibrasyon ve sıfırlama (balancing & zeroing),
- Termistör ile arter kan gazı veya oksimetre cihazı,
- Vazoreaktivite ilaçları ve uygun donanım (nitrik oksit, epoprostenol, adenozin veya ilioprost),
- Tecrübeli ekip gereklidir.^{4,5}

Sağ kalp kateterizasyonu sırasında kullanılacak en ideal kateter, balonlu kateter özelliğinde olması uç delik içermesi ve termodyüsyona imkan vermesi nedeniyle Swan Ganz kateteridir.^{4,5} Pulmoner kapiller uç basıncı, sol atriyal basıncın dolaylı bir göstergesi olup, pre-kapiller ve post-kapiller PH ayırımında önemli bir parametredir. Bir tek Swan Ganz kateteri uç balonu sayesinde distal pulmoner kapiller yatağı tıkararak, kateter ucuna geriye doğru yansıyan sol atriyal basıncı dolayısıyla PKUB'u ölçmeye imkan verir. Diğer kateterler (multi, Pigtail) PKUB ölçmek imkansızdır. Böyle durumlarda sol atriyal basıncın diğer bir dolaylı göstergesi olan sol ventrikül end-diyastolik basıncı (SVEDB) ölçülebilir. Bunun için de arteriyel vasküler yola gereksinim doğmaktadır. Bu nedenle klinik pratikte eğer Swan Ganz kateteri yoksa femoral arter ve ven yoluyla SKK yapılıp, arteriyel yol üzerinden SVEDB (Pigtail kateterle) ölçülebilir.^{4,5}

Detaylı klinik bilgilerin elde edilebilmesi için SKK büyük bir titizlikle yapılmalı, doğru sonuçların elde edilebilmesi ve işlemle ilişkili risklerin en az indirilebilmesi için işlem bu konuda deneyimli merkezlerde gerçekleştirilmelidir. İşlem sırasında dikkat edilmesi gerekenler^{4,5};

- Eksternal basıncı transduseri, sırt üstü yatan bir hastada 4. interkostal aralıktan geçen horizontal çizgiyle, mid-aksiller hattan geçen vertikal çizginin kesiştiği noktaya ayarlanmalıdır. Bu nokta sıfır noktası olarak adlandırılıp, sağ atriyum seviyesini temsil etmektedir. Bu referans nokta, her hastada (her bir işlem sırasında) kontrol edilip titizlikle ayarlanmalıdır. Kalp boşluklarında kateterlerle kaydettiğimiz basıncı traseleleri ve değerleri, bu sıfır noktasına göre o boşluktaki basıncı far-

kını yansıtmaktadır. Bu nedenle her işlem öncesi sıfır noktasının titiz bir biçimde ayarlanması elzemdir. Transdüser hatalı bir şekilde bu referans noktanın üzerinde konumlandırılırsa, basınç hatalı olarak düşük (zero üstünde), tersine aşağısında konumlandırılırsa hatalı yüksek (zero altında) basınç kaydedilecektir. Bu özellikle PKUB (veya SVEDB) hatalı ölçümlere yol açarak, yanlış sınıflandırmaya ve dolayısıyla yanlış tedavi başlanmasına (post-kapiller PH'nin hatalı olarak pre-kapiller olarak değerlendirilmesi) veya gerekli bir tedavinin yanlış bir kararla başlanmamasına (prekapiller PH'nin hatalı bir şekilde post-kapiller olarak değerlendirilmesi) yol açacaktır.

- Basınç ölçümleri, pulmoner arter, pulmoner kapiller wedge pozisyonu, sağ ventrikül, sağ atriyum ve eğer sol kalp kateterizasyonu da yapıldıysa aort ve sol ventrikül seviyesinde yapılmalıdır. Balonlu bir kateter (örneğin Swan Ganz kateteri) kullanılıyorsa balon sağ atriyum seviyesinde şişirilmeli ve pulmoner arter kapiller yatağına (wedge pozisyonu) ulaşana kadar kan akımı etkisiyle iletilemelidir. Pulmoner arterde rüptür gibi komplikasyonlara yol açmamak için balon, kapiller pulmoner yatakta tekrar tekrar indirilip şişirilmemelidir. Daha önce de belirtildiği gibi PKUB, sol atriyal basıncın temsili göstergesidir ve en az üç ölçümün ortalaması alınmalıdır. Doğru wedge pozisyonunda olduğumuzu teyit etmek adına, balon şişirilmişken kan gazı örneği alıp, sistemik oksijen saturasyonu varlığı gösterilebilir. Tüm basınç ölçümleri ekspiryum sonunda, akciğerde fonksiyonel rezidüel volüm varlığında alınmalıdır.
- Oksimetrik çalışma için en azından; pulmoner arter, sağ atriyum, süperior ve inferior vena (VCS ve VCI) kavadan kan örnekleri alınmalıdır. Sistemik arteriyel O₂ saturasyonu (SaO₂) da ölçülmelidir. Pulmoner arter oksijen saturasyonu (PaO₂) →%75 olan hastalarda sol-sağ şantla seyreden doğumsal bir kalp hastalığını atlamamak adına basamaklı bir oksijen saturasyonu değerlendirmesi yapılmalı ve bunun için daha fazla sayıda yerden kan gazı örneği alınmalıdır. Örneğin atriyal septal defekt (ASD) şüphesi olan bir hastada; sağ atriyum üst, orta, alt, VCS üst ve alt, VCI üst ve alt (venöz dönüş anomalisini dışlamak veya doğrulamak adına) kan gazı örnekleri alınmalıdır.^{6,7}
- Kardiyak debi termodilüsyon veya Fick metoduyla (direkt veya indirekt) ölçülebilir. Termodilüsyon yöntemi (üç ölçümün ortalaması) tercih edilen ölçüm yöntemidir ve düşük kalp debisi ve/veya ciddi triküspit yetersizliğine sahip hastalarda bile güvenilirdir. İntrakardiyak şanti olan hastalarda güvenilir sonuçlar vermemesi ve özel ekipman gerektirmesi ise dezavantajlarıdır.
- Sağ kalp kateterizasyonu sırasında ayrıca pulmoner vasküler direnç (PVD) de hesaplanır. Pulmoner arteriyel hipertansiyon tanısı için oPAB >20 mmHg ve PKUB <15 mmHg kriterlerine ilaveten PVD > 2 Wood Ünite (WU) şartı da sağlanmalıdır. Tarihsel süreç içerisinde, tanıda transpulmoner gradiyent (TPG) ve diyastolik basınç gradiyenti (DBG) kullanılmış olsa da bugün artık her ikisi de terk edilmiştir. İlki akım ve doluş basınçlarına çok duyarlı olduğu ve istirahatte pulmoner vasküler yataktaki değişiklikleri yansıtmadığı için, ikincisi ise akım ve doluş basınçlarından çok etkilenmesi ve prognostik öneminin kuşkulu olması nedeniyle artık kullanılmamaktadır.^{3,5,7}

Kardiyovasküler Sistemde Normal Basınç Eğrileri

Kalp odacıklarındaki normal basınç/direnç değerlerinin bilinmesi, kateterizasyon sırasında ölçülen basınç/direnç değerleri ile normalin karşılaştırılması, yorumlanması ve tedavinin yönlendirilmesi açısından önemlidir. Tablo 2 kalp odacıklarındaki normal basınç ve direnç değerlerini göstermektedir.^{3,5}

Kalp içi basınçların doğru yorumlanabilmesi, bu basınçların olu-

Tablo 2. Kalp Odacıklarının Normal Basınç ve Direnç Değerleri^a

| PH Hemodinamik Tanım ve Tipleri | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------|
| Boşluk | Basınç (mmHg) | | |
| Sağ Atriyum | a:2-10 | v:2-10 | Ort:0-8 |
| Sağ Ventrikül | Sist:15-30 | Diyast:0-8 | |
| Pulmoner Arter | Sist:15-30 | Diyast:4-12 | Ort:8-20 |
| PKUB | a:3-15 | v:3-15 | Ort:2-10 |
| Sol Atriyum | a:3-15 | v:3-15 | Ort:2-10 |
| Sol Ventrikül | Sist:100-140 | Diyast:3-12 | |
| Aorta | Sist:100-140 | Diyast:60-90 | 70-105 |
| Vasküler Direnç | Normal Aralık (dyne-sn.cm-5) | Ortalama (dyne-sn.cm-5) | |
| Sistemik vasküler direnç | 700-1600 | 1100 | |
| Total pulmoner direnç | 100-300 | 200 | |
| Pulmoner vasküler direnç | 20-130 | 70 | |

^aMarc Humbert, Gabor Kovacs, Marius M Hoepfer, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. European Heart Journal. 2022;43(38):361-3731; Kovacs G, Berghold A, Scheidl S, Olschewski H. Pulmonary arterial pressure during rest and exercise in healthy subjects A systematic review. Eur Respir J. 2009;34:888-894 kaynaklarından uyarlanmıştır.^{3,5}

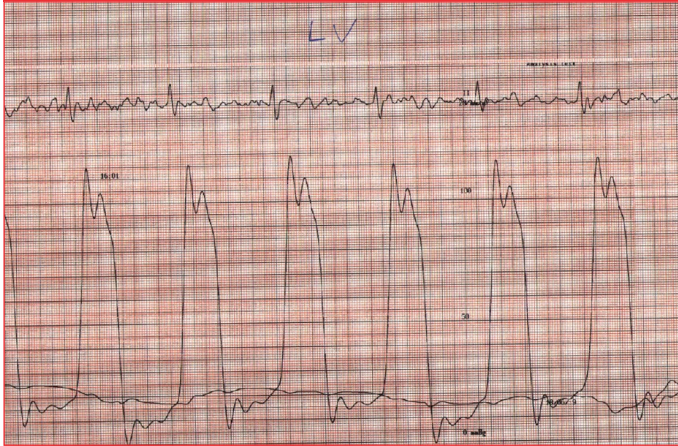
şumuna neden olan elektriksel ve fizyolojik olayların iyi bilinmesini gerektirir. Kalp içi basınçlar, odacıklardaki kan volümü, perikart basıncı ve intratorasik basınçtan doğrudan etkilenir. Ciddi akciğer hastalığı ve solunum yetersizliği gibi durumlar dışında, intratorasik basıncın etkisi göz ardı edilebilir. Perikart basıncı ise, konstriktif perikardit ve tamponad gibi durumlarda önem kazanır. Dolaşan kan miktarı aynı olmasına karşın sistemik arterlerdeki basınç, pulmoner dolaşımdakinin 6 katı kadardır.

Sol Ventrikül (SoV) :

Sistolik SoV basıncı 100-140 mmHg, diyastol sonu (SVEDB) ise 3-12 mmHg normal değer aralığında seyretmektedir. Çıkış yolu darlığı gibi durumlar dışında SoV sistolik basıncı aort sistolik basıncına eşittir. Diyastol sonu basınç (SVEDB) ise, mitral kapağın ve pulmoner venöz dönüşün normal olduğu durumlarda, ortalama kama (wedge) basıncına (PKUB) eşittir. Önemli bir fizyolojik parametre olan SVEDB, SoV dolmuş basıncı olarak da adlandırılır. Normal fizyolojik durumlarda 3-12 mmHg olan bu basınç, sol kalbi ilgilendiren patolojilerde (akut ME, kardiyomyopati vb.) 20-25 mmHg gibi değerlere yükselebilir. Şekil 3 LV basınç trasesini göstermektedir.^{4,5}

Aort Basıncı:

Şekil 3. Sol Ventrikül Basınç Kaydı Örneği*



*Doç. Dr. Ümit Yaşar Sinan'ın arşivinden alınmıştır.

Normal aralık sistolik 100-140 mmHg, diyastolik 60-90 mmHg, ortalama 70-105 mmHg'dir (Şekil 4) (Tablo 2). Aort sistolik basıncı normalde SoV sistolik basıncına eşittir. Sistolik basınç inspiryumla 5-10 mmHg düşebilir. Aort basınç eğrisindeki yükselme SoV ejeksiyonunun başladığını, dikrotik çentik ise aort kapağın kapanıp, ejeksiyon süresinin sonlandığını gösterir. Arteriyel basınç dalgasının şekli, ölçüm yerine göre değişebilir, periferik doğru gidildikçe sistolik basınç artarken diyastolik ve ortalama basınç azalır, dikrotik çentik gecikir. Şok gibi ileri derecede periferik vazokonstriksiyona neden olan durumlarda, periferik sistolik basınç santral basınçtan düşük ölçülebildiğinden, ölçüm veya monitörizasyon için seçilen yer önemlidir.^{4,5}

Sağ Atriyum:

Şekil 4. Aort Basınç Kaydı Örneği*



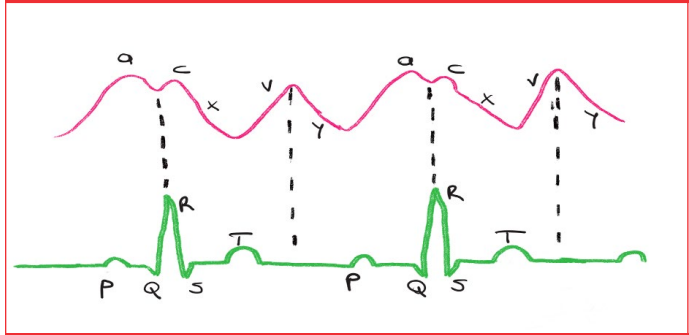
*Doç. Dr. Ümit Yaşar Sinan'ın arşivinden alınmıştır.

Normal basınç aralığı ortalama 0-8 mmHg'dir. Sağ atriyum (SaA) volümü, kompliyansı, triküspit kapak fonksiyonları ve sağ ventrikül (SaV) fonksiyonlarından etkilenir.^{4,5} Sol atriyal (SoA) basınç değişiklikleri de atriyal septum ve perikart aracılığıyla SaA basıncı etkiler. Sağ atriyal basınç dalgaları kardiyak siklus değişikliklerini yansıtan a,c,v dalgaları ile x ve y inişlerinden oluşur (Şekil 5).

A dalgası, atriyal sistolden kaynaklanır, EKG'deki P dalgasından

hemen sonra gelen ilk pozitif dalgadır. A dalgasının yüksekliği

Şekil 5. Sağ atriyal basınç trasesine ait a,c ve dalgaları ile x ve y inişinin EKG dalgaları ile ilişkisini gösteren çizim.*



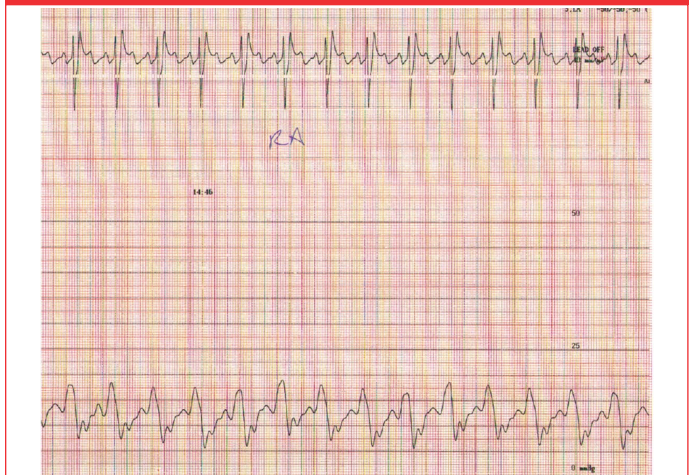
*Dr. Barış Güven'e ait çizim, izin alınarak kullanılmıştır.

kanı ileriye itmek için gerekli olan basınçla ilişkilidir. A dalgasının ardından izlenen X inişi ise sağ atriyum gevşemesi ile erken SaV sistolü sırasında atriyoventriküler (AV) bileşkenin aşağı doğru hareketi ile SaA'da oluşan basınç düşüşünü yansıtır. X inişi sırasında ikinci ve daha küçük pozitif dalga, C dalgası ise triküspit kapağın kapanmasına bağlı oluşan SaA basınç artışını yansıtır ve SaV sistolünün başlangıcıdır.^{4,5} EKG'de QRS kompleksinin sonunda gelir (RST bileşkesi). V dalgası, triküspit kapak kapalıyken sağ atriyumun doluşuyla oluşur. EKG'de T dalgasından sonra gelir. V dalgasının yüksekliği atriyal kompliyansla ve periferden dönen kan hacmi ile ilişkilidir. Sağ atriyumda V dalgası genellikle A dalgasından V dalga pikini triküspit kapağın açılması ile SaA'nın hızla boşalmasına bağlı basınç düşüşünü gösteren Y inişi izler (Şekil 6).

Yüksek A dalgası triküspit darlığı, artmış SaV kompliyansı (örneğin PH, pulmoner darlık), dev A dalgası AV asenkroni (atriyum kapalı triküspit kapağa karşı kasılır, örneğin AV Blok), A dalgası yokluğu (atriyal fibrilasyon, atriyal flutter), yüksek V dalgası (triküspit regürjitasyonu, SaV yetersizliği, azalmış atriyal kompliyans;örneğin restriktif kardiyomyopati) durumlarında görülür.^{4,5}

Sağ Ventrikül:

Şekil 6. Sağ Atriyum Basınç Trasesi Örneği.^a

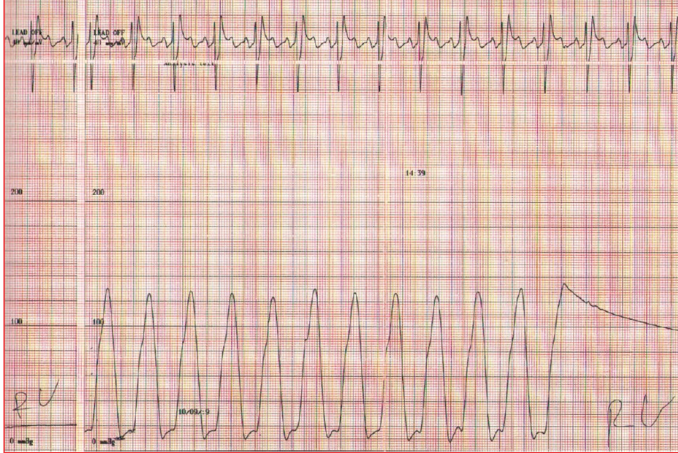


*Doç. Dr. Ümit Yaşar Sinan'ın arşivinden alınmıştır.

Sağ ventrikül için normal sistolik basınç değeri 15-30 mmHg, normal diyastolik basınç değeri ise 0-8 mmHg'dir. Normal şartlarda SaA basıncı SaV diyastol sonu, PA sistolik basıncı da SaV sistolik basıncını yansıtır (Şekil 7). Sağ ve sol ventrikül basınç traseleri benzerdir. (Basınç farkı dışında). Sağ ventrikül sistol süresi daha kısadır. Sağ ventrikül diyastolik basıncı, erken hızlı doluş fazı ve sonra yavaş doluş fazı ve en son atriyal kick veya a dalgası ile karakterizedir.^{4,5}

Pulmoner Arter:

Şekil 7. Sağ Ventrikül Basınç Kayıt Örneği.^a



*Doç. Dr. Ümit Yaşar Sinan'ın arşivinden alınmıştır.

Normal basınç aralığı sistolik 15-30 mmHg, diyastolik 4-12 mmHg, ortalama 9-16 mmHg'dir (Şekil 8). Pulmoner arter basınç eğrisindeki yükselme SaV ejeksiyonun başladığını, dikrotik çentik ise pulmoner kapağın kapanmasıyla ejeksiyonun sonlandığını gösterir. Pulmoner vasküler direnci normal ve mitral kapak hastalığı olmayan kişilerde PA diyastolik basıncı hem PKUB'ye hem de SVEDB'ye çok yakındır (maksimum 2-4 mmHg fark). Bu farkın →5 mmHg olduğu durumlarda PVD artışına neden olan durumlar (örneğin pulmoner emboli) akla gelmelidir. Pik sistol T dalgası ile ilişki gösterir. Diyastol sonu (end-diyastol) QRS kompleksi ile ilişki gösterir.^{4,5}

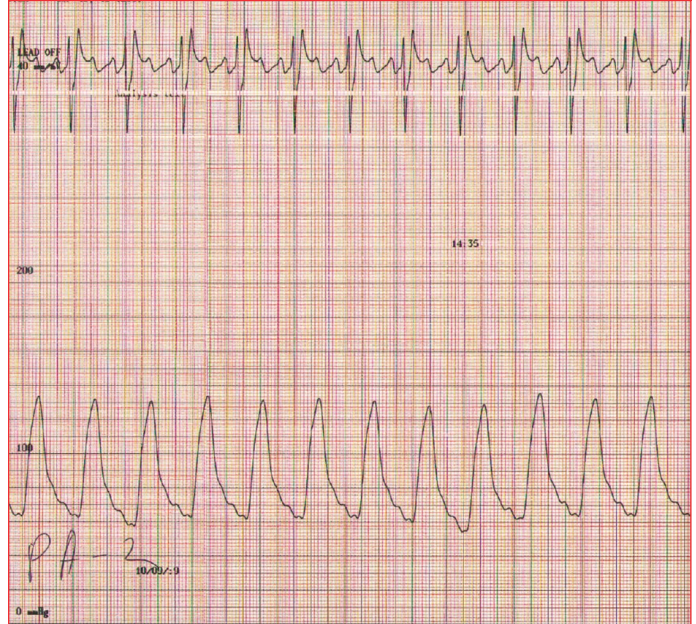
Pulmoner Arter Uç (Kama, Wedge, Saplama) Basıncı:

Kateter ucu ile kapiller yatak arasında her iki yönde de akım sağlayan kollateral dolaşım sağlayan damarların olmadığı belli bir damar yatağında, açık ucu kapiller yatağa dayanmış olan uç delikli bir kateterle ölçülen basıncı ifade eder.^{4,5} Gerçek wedge basıncı sadece, kapiller yatak boyunca basınç dengeleme koşulunu sağlayan 'tam akımsızlık' halinde ölçülebilir. Pulmoner arter uç basıncı dolaylı olarak SoA basıncını yansıtır (surrogate:vekil). Gerçek wedge basıncı kateter ucu ile sol atriyum-pulmoner ven arasında oluşan statik kan sütununa bağlı olarak oluşur. A dalgası hemen QRS kompleksinden sonra gelir, sol atriyal kontraksiyonu temsil eder. V dalgası da EKG'nin T dalgasından sonra gelir, mitral kapak kapalıyken sol atriyal doluşu temsil eder. C dalgası seyrek görülür, mitral kapak kapanışına bağlıdır (hepsi gecikmiş basınç yansımalarıdır).

X inişi sol atriyum gevşemesi ve erken ventrikül sistolü sırasın-

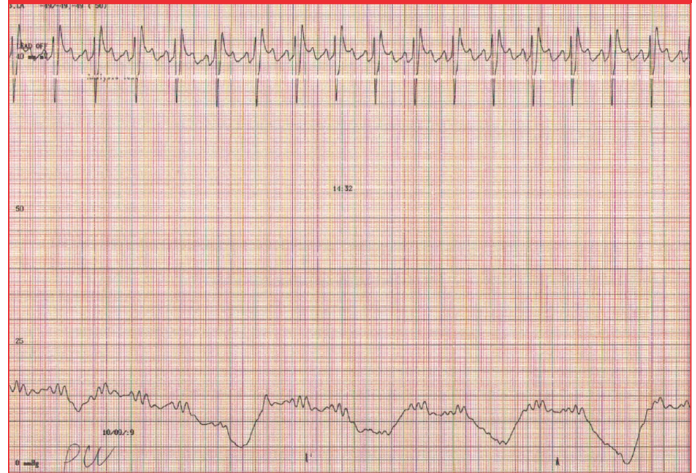
da AV bileşkenin aşağı doğru hareketiyle oluşan basınç düşüşünü yansıtır. Y inişi ise mitral kapağın açılmasıyla hızla boşalan kanın neden olduğu basınç düşüşünü yansıtır (Şekil 9).

Şekil 8. Pulmoner Arter Basınç Kayıt Örneği.^a



*Doç. Dr. Ümit Yaşar Sinan'ın arşivinden alınmıştır.

Şekil 9. Pulmoner Kapiller Wedge Basınç Örneği.^a



*Doç. Dr. Ümit Yaşar Sinan'ın arşivinden alınmıştır.

Wedge basıncı klinikte pulmoner venlerdeki hidrostatik basınç değerlendirilmede kullanılır. Yukarıda da belirtildiği gibi hasarlı bir SoV'de optimal dolun (diyastol-sonu) basıncı 20-25 mmHg iken, optimal kama basıncı 15-20 mmHg'dir. Kama basıncı 24 mmHg değerini aştığında hidrostatik basınç artışıyla pulmoner konjesyon başlar. Protein eksikliği veya akciğer hastalığı varlığında daha düşük kama basıncında da akciğer ödemi gelişebilir. Buna karşın kronik kalp yetersizliğinde akciğer lenfatik drenajındaki artış sayesinde 30 mmHg'ya kadar değerlerde bile akciğer ödemi gö-

rülmeyebilir. Kama basıncı normal şartlarda SoV dolun basıncını da yansıtmaya karşın, mitral darlığı, mitral yetersizliği ve SoV kompliyansının azaldığı durumlarda bu konuda doğru bilgi vermez. Yine pulmoner vasküler yatak patolojilerinde (pulmoner emboli, akciğer hastalığı gibi), pulmoner kapiller yatakta kollapsa neden olan intratorasik basınç artışı durumunda, kateterin akciğerin kötü perfüze olan bir bölgesine yerleşmiş olması durumunda sol atriyum basıncını da doğru yansıtmaz.^{4,5}

Sağ kalp kateterizasyonu sırasında başlıca hata kaynakları;

- Taşikardi,
- Frekans yanıt sisteminin bozulması,
- Ani basınç değişiklikleri,
- Kateter 'whip' artefaktı,
- Uç/'end-pressure' artefaktı,
- Kateter impakt artefaktı,
- Pressure recovery,
- Zero/Balans/Kalibrasyon hataları.⁴

Oksimetrik Çalışma

Sağ kalp kateterizasyonunun önemli bir parçası da oksimetri için kan örneklerinin alınmasıdır. Birbirini takip eden kalp odacıkları arasındaki oksijen satürasyon farkının \rightarrow %5-7 olması (step-up), atriyum, ventrikül veya büyük damarlar düzeyinde sol-sağ şant göstergesidir.^{4,5} Bu durumda tam bir oksimetri çalışması yapılarak sol ventrikül, aort (pre-duktal, post-duktal), pulmoner arter (ana, sağ, sol), sağ ventrikül (apeks, gövde, çıkış yolu), sağ atriyum (üst, orta, alt) ile inferior (alt, üst) ve süperior (alt, üst) vena kavalardan 2'er ml kan örneği alınarak şantın düzeyi belirlenebilir. Oksimetri sırasında hızlı örnekleme gereklidir. Şant belirlemede O₂ içeriğinden çok O₂ satürasyon datası tercih edilmeli. Ardışık odacıkların karşılaştırmasında her noktadaki maksimum değerden çok ortalama değerler tercih edilmeli. Sistemik kan akımının etkisi nedeniyle arada kalınan ve istirahatte düşük debili olan olgularda egzersiz yaptırılabilir.

Vazoreaktivite Testi:

Pulmoner vazoreaktivite (VR) testi, yüksek dozda kalsiyum kanal blokeri (KKB) tedavisinden fayda görecektir hastaları belirlemede faydalıdır.³⁻⁵ Sadece özel bir PAH hasta grubunda (idiyopatik, kalıtımsal ve ilaç ilişkili) önerilmektedir.³ Çünkü bu hasta grubunda VR (+) hastalarda yüksek doz KKB tedavisiyle prognozun iyi olduğu gösterilmiştir. Test SKK sırasında yapılabilmektedir. İnhal nitrik oksit (NO) (10-80 partikül/milyon) ve intravenöz (iv.) epoprostenol (2-12 ng/kg/dk) ve inhale ilioprost (2.5-5.0 mcg/inh) VR testinde Sınıf 1 endikasyonla önerilen ajanlardır. Adenozinin ise sistemik yan etkileri nedeniyle artık VR testinde kullanımı önerilmemektedir.³ Pozitif akut yanıt, oPAB'da 10 mmHg düşüşle birlikte mutlak oPAB değerinin 40 mmHg olması olarak değerlendirilmektedir. İdiyopatik PAH hastalarının sadece %5-10'unda VR testi pozitifdir. Uzun süreli takipte hastaların önemli bir oranında vazoreaktivite özelliği kaybolmaktadır. Test sırasında KKB, O₂, fosfodiesteraz tip 5 enzim (PDE-5) inhibitörü (sildenafil, tadalafil gibi) veya diğer vazodilatör ajanların kullanımı önerilmemektedir.

Kalp Debisi:

Kalbin dakikada sistemik dolaşıma pompaladığı kan hacmine

kardiyak debisi (L/dk) denir. Sol ventrikül debisi, pulmoner venler aracılığıyla bronşiyal arter akımının ve thebesian venlerin sol atriyuma boşalması nedeniyle, sağ ventrikül debisinden hafif yüksektir. Vücut kitlesinin yarattığı farklılıkların etkisini ortadan kaldırmak için kalp debisinin mutlak değeri yerine kardiyak indeks kullanılır. Kardiyak indeks (L/dk/m²) bir dakikada birim vücut yüzey alanı başına pompalanan kan miktarıdır. Normal kardiyak indeks 2.6-4.2 L/dk/m², atım hacim indeksi (atım hacmi/vücut yüzey alanı) ise 30-65 ml/vuru/m²'dir.

Kalp kateterizasyonu ile basınçlar ve kardiyak debisi doğrudan ölçülebilir. Kalp debisi ölçümü için termodilüsyon veya Fick (direkt/indirekt) metodu kullanılır.^{4,5} Sistemik ve pulmoner vasküler direnç ise kateterizasyon sırasında ölçülen değerlerden hesaplanabilen parametrelerdir.

Arterio-venöz O₂ farkı (AVO₂) dokuların dolaşan kandan çektiği O₂ miktarıdır ve ölçülmüş değerlerden (hemoglobin değeri, arteriyel O₂ satürasyon %'si ve mikst venöz O₂ satürasyon %'si) hesaplanabilen bir parametredir. Düşük debili durumlarda dokunun çektiği O₂ miktarı artarak kompensasyon sağlanmaya çalışılır; bu da mikst venöz O₂'nin azalması ve AVO₂ farkının artması anlamına gelir. Hastanın arteriyel O₂ satürasyonu, O₂ tüketimi ve hemoglobin değerinin sabit olması durumunda MVO₂ değişiklikleri kardiyak debisi değişikliklerini yansıtır. Ancak özellikle yoğun bakım hastalarında bu parametrelerin stabil olmadığı unutulmamalıdır.

Oksijen Tüketimi

Fick yöntemi ile kardiyak debinin ölçülebilmesi için O₂ tüketiminin bilinmesi şarttır. Oksijen tüketimi hazır tablolardan hesaplanabilirdiği gibi, bazal şartlarda 125 ml O₂/dk/m² de kabul edilebilir.

Pulmoner (Qp) ve Sistemik (Qs) Kan Akımı

Normal şartlarda pulmoner ve sistemik kan akımları eşittir. Pulmoner ve sistemik akım oranı Qp/Qs, sol-sağ şantın derecesi konusunda önemli fizyolojik bilgi sağlar. Oksijen tüketimi gibi faktörleri hesap dışı bırakan bu oran sadece O₂ satürasyonlarından hesaplanabilir (Tablo 3). Qp/Qs <1.5 olması hemodinamik olarak küçük bir şantın varlığını ifade eder ve komplikasyonsuz olgularda medikal izlemi destekler. Oranın >2 olması ise büyük şant ve cerrahi tedavi lehinedir. Qp/Qs'in <1 olması ise şantın terse döndüğünü (sağdan sola) ve genelde kalıcı pulmoner vasküler hastalığın geliştiğinin göstergesidir.

Tablo 3. Kardiyak ve Pulmoner Debinin Hesaplanması

| |
|---|
| AV O ₂ farkı= Hbx10x1.36 (Art O ₂ Sat % - PA O ₂ Sat %) 3-5 ml O ₂ / 100 ml kan |
| Qp (L/dk)= O ₂ Tüketimi (ml/dk) / (PV O ₂ içeriği - PA O ₂ içeriği) |
| Qs (L/dk)= O ₂ Tüketimi (ml/dk) / (SA O ₂ içeriği - MV O ₂ içeriği) |
| Qp/Qs= (SA O ₂ - MV O ₂) / (PV O ₂ - PA O ₂) |

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The author declares that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Hoeper MM, Lee SH, Voswinckel R, et al. Complications of right heart catheterization procedures in patients with pulmonary hypertension in experienced centers. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48:2546-2552. [\[Crossref\]](#)
2. Galiè N, McLaughlin VV, Rubin LJ, Simonneau G. An overview of the 6th World Symposium on Pulmonary Hypertension. *Eur Respir J.* 2019;53:1802148. [\[Crossref\]](#)
3. Marc Humbert, Gabor Kovacs, Marius M Hoeper, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *European Heart Journal.* 2022;43(38):361-3731. [\[Crossref\]](#)
4. Baim DS and Grosman W. Hemodynamic principles. In: Moscucci M eds. *Cardiac Catheterization, Angiography, and Intervention.* 1th. Edition. Baltimore: Williams and Wilkins; 2023:194-262.
5. Kovacs G, Berghold A, Scheidl S, Olschewski H. Pulmonary arterial pressure during rest and exercise in healthy subjects A systematic review. *Eur Respir J.* 2009;34:888-894. [\[Crossref\]](#)
6. Frost A, Badesch D, Gibbs JSR, et al. Diagnosis of pulmonary hypertension. *Eur Respir J.* 2019;53:1801904. [\[Crossref\]](#)
7. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, et al. ESC Scientific Document Group, 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease: *European Heart Journal,* 2021;42(6):563-645

BÖLÜM 1.6

KORONER ANJİYOĞRAFI

Cem BOSTAN

Koroner Anjiyografi

Coronary Angiography

BÖLÜM HAKKINDA

Koroner anjiyografi (KA) uygun kateterler ile selektif olarak koroner arterlere radyopak kontrast maddenin verilmesi ile görüntü alınmasıdır. Koroner arterlerin anatomisi, patolojilerin varlığı, yaygınlığı ve ciddiyeti, tedavi seçeneklerinin değerlendirilmesi (medikal, girişimsel veya cerrahi) ve koroner işlemlerin güvenli ve etkili yapılabilmesi için altın standart kabul edilen görüntüleme yöntemidir.

Anahtar kelimeler: Koroner anjiyografi, koroner arterler

ABOUT the CHAPTER

Coronary angiography (CA) is the acquisition of images by selectively administering radiopaque contrast material into the coronary arteries using appropriate catheters. It is the gold standard imaging method for the anatomy of the coronary arteries, the presence, extent and severity of pathologies, the evaluation of treatment options (medical, interventional or surgical), and the safe and effective performance of coronary procedures.

Keywords: Coronary angiography, coronary arteries

Koroner anjiyografi (KA) uygun kateterler ile selektif olarak koroner arterlere radyopak kontrast maddenin verilmesi ile görüntü alınmasıdır. Bilinmesi gereken iki nokta üç boyutlu yapıların iki boyutlu olarak görüntülediği ve damar içi hakkında bilgi sağladığıdır. Bu nedenle koroner anjiyografi lümenografi olarak da nitelendirilebilir. Koroner arterlerin anatomisi, patolojilerin varlığı, yaygınlığı ve ciddiyeti, tedavi seçeneklerinin değerlendirilmesi (medikal, girişimsel veya cerrahi) ve koroner işlemlerin güvenli ve etkili yapılabilmesi için altın standart kabul edilen görüntüleme yöntemidir.¹

Koroner arterler aort kökünde ait oldukları valsava sinüslerden köken alırlar. Sol ana koroner arter (LMCA) sol sinüsten çıktıktan sonra iki kola ayrılarak sol ön inen arter (LAD) ve sirkümflek arteri (CX) verir. Bazen intermedier arter üçüncü bir kol olarak ana koroner arterden çıkmaktadır.

LAD kalbin ön yüzünde inter ventriküler olukta seyrederek septuma doğru septal (S) ve anterolateral duvara doğru diyagonal (Dx) dalları verir. Cx ise sol atrioventriküler (AV) olukta seyreder. Obtus marjinal dalları ile sol ventrikülün lateral duvarını besler.

Sağ koroner arter (RCA) sağ koroner sinüsten çıkıp sağ AV olukta seyreder. RCA'nın ilk dalı konal arterdir. Yarıya yakın anjiyolarda RCA'dan ayrı ostiumla çıkabilir. Sağ ventrikül çıkış yolunu besler. Bilinmesi gereken önemli nokta sıklıkla LAD'ye kollateral verebildiğidir. Sinüs düğümü arteri %60 oranda RCA'nın proksimal segmentinden köken alır. RCA mid segmentten sağ ventrikül besleyen akut marjinal dal ayrılır. AV oluktan ayrılarak sağ lateral dal (Rpl) ve sağ arka inen dallara (Rpd) ayrılır. Ayrım noktasına kruks denilir.

Rpd arka interventriküler olukta seyreder. Sol ventrikül ve septumun inferior kısımlarını besler. Köken aldığı damara göre koroner baskınlık (Dominant) belirlenir. %85 RCA'dan köken alır ve RCA dominant olarak raporlanır. %8'in de CX' ten köken alır ve Cx dominant olup RCA küçük olarak görüntülenir. % 7 oranında hem Cx hem de RCA arka inen damar vermektedir. Bu duruma balanse (codominant) denilmektedir.²

Merkezimizde tanısal amaçlı koroner anjiyografi için genellikle giriş yeri femoral arter ise



Cem Bostan 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyolojik Temel Bilimler Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: cbostan@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Bostan C. Koroner Anjiyografi. Ersanlı M, (Ed.) *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 36-41.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

6 French (F) Judkins sol ve sağ (JL4, JR4) kateterler kullanılmaktadır. Radyal arter girişlerinde Judkins 5 veya 6 F kullanılmaktadır. Benim radyal girişlerde ilk tercihim her iki sisteme de tek seferde görüntüleme imkânı veren 5F Tiger (Tig) kateterlerdir. Her kateter ve tel giriş çıkışları radyal arterde spazmı tetikleyebilmektedir. Radyal girişlerde kullanılan kateterlerin femoral yolda kullandıklarımızdan en az bir boy küçük olmasına dikkat etmek başarı oranımızı arttıracaktır. Kullanılan kateterlerin kalibrasyonu ne kadar küçük olursa giriş yeri komplikasyonları, kullanılan kontrast madde miktarı o kadar az olacak hastanın mobilizasyonu o kadar hızlı olacaktır.

Tanısal amaçlı koroner anjiyografilerde aort kökü geniş olmayan durumlarda femoral yol girişlerinde JL4 ve JR4 rutin olarak kullanılmaktadır. Cx ve LAD arterler selektif görüntülenecekse LAD' nin CX için kullanılan kateterden bir boy küçük seçilmesi gerektiği bilinmelidir. Ayrıca kateter manuplasyonlarında saat yönünde (clockwise) çevirme ile kateterin arkaya doğru yönleneceği, saat yönü tersine (counter clockwise) çevrildiğinde öne doğru yönleneceği akılda tutulmalıdır.

Yaş ilerledikçe periferik arterlerde ve aort damarda kalsifikasyon, tortüosite ve elongasyon görülebilmektedir. Bu durumlar işlem başarısızlığını ve komplikasyon riskini arttırmaktadır. Giriş yerinden itibaren damar ileri derecede kıvrımlı seyrediyorsa daha uzun damar giriş kılıfı (long sheath) kullanılmalıdır.

Damar içine girecek tüm materyaller heparinli serum fizyolojik (SF) ile yıkanmalıdır. Anjiyonun uzun süreceğini düşündüğünüz işlemlerde işlem öncesi periferden 2500 iv heparin yapılmasında fayda vardır (İleri yaştaki hastalara da yapılmasını öneririm).

Kateterler aort köküne kadar ucu kıvrık olan rehber tel (J guide) ile birlikte gönderilmelidir. İler derecede kıvrımlı kalsifik damarlarda sülük dediğimiz hidrofilik teller uygundur. Daha fazla zorlandığı durumlarda ekstra support teller destek verecektir.

Kateter valsalva sinüsten J guide çekilmelidir. Zaman zaman tel yardımı ile koronere doğrudan kateter yerleştirilmektedir. Ancak özellikle osteal lezyon varsa veya koroner akım kateter nedeniyle kesildiyse ciddi komplikasyonlara yol açabilirsiniz.

Klavuz tel çıkarıldıktan sonra kateterden dışarı kan gelmesine izin vermek gerekir. Böylece kateter içinde tıkanıklık olmadığı (özellikle pıhtı) teyit edilir. Kateter aort duvarına dayandıysa veya damar içinde katlandıysa bu durumun düzeltilmesi gerekir. Kateterin distal ucu genellikle 3 yollu manifolda bağlanır. Manifoldun ilk yolu basınç sistemine, ikincisi heparinli serum fizyolojik sıvısına üçüncüsü kontrast setine bağlıdır. Set bağlantılarının hava yapmayacak şekilde sıkı bağlandığı mutlaka kontrol edilmelidir. Başta emboli olmak üzere her türlü komplikasyonlardan korunmak için damara giren malzemeler ile damar dışı malzemelerin bağlantısı akışkan sıvılar eşliğinde yapılmalıdır. Kateterden kan akışı ve manifolddan SF akışı ile bağlantı sağlanmalıdır. Manifold şeffaf olduğu için kontrast enjektörüne hafif kan çekerek sistemde hava kontrolü daha kolay olmaktadır. Enjektörü dik tutarak kullanılması enjektörden sisteme hava kabarcığı (buble) verilmesini engelleyecektir. Aort kökündeki yeri değerlendirmek açısından birkaç cc kontrast verilmesi uygundur. Sol sisteme clockwise rotasyonla hafif kateter çekilerek genellikle koronere oturulur. Kateter olması gerekenden büyükse koroner ağzının altında kalır. Hastadan derin nefes alıp

tutması istenerek kateter oturması denenebilir. Küçükse üzerinde kalır veya katlanır. Uygun kateter seçimi başarıyı arttıracaktır. Koronere kateter yerleştikten sonra basınç trasesi görülmeden işleme devam edilmemelidir. Basınç alınamıyorsa öncelikle basınç seti ile ilgili kontroller yapılmalıdır. Diğer kontrol edilmesi gereken durumlar set içinde hava olup olmadığı veya kateterin katlanmasıdır. Eğer basınç düşüklüğü ile birlikte semptom varlığında koroner akımın etkilendiği akla gelmelidir. Kateter koroner damara coaksiyel olmalıdır. Kateter ucu damar seyrine paralel durmalıdır. Damar duvarına doğru yöneliyorsa koroner diseksiyon riski vardır. Ayrıca kan akımında kısıtlanma yaratabilir. Kısıtlama tam olursa sistolik basınç düşüklüğü görülür. Buna **damping** denilir. Kısmi tıkanıklıkta diyastolik basıncın düştüğü görülür. Buna da ventrikülizasyon olarak adlandırılır. Her iki durumda da akımın rahatlatılması gerekmektedir. Kateter damar içine derin yerleşmiş ise geri çekilmelidir. Kontrast maddenin aortaya doğru geri kaçışının olmaması osteal lezyon varlığını düşündürür. Bu durumda kateter osteal yerleştirilmeden aortadan kuvvetli verilerek çekim yapıp patoloji netleştirilmelidir. Osteal lezyon varlığında delikli kateterler kullanılabilir. Günlük pratiğimde hipotansiyon olmadığı sürece rutin tüm işlemlerde 200 microgram (µg) iv nitroglicerine uygulamaktayım. Böylece spazmın sebep olabileceği lezyon olarak yorumlanacak durumlara karşı tedbir alınabilmekte ayrıca damarın gerçek genişliği değerlendirilebilmektedir.

Sol sistemde Judkins kateter ile yerleşmek genellikle kolay olmaktadır. Aort kökünden AP pozisyonunda hafif saat yönü rotasyonu ile çekilerek LMCA' YA angaje olunur. Sağ koroner yerleşiminde çoğunlukla JR+ kateterler kullanılır. Sol oblik 30° pozisyonunda aort kökünde ucu sola bakaçak şekilde bırakılan kateter clockwise rotasyonla hafif çekilerek RCA' ya yerleşmeye çalışılır. Katetere proksimalde ne kadar tork veriseniz distalde de o kadar döneceğini akılda tutmalısınız. Genelde kateter ucu distalde takılıp dönmediği için daha çok çevirme eğilimi vardır. Kateteri ileri geri küçük hareketlerle oynatarak veya hafif titreterek ucu serbestleştirebiliriz. Bir miktar kontrast vererek bunu sağlayabilir, kateterin yeri hakkında da bilgi edinebilirsiniz. Bazen counterclockwise rotasyonla tersten gelmekte faydalı olmaktadır. Özellikle kateter sürekli konus artere yöneliyorsa bunu denemelisiniz. Yüksek çıkışlı ostiumlarda aort kökünden biraz yukarıda dönmeye başlamalısınız. Buna rağmen başarısızlık durumunda çıkış yerini belirlemek için aort kökü çekimi yapmak yardımcı olacaktır. Aort kök genişliğinde Amplatz sağ (AR) , sol sinüs çıkışlılarda Amplatz sol (AL) kullanmak uygun olacaktır. Amplatz kateterleri kullanmanın bazı dikkat edilmesi gereken özellikleri vardır. Komplikasyonlar özellikle diseksiyon yapma riski yüksektir. Aort kökünde J telin ucu geniş kıvrım yapmalı ve Amplatz kateter ucu yukarıya bakacak şekilde üzerinden kaydırılmalıdır. Teli çekildikten sonra clockwise küçük hareketlerle derin entübe olmamaya dikkat edilerek koronere konumlandırılmalıdır. Kateter çekilirken önce hafif ittirilerek ostiumdan serbestleşmesi sağlanmalı sonra çekilmelidir.

Safen ven ve arteriyel bypas greftlerin görüntülenmesi de koroner anjiyografinin bir parçasıdır. İşleme başlamadan önce ameliyat raporunun veya varsa operasyon sonrası çekilmiş görüntülerin incelenmesi mutlaka yapılmalıdır.

Safen greftler valsalva sinüsten yukarıda aortun ön yüzüne anastomoz edilir. Görüntülemeye sıklıkla JR4 kateter kullanılır ancak diğer kateterler hakkında da bilgili olmak gerekmektedir. (Multi-

purpose, sağ ve sol bypass kateterleri, hockey-stick, LİMA kateteri vb) Bazen cerrahlar anztomoz yerini belirlemede kolaylık sağlamak için metal klipler kullanabilmektedir. Cerrahi tekniğe göre değişebilmekle birlikte kural olarak en üste OM greftleri olmak üzere diagonal, LAD ve RCA olarak sıralanmaktadır. Merkezimizde ven greft kanulasyonu LAO 30° de yapılmaktadır. RCA grefti aort silüetinin sağına bakacak şekilde nativ RCA'nın üzerinde, sol sistem greftleri ise sola bakacak şekilde konumlanmaktadır. Sol sistem greft kanulasyonunda RAO 30° de denenebilir. Bu kez sol sistem greftleri aort silüetinin sağına doğru konumlanır. Saat yönü rotasyonu kanulasyon sağlanabilir. Greftler hakkında bilgi yoksa ve çeşitli denemelere rağmen başarılı olunamadıysa aorta grafi ile ostiumlar belirlenmeye çalışılmalıdır Nativ damarlarda distal akımlarda kompetisyon varlığı patent greft varlığı hakkında ipucu verir.

Arteriyel greftler açık kalma oranı yüksek olduğu için en sık kullanılan greftlerdir. İç meme arteri (Internal mammary artery IMA) özellikle sol sisteme genellikle de LAD' ye anastomoz edilir. LİMA subklavian arterden vertebral arterin birkaç cm ilerisinde antero-inferior yönde seyreder. Selektif yerleşmek için LİMA kateteri kullanmak daha doğrudur. Genellikle zaman kazanmak amaçlı JR4 kateterle görüntü alma denenmektedir. Merkezimizde AP pozisyonda işleme başlanmaktadır. Hastanın sağa bakması istenerek j tel eşliğinde LİMA kateteri çıkan aortaya ilerletilerek J teli kateter içine alınır. Counterclockwise rotasyonla çekilerek subklavian artere yönlenecek çalışılır. Kateter yönlendiğinde J teli ilerletilerek brakial artere doğru kateter gönderilir. Tel çıkartılarak bağlantı yapılır. Counter clockwise rotasyonla LİMA ostiuma oturmaya çalışılır. Selektif yerleşilemeyen durumda LİMA'ya en yakın yerde kateter bırakılarak uzaktan görüntülenmeye çalışılabilir. Görüntü kalitesini arttırmak için sol kola tansiyon manşonu yerleştirip sistolik basıncın biraz üstüne kadar şişirilerek akımın kola gitmesine engel olunmalıdır. LİMA arterin hassas olduğu ve diseksiyon riski nedeniyle hassas davranılması gerektiği, kuvvetli enjeksiyonlardan kaçınılması gerektiği unutulmamalıdır. Sağ İMA (RİMA) içinde aynı manevralar geçerlidir.

Anjiyografi cihazı C şeklinde bir yapıdır. Hasta bu yapının merkezinde her yöne hareket ettirilebilen sedye üzerine konumlandırılır. Nötr pozisyonda hastanın altında bulunan kısım X ışın kaynağı, hastanın üst tarafında bulunan kısım görüntü yoğunlaştırıcı (kamera tüpü) olarak adlandırılır. Kamera tüpü çekim bölgesine yaklaştıkça keskinlik artar. Buna karşın uzaklaştıkça keskinlik azalmakla birlikte nesnelere gerçekte olduklarından daha büyük görünürler.

Kamera tüpünün hasta ile ilişkili konumuna göre çekim açısı adlandırılır. Hastanın kafasına doğru ise kraniyel, ayaklara doğru ise caudal açılanmadan söz edilir. Hastanın sağına veya soluna doğru kamera tüpü hareket ettirilirse sağ anterior oblik (RAO) ve sol anterior oblik (LAO) olarak adlandırılır. Diğer kullanılan açılar ise nötr pozisyonda anteroposterior (AP) ve lateral açılarıdır.

Tekrar hatırlatmak gerekirse koroner anjiyografide üç boyutlu bir yapıyı iki boyutlu olarak değerlendirebiliriz. Kamera tüpü çekilen yapıya dik olarak baktığımızda ancak gerçek değerlendirme yapılabilir. Açılanma bölgelerinde gerçek yapısından kısalmalar olacaktır. Buna foreshortening denilir. Bu yanılsama ancak birbirine dik (ortogonal) iki çekim yapılarak giderilebilir. Bazen damar seyri

boyunca birden fazla açılanmada yapabilir. İşlem sırasında buna göre değerlendirme yapılarak çekimler planlanmalıdır. KA çekimi bir sanattır. Burada hastaya ve işlem sırasında bulunanlara en az zararlı etki yapacak şekilde çekim yapılmalı ancak kararımızı etkileyecek hiçbir noktada tereddüt kalmamalıdır.

Kamera tüpü hareketi ile anatomik yapılar arasındaki bağıntıları bilmek çekim ve değerlendirmelerde yardımcı olacaktır. Omurga, diyafram ve Cx arter tüple birlikte hareket eder; LAD ve diyaagonal arterler tüpün tersine hareket eder. Çekim sırasında incelemeyi etkileyecek hiçbir yapı görüntü alanında bulunmamalıdır. Zaman zaman derin inspiyum veya ekspiryum yapılması çekim kalitesini arttırabilir. Özellikle kraniyel pozlarda derin inspiyum ile diyafram görüntü bölgesinden uzaklaştırılabilir. Kontrast madde enjeksiyonu sırasında diseksiyon yaratmamak için yavaş başlanıp hız gittikçe arttırılmalıdır. Genellikle 6-8 ml kontrast madde bir çekim için yeterlidir. Sine çekimi ostiumdan başlayıp belli bir damar trasesini takip etmeli çekim bitene kadar kontrast vermeye devam edilmelidir. En ciddi komplikasyon sistemde olabilecek havanın direkt koronerlere verilmesidir. Bu konuda aşırı hassas olunmalı enjektör her zaman dik durumda kullanılmalıdır. Ani gelişen göğüs ağrısı, ciddi ritim bozukluğunda (Ventriküler fibrilasyon, kardiyak arrest) akla hava embolisi gelmeli koronerler bol SF ile yıkanmalı, iv nitrogliserin ve nasal oksijen verilmelidir. Sol sistemde caudal pozlarda Cx arter, kraniyel pozlarda LAD arteri takip edilir.

Her merkez kendi çekim protokolünü kullanmaktadır. Merkezimizde rutin olarak sol sistem çekimleri 20° ile 40° arasında AP caudal ile başlamaktadır. LMCA osteal lezyon düşünülüyorsa AP ile de başlanabilir. Daha sonra sırasıyla bir çerçeve oluşturacak şekilde çekimler tamamlanır. İkinci çekimimiz örümcek pozu (spider) olarak bilinen LAO 40° caudal 30° pozdur. Bu pozda özellikle LAD ve Cx ayırım bölgesi iyi değerlendirilir. Üçüncü çekimimiz LAO 40° kraniyel 20° dir. Burada özellikle LAD ve diagonalin ayırım bölgeleri iyi değerlendirilir. Dördüncü olarak AP kraniyel 40° ve burada LAD mid ve distal segmentler iyi yorumlanabilir. Beşinci çekim RAO 40° kraniyel 40° dir. LAD ve diyaagonal ayrımları iyi görüntüledi ise bu çekim opsiyoneldir. Son çekim RAO 20° caudal 20° dir. Burada da özellikle Cx proksimal hakkında net yorum yapılabilir. Bunlara ek olarak sol lateral 90° LAD mid ve opere hastalarda anastomoz bölgesi için değerli katkılar sağlayabilir.

RCA çekimlerinde LAO 30° ile çekime başlanmaktadır. AP kraniyel 30° ile genellikle çekim yeterli olmaktadır. Bunun yanında RCA ostium için ilk çekime hafif caudal açı verilmesi daha net görüntü sağlayacaktır. RCA mid bölge değerlendirmesi RAO 30° ile ek çekim yapılabilir. Crux bölgesi ve Rpl-Rpd ostiumları için LAO 30° cranial 30° çekime eklenebilir.³

Greft çekimlerinde de birbirine ortogonal en az iki poz olmak üzere nativ damar takibi yapılabilir. Günlük pratiğimizde rutin ikinci poz olarak RAO caudal pozu kullanmaktayım.

Anjiyografik görüntüleme; sol koroner sistem için sol ana koroner (LMCA) osteal, mid, distal, sol ön inen arter (LAD) proksimal, mid ve distal, diyaagonal (Dx) ve septal (S) arterler; circumflex (Cx) arter proksimal ve distal; ve Cx dalları obtuz marjinal (OM) arterler ve Cx posterolateral (Cx Pl) ve varsa Cx arka inen arter (Cx Pd) değerlendirilip raporlanmalıdır. Septal, Dx ve OM gibi dallarda belirtilmesi gereken birden fazla sayıda varsa proksimalden başla-

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

arak 1, 2, 3 gibi numaralandırılır. Sağ koroner sistemde ise osteal, proksimal, mid, distal sağ koroner arter (RCA), sağ ventriküler dal, arka inen dal (RPD), arka yan dal (RPL) incelenmelidir.

Ana koroner lezyonlarında tüm görüntüleri almak hem güvenli değil hem de gereksiz. Cerrahın ihtiyacı greft koyacağı yerleri belirleyebilmektir. Bu amaçla AP caudal ve AP kranial olmak üzere iki görüntü alınması yeterli olacaktır.

Sol Ventrikülografi

İnvazif olmayan tetkiklerin sol ventrikül fonksiyonları hakkında yeterli bilgi vermesi, kontrast madde kullanımı ve radyasyonun zararlı etkileri, zaman kaybı ve maliyet artışı nedeniyle koroner anjiyografinin rutin kullanımından çıkarılmıştır.

Sol ventrikülün global veya segmenter fonksiyonları, mitral yetersizlik derecelendirmesi ve ventriküler septal defekt varlığı hakkında bilgiler verebilmektedir.

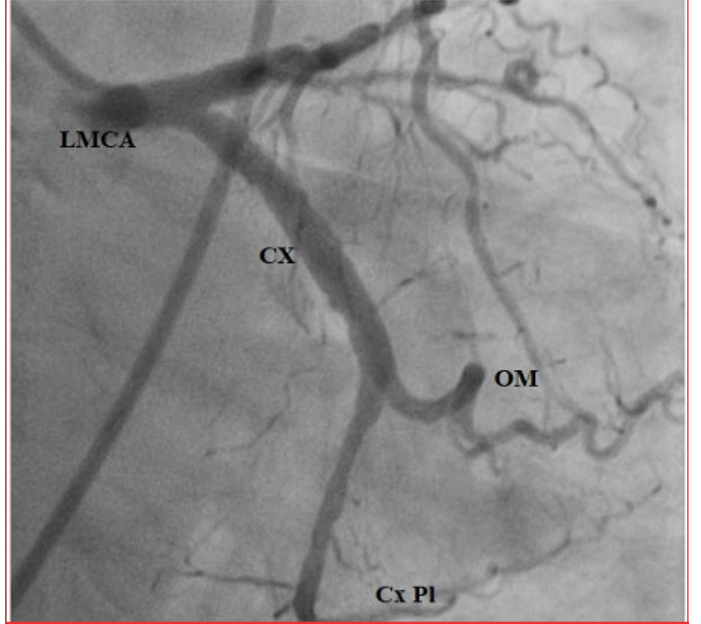
Çekim sırasında zarar vermemek için ucu kıvrık olan pigtail kateterler kullanılmaktadır. J tel ile aort köküne kadar gidilip tel kateter içine çekilir. Kateter aort kökünde ilerletilir. Genellikle uç kısmı kökte omuz vererek katlanır. AP pozisyonda saat yönü rotasyonla geri çekilerek aort kapaktan ventriküle düşülmeye çalışılır. Başarılı olunamazsa aynı manevralar kateter geri alınıp J tel ile yapılabilir. Ventriküle düşüldüğünde kordalara takılmadan, ekstrasistol yaratmadan kateter apekse kadar ilerletilmelidir.

Kateter ile pompa cihazı ara kablo vasıtası ile bağlanır. Bağlantı sırasında sistemde hava olmamasına mutlaka dikkat edilmelidir. Ventrikül büyüklüğüne bağlı değişmekle birlikte genellikle 600-700 psi basınçla 10-15 cc/sn hızında 30-40 cc kontrast injeksiyonu yeterli olmaktadır. İleri mitral yetersizliğinde 50-60 cc gerekebilir. Zaman kazanmak, daha az kontrast vermek için sağ kateterle ventriküle girilip hem basınç bilgisi alınabilmekte, hem de elle çekim yapılabilmektedir. Sol ventrikül end diyastolik basınç 30 mmHg ise nitratla düşürülmeye çalışılmalı aksi halde işlem sonlandırılmalıdır.

RAO 30° ile anterior, inferior ve apikal duvarlar değerlendirilir. Sol kranial çekim ile septal ve lateral duvarlar yorumlanabilir. Mitral yetersizliği ve musküler septal defekt değerlendirilebilir. Lateral sol 60-70 derece menbranöz septum değerlendirmesi için önemlidir.

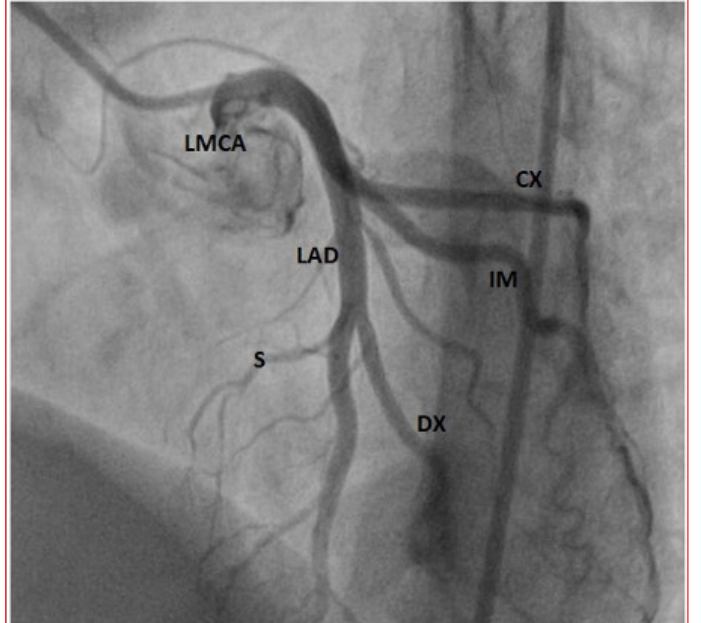
Hemodinamik olarak stabil olmayan hastalarda, ciddi aort stenozu ve ana koroner lezyonlarında, kaviter trombüs varlığında, dekompanse kalp yetersizliği, böbrek yetersizliği varlığında ventrikülografi kontrendikedir.

Şekil 1. Sol sistem AP caudal görünüm



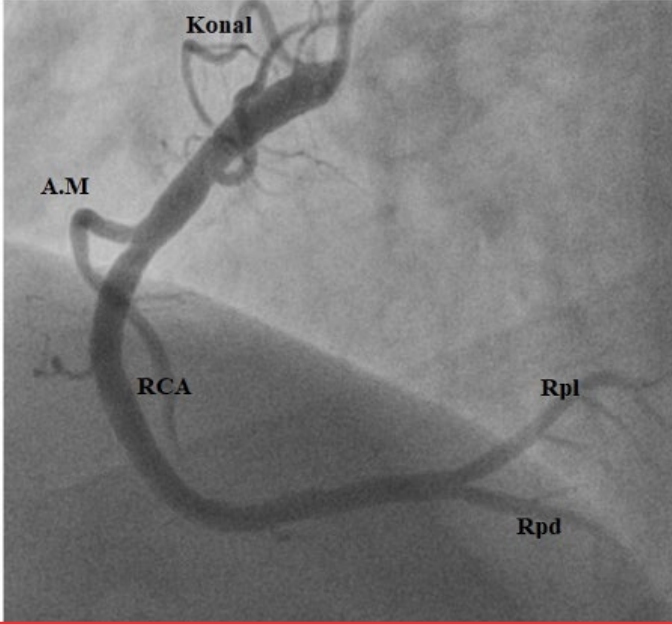
LMCA. Sol ana koroner arter, Cx. Sirkümflek, OM. Obtus marjinal, CxPl. Posterolateral dalı
*Prof. Dr. Cem Bostan'ın arşivinden alınmıştır.

Şekil 2. Sol Sistem AP Kranial Görünüm



LMCA. Sol ana koroner arter, LAD. Sol ön inen arter, Dx. Diagonal, S. Septal IM. İntermediyer, Cx. Sirkümflek
*Prof. Dr. Cem Bostan'ın arşivinden alınmıştır.

Şekil 3. Sağ koroner arter LAO 300 görünümü



RCA. Sağ koroner arter; A.M. Akut marjinal, Rpl. Sağ posterolateral
Rpd. Arka inene dal

Prof. Dr. Cem Bostan'ın arşivinden alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The author declares that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Aviles, RJ.; Askari, AT.; Messerli, AW.; Penn, MS.; Topol, E.J.; Introductory Guide to Cardiac Catheterization, 1st Edition, 2004, Lippincott Williams & Wilkins Philadelphia, PA USA
2. Nguyen TN, Colombo A, Hu D, Grines CL, Saito S; Practical Handbook of Advanced Interventional Cardiology Tips and Tricks, Third Edition, Chapter 2 Angiographic Views, 2008 Blackwell Publishing.
3. Kıрма C, Esen AM; Tanıdan Girişime Perkütan Koroner Girişiler, 1. Baskı, Bölüm 16 Anjiyografik Pencereleler, Görüntülerin ve Ventrikülografinin Yorumlanması 2014
4. Sorajja P, Lim MJ, Kern ML; Kern's Cardiac Catheterization Handbook 5th Edition, Chapter 4 Angiographic Data, Saunders Elsevier, Philadelphia 2011

BÖLÜM 1.7

KORONER DAMARLARDA FONKSİYONEL DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ

Serhan ÖZYILDIRIM
Gülsüm BİNGÖL
Barış ÖKÇÜN

Koroner Damarlarda Fonksiyonel Değerlendirme Teknikleri

Functional Assessment Techniques in Coronary Vessels

BÖLÜM HAKKINDA

Koroner damarlarda fonksiyonel değerlendirme teknikleri, darlıkların miyokardiyal perfüzyonu nasıl etkilediğini anlamak için kullanılır. İnvaziv yöntemler, sensörlü teller kullanarak ve anjiyografi görüntüleri ile veya damar içi görüntüleme yaparak ölçümler alırken; non-ınvaziv yöntemler ise bilgisayarlı tomografi (BT) kullanarak gerçekleştirilebilir. İnvaziv yöntemlerde, Fraksiyonel Akım Rezervi (FFR) gibi teknikler hiperemi gerektirirken, Hiperemi gerektirmeyen yöntemler (örneğin, instantaneous wave-free ratio (iFR)) de mevcuttur. FFR, koroner damar içindeki basınçları ölçerek darlığın hemodinamik etkisini belirler ve genellikle adenozin ile hiperemi oluşturularak gerçekleştirilir. iFR ise hiperemi gerektirmeden sadece diyastolik fazda ölçüm yapar. Anjiyografi tabanlı ve intravasküler görüntüleme tabanlı yöntemler de kullanılarak fonksiyonel değerlendirmeler yapılır. Yeni teknolojiler, invaziv yöntemlere alternatifler sunarak daha hızlı ve az invaziv değerlendirmeler yapılmasına olanak tanımaktadır.

Anahtar kelimeler: Koroner Fonksiyonel Değerlendirme, İnvaziv Teknikler, Non-ınvaziv Teknikler, Fraksiyonel Akım Rezervi (FFR), Instantaneous Wave-Free Ratio (iFR)




ABOUT the CHAPTER

Functional assessment techniques for coronary vessels are developed to determine whether detected stenoses disrupt intracoronary flow and negatively affect myocardial perfusion. Historically, these assessments relied on invasive pressure measurements using sensor-equipped wires within the coronary arteries. However, advances in technology now allow for non-invasive assessments using computed tomography (CT) without the need for catheter insertion. Functional evaluations are thus broadly categorized into invasive and non-invasive methods. Invasive methods include techniques like Fractional Flow Reserve (FFR), which measures pressure changes during hyperemia induced by pharmacological agents. Non-invasive methods, such as instantaneous wave-free ratio (iFR), do not require hyperemia and assess coronary function based on specific phases of the cardiac cycle. Angiography-based measurements and intravascular imaging techniques also contribute to functional evaluations. Newer technologies offer alternatives to traditional invasive methods, providing faster and less invasive assessment options.

Keywords: Coronary Functional Assessment, Invasive Techniques, Non-invasive Techniques, Fractional Flow Reserve (FFR), Instantaneous Wave-Free Ratio (iFR)

İnvaziv veya invaziv olmayan yöntemlerle tespit edilen bir darlığın, intrakoroner akımı bozup miyokardiyal perfüzyonu olumsuz etkileyip etkilemediğini tespit etmek için fonksiyonel değerlendirme teknikleri geliştirilmiştir ve halen geliştirilmeye devam etmektedir. Bu değerlendirmeler, yakın zamana kadar sadece sensörlü bir telin koroner içine gönderilmesiyle elde edilen basınç ölçümü esasına dayanmaktayken, teknolojik gelişmelere paralel olarak koroner artere tel göndermeden, hatta invaziv işlem yapılmadan, sadece bilgisayarlı tomografi (BT) ile de yapılabilir hale gelmiştir. Bu nedenle koroner arterlerin fonksiyonel olarak değerlendirilmesi temel olarak invaziv ve noninvaziv olarak ikiye ayrılmaktadır.¹ Non-ınvaziv değerlendirme, BT temelli fraksiyonel akım rezervi ölçümü olan FFR_{CT} 'dir. Bu bölümde bahsi geçecek olan invaziv değerlendirme ise daha geniş bir spektrumu kapsamaktadır. İnvaziv değerlendirme, temel olarak koroner arter içine sensörlü tel gönderilerek, anjiyografi görüntülerinin rekonstrüksiyonu ile veya damar içi görüntüleme kullanılarak ölçüm yapılabilen yöntemleri içerir. Ucunda basınç ölçen bir sensör bulunduran ve halen en yaygın kullanımda olan fonksiyonel değerlendirme yöntemi olan FFR (fractional flow reserve), farmakolojik bir ajan ile maksimum intrakoroner



Serhan Özyıldırım¹ 
Gülsüm Bingöl² 
Barış Ökcün¹ 

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Memorial Bahçelievler Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye
E-posta: serhan.ozyildirim@iuc.edu.tr
gulsum.bingol@memorial.com.tr
emirozgurbaris.okcun@iuc.edu.tr

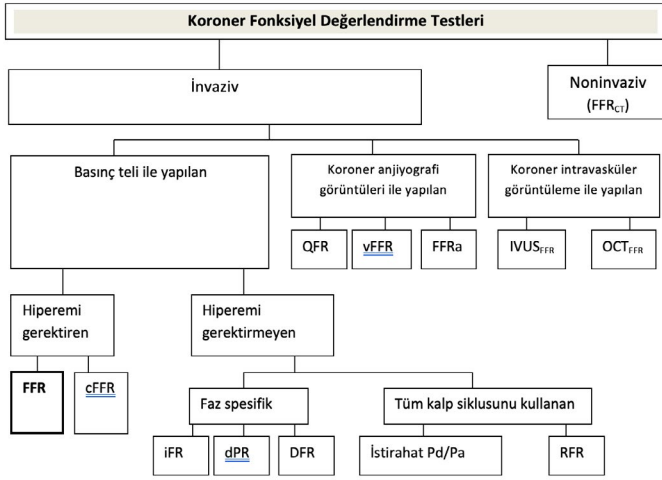
Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as:
Özyıldırım S, Bingöl G, Ökcün B, Koroner damarlarda fonksiyonel değerlendirme teknikleri. Ersanlı M, (Ed.) *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 42-48.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

kanlanma sırasındaki ölçümleri gösterdiği için hiperemi gerektiren temel tekniktir. Hiperemi oluşturmanın sistemik yan etkileri ve teknik risk ve dezavantajları nedeniyle hiperemi gerektirmeyen testler geliştirilmiştir.¹ Bunların en iyi bilineni instantaneous wave-free ratio (iFR) olmakla birlikte diğer testler de şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1. Fonksiyonel Değerlendirme Amacıyla Geliştirilen Ölçüm Yöntemleri.



cFFR, contrast FFR; DFR, diastolic hyperemia-free ratio; DPR, diastolic pressure ratio; FFR, fractional flow reserve; FFRa, fractional flow reserve angio; FFRCT, computed tomography-derived FFR; iFR, instantaneous wavefree ratio; IVUSFFR, intravascular ultrasound fractional flow reserve; OCTFFR, optical coherence tomography fractional flow reserve; Pa, aortic pressure; Pd, distal pressure; QFR, quantitative flow ratio; RCTs, randomized clinical trials; RFR, resting full-cycle ratio; vFFR, vessel FFR

Fraksiyonel Akım Rezervi, FFR (Fractional Flow Reserve)

Tanısal yeterlilikleri ne kadar gelişirse gelişsin halen İnvaziv koroner anjiyografi cihazları ile alınan görüntüler iki boyutlu izdüşümler olup, intrakoroner darlıkların değerlendirilmesinde önemli sınırlılıklar içermektedir. Herhangi bir intrakoroner darlık, koroner kan akımını bozarak miyokardiyal iskemiye neden olması durumunda hemodinamik olarak önemli hale gelir ve revaskülarizasyon ihtiyacı oluşturabilir. Koroner arter çapında %40-80 arası darlık oluşturan darlıklar orta düzeyde darlık olarak tanımlanır ve koroner anjiyografilerin yaklaşık yarısında karşılaşılabilecek bir durumdur. Bunun anlaşılabilmesi için intrakoroner akım ve basınç değerlerini ölçebilen ucü sensörlü kılavuz tellerin kullanılabilir hale gelmesi, koroner damarların fonksiyonel olarak değerlendirilmesini de olanaklı hale getirmiştir. Fraksiyonel akım rezervi darlığın öncesi ve sonrasındaki basınçların oranlanması esasına dayanır. Yani maksimal akım (hiperemi) sırasında, lezyon distalindeki basıncın, aort basıncına oranını ölçer. Bu ölçümün temelinde koroner akım rezervi ve lezyon distalinde bu rezervin bozulması yatmaktadır.²

Koroner arter hastalığı değerlendirmesinde koroner akım rezervi konusu oldukça önemlidir. Koroner akım rezervi, artmış oksijen

ihtiyacı veya kanın yeterli oksijen taşıyamaması durumlarında koroner damarların kan akımını artırma kapasitesini tanımlar. Total koroner oklüzyon sonrası akım geldiğinde oluşan maksimal koroner akıma eşdeğerdir. Belirli bir uyarana bağlı oluşan bu tepe akım hızı belirli bir hayvan için sabit olup bazal akım değerlerinin 3-7 katına kadar çıkabilir. Kritik koroner darlık ve ilerleyici koroner arter konstriksiyonunun maksimal koroner akım veya koroner akım rezervi üzerindeki etkileri ilk olarak 1974 yılında Dr. Gould ve arkadaşları tarafından gösterilmiştir. Köpekler üzerinde yapılan bu çalışma ile Koroner darlığın ilk kantitatif hemodinamik değerlendirmesi istirahat koroner akımının ciddi koroner darlıklardan çok az etkilendiğini, darlık çapsal olarak %85 düzeyine ulaşınca kadar değişmediğini ancak maksimal koroner akımın %30 darlıktan bile etkilendiğini göstermiştir.^{2,3} Miyokardın artan oksijen ihtiyacına bağlı olarak koroner akımın artırılma kapasitesi, konstriksiyon oranı % 88-93 oranına ulaştığında tamamen kaybolur ve bu koronerde istirahat kan akımının da bozulduğu kritik koroner stenoz olarak tanımlanır. Koroner arteriogram koroner lezyonları anatomik olarak tanımlasa da hemodinamik etkileri ile ilgili bilgi vermez. Dolayısıyla hiperemik bir stimulusa oluşan akım cevabı, koroner darlık etkilerini ölçmenin yolu olarak ortaya çıkmıştır. Basit bir stimulus olarak geçici koroner oklüzyon oluşturmak, daha önceki hayvan deneylerinde denenmiş olsa da insanlar için uygun olmayacağı için farmakolojik ajanlar ile hiperemi oluşturulması klinik pratiğe girmiştir. Sigara içenlerde egzersiz toleransının azalmasının önemli bir sebebinin, artan oksijen ihtiyacına karşılık karbon monoksit artışının getirdiği azalmış oksijen kapasitesi nedeniyle koroner akım rezervinin tüketilmesi olarak düşünülebilir.^{2,3}

Mutlak koroner akım rezervi, stenoz geometrisinden bağımsız olarak, aort basıncı ve kalp hızından etkilenir. Dolayısıyla değişken fizyolojik durumlarda veya hastadan hastaya koroner akım rezervi koroner arter darlık ciddiyetini güvenilir veya spesifik olarak gösteremeyebilir; rölatif akım rezervi, stenotik arterdeki maksimal akımın stenoz yokluğundaki maksimal akıma bölünmesi aort basıncı, kalp hızı veya kardiyak iş yüküne bağlı değişken bazal akımdan bağımsız olacaktır. Dolayısıyla rölatif akım rezervi darlığın ciddiyetini fizyolojik değişkenlerden bağımsız olarak değerlendirebilir.³

Koroner basınç kaynaklı FFR, invaziv olmayan testlerde iskemi kanıtı olmayan orta dereceli stenozlu hastalarda (tipik olarak yaklaşık %40--90 stenoz) lezyon şiddetinin fonksiyonel değerlendirme için standart değerlendirme haline gelmiştir. FFR →0.75 ise PKG güvenli bir şekilde ertelenebilir. (DEFER çalışmasına, orta dereceli stenoz nedeniyle PKG planlanan 325 hasta kaydedilmiştir. FFR ≥0.75 ise, hastalar rasgele ertelemeye (erteleme grubu; n = 91) veya performansı (performans grubu; n = 90) PCI. Ertele ve uygulama gruplarında kardiyak ölüm ve akut MI (AMI) bileşik oranı %3,3'e karşı %7,9'du (p = 0,21).⁴ Bununla birlikte, pek çok güncel çalışma eşik değeri olarak 0,75 yerine FFR →0,80 kullanımını desteklemektedir.⁵ DEFINE-FLAIR (Define Functional Lesion Assessment of Intermediate Stenosis to Guide Revascularization DES drug-eluting stent) ve iFR-SWEDEHEART (Swedish Web-system for Enhancement and Development of Evidence-based care in Heart disease Evaluated According to Recommended Therapies) çalışmalarında eşik değeri olarak 0.80 kullanılmıştır.^{6,7} Bu nedenle hemodinamik olarak önemli lezyonları tanımlamak için kabul edilen FFR eşik değeri 0.80'dir. FFR ≤0.80 ile tanımlandığı gibi hemodinamik alaka düzeyi, görsel değerlendirme ile çap darlığı ile zayıf bir şekilde ilişkilidir. FAME (Fractional Flow Re-

serve versus Angiography for Multivessel Evaluation çalışmasında, %50-70 stenozların sadece %35'i ve %71-90 stenozların %80'i hemodinamik açıdan anlamlı bulunmuştur. Bu ve bunun gibi pek çok çalışma ile anjiyografik olarak orta düzeyde darlık saptanması durumunda verilecek revaskülarizasyon kararının ve türünün, FFR kullanıldığında hastaların yarıya yakınında değişebildiğini göstermiştir. Tahmini çap darlığı >%90 olduğunda doğruluk %96 seviyesine yükselmektedir.^{8,9} FFR <0,75 olan lezyonlar için revaskülarizasyon, ölüm ve MI riskini kapsayan 1 yıllık majör advers kardiyak olay (MACE) riskini azalttığı gösterilmiştir. Bu nedenle, 0,75'lik FFR eşiği, prognostik önemi olan daha şiddetli iskemi tanımlamak için kullanılır.¹⁰

Alman fizikçi Georg Ohm tarafından tanımlanmış olan Ohm yasası bir iletkendeki akımın, direnç sabit tutulduğunda iki uç arasındaki voltaj farkı ile uyumlu olduğunu göstermektedir. ($V=I \times R$, V voltaj farkı, I akım ve R dirençtir). Intrakoroner akımla ilgili formülasyonun da bu kurala analog olduğu düşünülür ve maksimal hiperemi yapılarak koroner direnç sabit ve minimal tutulduğunda, koroner arter içinde proksimal distal arası basınç farkı ve intrakoroner kan akımı arasında doğrudan bir ilişki olduğu varsayılır. Bu nedenle, maksimal hiperemi durumunda ölçülen intrakoroner basınçların, koroner akım ve dolayısıyla miyokardiyal kanlanmayı yansıttığı ileri sürülmüş ve bu noktadan yola çıkarak bir stenozun miyokard üzerindeki fonksiyonel etkisini anlayabilmek için intrakoroner basınç ölçümleri kullanılmaya başlanmıştır. FFR, maksimal hiperemi sırasında stenozun distalindeki basıncın (Pd) stenozun proksimalindeki basınca yani aort basıncına (Pa) oranı olarak tanımlanır. Bu tanıma göre FFR değeri 0,90 bulunan bir lezyonda %10 oranında basınç ve dolayısıyla akım kaybı oluşmaktadır.

Adenozin

FFR ölçümleri yapılırken intrakoroner hiperemi oluşturulması gereklidir. Hedef lezyonun bulunduğu koroner arterde maksimal kan akımının oluşturulması için sıklıkla adenozin kullanılır. Adenin nükleotidlerinin bir metaboliti olan adenozin, merkezi sinir sistemi, kalp, böbrek, endokrin bezleri, düz kaslar ve yağ dokusu gibi çeşitli dokularda, temel olarak A_2 adenozin reseptörleri aracılığıyla vazodilatasyon oluşturur.¹¹ Endojen adenozin, ATP yıkım ürünüdür ve sempatik aktivasyon sırasında salınan bir otokoiddir. Adenozinin koroner akım fonksiyonlarını düzenlediği bilinmektedir. Adenozin sadece koroner damarları genişletmekle kalmaz, aynı zamanda miyokardiyal kontraktilitede beta-adrenerjik reseptör aracılı artışları da azaltır ve hem sinoatriyal hem de atriyoventriküler düğüm aktivitelerini baskılar. Adenozinin etkilerine A_1 ve A_2 reseptörleri aracılık eder. Atriyal ve ventriküler miyokardiyumda ve sinoatriyal/atriyoventriküler düğümlerde bulunan A_1 adenozin reseptörleri, adenilil siklaz aktivitesinin inhibisyonundan sorumludur. Koroner endotelial ve düz kas hücrelerinde bulunan A_2 adenozin reseptörleri bu enzim aktivitesinin uyarılmasından sorumludur. Adenozin, büyük ölçüde adenozin A_2A reseptörlerinin aktivasyonu yoluyla koroner vazodilatasyon oluşturur. Vasküler düz kas hücrelerindeki A_2A reseptörlerinin aktivasyonu, adenilil siklaz ve kalsiyumla aktive olan potasyum kanalları üzerinden koroner dilatasyona neden olur. Ayrıca, adenozin, norepinefrinin sempatik sinirlerden presinaptik salınımını inhibe ederek de dolaylı yoldan vazodilatasyon yapar. A_1 reseptörleri Gi/o proteinlerine bağlanır ve aktivasyonları cAMP'yi azaltırken A_2A reseptörleri Gs proteinlerine bağlanarak cAMP'de artışa neden olur. A_2A reseptörlerinin uyarılması, adenilil siklazı aktive ederek siklik adenozin monofosfat (cAMP) üretimini artırır.¹¹ A_1 reseptörleri esas olarak miyokardiyal hücrelerde ve A_2 reseptörleri kalpteki koroner vasküler düz kasta bulunduğu için, adenozinin vazodilatör etkisi, A_2 reseptör aracılığıyla.¹¹

En yaygın olarak intravenöz (140 mcg/kg/dk) veya intrakoroner adenozin (sağ koroner arter 50 ila 100 mcg, sol koroner arter 100 ila 200 mcg bolus) kullanılır. Maksimal hiperemi sırasında distal koroner basıncın aort basıncına oranı (kılavuz kateterden kaydedildiği gibi) FFR olarak adlandırılır. Normal değer 1'dir, ancak <0,80 değerler % 90'ın üzerinde bir doğrulukla provoke edilebilir iskemi ile ilişkilidir.

Hiperemi Gerektirmeyen Değerlendirmeler (Nonhiperemik Basınç Oranları)

İnvaziv fonksiyonel değerlendirme için geliştirilen yeni nesil tel tabanlı ölçüm indekslerinin tümü, hiperemi gerektirmeme hedefiyle geliştirildikleri için, non-hiperemik basınç oranları (NHPR) olarak adlandırıldılar. Tüm bu indeksler, distal koroner basınç ile aort basıncı arasındaki oranı kullanır. Ölçümün gerçekleştiği kardiyak siklusun fazına göre, faza özgü ve tüm siklus endeksleri olarak kategorize edilebilirler.¹

Koroner mikrovasküler sistem, miyokard ile etkileşimi ile ilişkili olarak, kalp döngüsü sırasında sıkıştırılır ve açılır. Buna bağlı olarak koroner mikrovasküler direnç fazık bir patern izleyerek dalgalanır. Ancak direncin sabit kaldığı bir diyastol dönemi vardır ve bu döneme dalgasız periyod (wave-free period, WFP) adı verilir. Bu süreçte mikrodolaşım direnci, maksimum hiperemi sürecindeki gibi minimal olmasa da, ölçüme izin verecek şekilde sabit seyretmektedir. Bu ilkelerin tespiti sayesinde iFR gibi faz spesifik indekslerin geliştirilmesi mümkün olmuştur. Daha sonraki süreçte ise nonhiperemik indeksler için mutlaka WFP'yi yakalamanın şart olmadığı anlaşılıp diğer indeksler geliştirilmiştir.¹²

Faz Spesifik İndeksler

Instantaneous Wave-Free Ratio (iFR)

iFR'dan yaklaşık 20 yıl sonra ortaya çıkan iFR da, FFR gibi intrakoroner basıncı ölçerek akım hakkında yorum yapılmasına olanak veren fizyolojik bir indekstir. iFR'ın FFR'dan temel farkı, ölçüm yapabilmek için koronerde farmakolojik manüplasyona yani vazodilatasyon ve hiperemi oluşturmaya gerek olmaması, ek olarak sadece diyastolik akımı değerlendirmesidir. Dolayısıyla, daha sonra kullanıma giren diğer diyastol indeksleri gibi, kalp hızı artışından olumsuz etkilenme potansiyeline sahiptir. iFR kardiyak döngüde mikrovasküler direncin en stabil olduğu dönemde proksimal ve distal basınçları ölçerek oranlar ve bu sayede stenozun hemodinamik etkisinin tespitine olanak sağlar.¹

iFR'ın FFR ile eşdeğer düzeyde değerlendirme yapabildiği randomize kontrollü çalışmalarla ortaya konmuştur. Hem DEFINE-FLAIR (Functional Lesion Assessment of Intermediate Stenosis to Guide Revascularization) hem de iFR-SWEDEHEART trial (Instantaneous Wave-Free Ratio Versus Fractional Flow Reserve in Patients With Stable Angina Pectoris or Acute Coronary Syndrome) çalışmalarında iFR kılavuzluğunda yapılan revaskülarizasyonun, FFR kılavuzluğunda yapılanı kıyasla majör advers kardiyak

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

olaylar açısından farklı olmadığı gösterilmiştir. DEFINE-PCI çalışmasında ise, anjiyografik olarak başarılı PCI sonrası iFR ile rezidüel iskemi dışlanan hastalarda, rezidüel iskemisi olan hastalara kıyasla 1 yılda anjinal semptomlarda daha fazla azalma olduğu, PCI sonrası iFR ≥ 0.95 elde etmenin 1 yıllık olaysız sağkalım ile de ilişkili olduğu gösterilmiştir. Dolayısıyla sadece işlem öncesi karar vermede değil, işlem sonrası rezidüel iskeminin dışlanması açısından da önemli olduğu sonucuna varılmıştır.¹³

iFR hiperemik ajan kullanımına ihtiyaç duymadığı için yan etki, süre ve uygulanma kolaylığı açısından avantajlıdır. iFR'nin dezavantajları, FFR'den daha küçük basınç değişimlerini ölçme duyarlılığından dolayı gürültü artefaktı oluşumuna ve geri çekme sırasındaki tel kayması gibi durumlara daha hassas olması, ayrıca kalp hızı, kan basıncı gibi hemodinamik değişimlerden daha kolay etkilenmesinden kaynaklanmaktadır.

Diyastolik basınç oranı (dPR), istirahatte, intrakoroner stenozun distalindeki ortalama diyastolik basıncın ortalama diyastolik aort basıncına oranlanması ile bulunan bir başka nonhiperemik tekniktir. iFR'a eşdeğer olmakla birlikte, ek bir avantaj sunmamaktadır.¹

Benzer şekilde faz spesifik olarak diyastol basınçlarını kullanan ve henüz geliştirilme aşamasında olan bir diğer yöntem de Diastolik hiperemisiz oran (DFR) olup aort basıncının ortalama aort basıncından düşük olduğu dönemi kullanır. DFR için iskemi sınırı $\leq 0,89$ olarak belirlenmiştir.¹

Tüm Kardiyak Döngü İndeksleri

Dinlenme Pd/Pa oranı, tüm kalp döngüsü boyunca ölçülen ortalama Pd ve Pa'nın oranına eşittir. İskemi için eşik 0,92'dir. FFR ve iFR'a benzer sonuçlar verdiği gösterilmiş olsa da hemodinamik değişkenlik ve artefakt oluşumundan daha fazla etkilenebilmesi olumsuz yönleridir.¹

Kontrast FFR (cFFR), standart doz radyografik kontrast maddenin intrakoroner enjeksiyonundan sonra elde edilen en düşük ortalama (anlık olmayan) Pd/Pa değeri olup FFR değerlerini tatminkar düzeyde doğrulukla gösterebilmektedir. İskemi eşik değeri 0,83'tür.¹

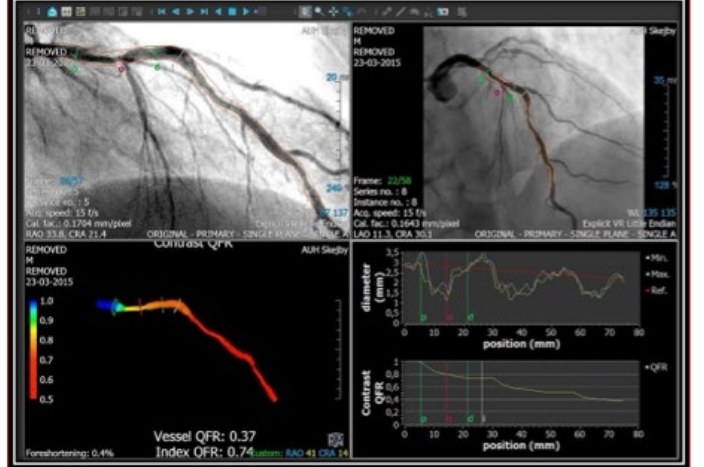
Dinlenme tam döngü oranı (Resting Full-Cycle Ratio, RFR), en az beş kalp döngüsünü kullanarak, tüm kalp döngüsü içindeki en düşük anlık Pd/Pa oranını arar ve iFR'ye eşdeğer olduğu gösterilmiştir. İskemi eşik değeri 0,89'dur.¹

Anjiyografi Temelli Ölçümler

Anjiyografi tabanlı ölçümlerin avantajı, NHPR, cFFR ve FFR ölçümlerinden farklı olarak koroner artere başka bir kateterle tekrar angajman ve koronerden tel geçişi gerektirmemesidir. Bu ölçüm teknikleri içerisinde en çok kanıtı olan Kantitatif Akış Oranıdır (QFR). Buradaki temel mekanizma, anjiyografi görüntülerinin üç boyutlu rekonstrüksiyonu ile TIMI frame count kullanılarak kontrast akım hızının bulunması esasına dayanır. Yani anjiyografi görüntülerini kullanan bir yazılım ile alınan bu ölçümlerde, görüntüdeki akım üzerinden her bir damar segmentindeki basınç düşüşü ortaya konmaktadır. Şu ana kadar bahsi geçen teknikler arasında hastaya ve operatöre ek yük getirmemesi açısından en

avantajlı görünen bu tekniğin, FFR'a eşdeğer veriler sağladığı üstelik bu verilerin anlamlı olarak daha kısa sürede elde edilebildiği ve cost-effective olduğu da gösterilmiştir.^{1,14,15}

Resim 1. Anjiyografi görüntülerinin üç boyutlu rekonstrüksiyonu ve akım ölçümlerini temel alan QFR ölçümleri.⁹



⁹Westra J, Andersen BK, Campo G, Matsuo H, Koltowski L, Eftekhari A, Liu T, Di Serafino L, Di Girolamo D, Escaned J, Nef H, Naber C, Barbierato M, Tu S, Neghabat O, Madsen M, Tebaldi M, Tanigaki T, Kochman J, Somi S, Esposito G, Mercone G, Mejia-Renteria H, Ronco F, Bøtker HE, Wijns W, Christiansen EH, Holm NR. Diagnostic Performance of In-Procedure Angiography-Derived Quantitative Flow Reserve Compared to Pressure-Derived Fractional Flow Reserve: The FAVOR II Europe-Japan Study. J Am Heart Assoc. 2018 Jul 6;7(14):e009603 kaynağından alınmıştır.¹⁴

QFR'ye benzer bir mekanizmayla anjiyografik görüntüler üzerinden alınan bir diğer ölçüm vFFR(vessel FFR) olup halen geliştirilme aşamasındadır.

İntravasküler-Görüntülemeye Dayalı Yöntemler

İntravasküler Ultrasondan Türetilmiş FFR (IVUS-FFR)

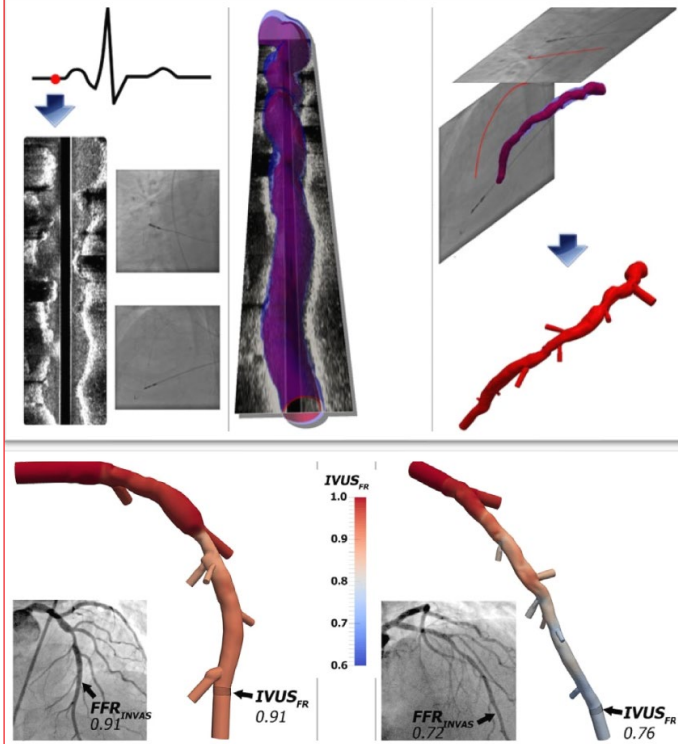
IVUS temelli FFR, anjiyografi ve gri skala IVUS görüntülerinden gelen verilerin akışkan dinamiğine aktarıldığı yazılımların kullanıldığı hibrid teknikleri içerir. Hiperemi gerektirmemesi, fonksiyonel değerlendirme yanında anatomik değerlendirmeyi de birlikte sunması, osteal lezyonlar ve tortiyöz damarlarda da kullanılabilmesi temel avantajları olmakla birlikte FFR hesaplaması için uzun zamana ihtiyaç duyması temel kısıtlılığıdır.¹⁶

IVUS temelli FFR ölçümüne benzer bir yolla ölçümler alan OCT (optical coherence tomography) temelli FFR da yine yeni bir teknik olup henüz araştırma aşamasındadır.

Yukarıda bahsedilen metodların tamamı koroner fizyolojinin dolayısıyla lezyona ait hemodinamik incelemenin invaziv olarak yapıldığı yöntemlerdir. Bununla birlikte, gelişen bilgisayarlı tomografi uygulamaları yakın bir gelecekte yukarıda belirtilen invaziv yöntemlerin pek çoğunu oyun dışı bırakma potansiyeline sahiptir. Hem 3 boyutlu anatomik verileri, hem de akışkan dinamiği hesaplamalarını birlikte kullanan ve invaziv olmayan bu yöntem (FFR_{CT}), tüm koroner damarlara ait verileri kısa sürede ortaya koyabilmektedir.^{1,17} Nitekim BT anjiyografi ile birlikte kullanılan bu yöntemin,

sol ana koroner veya üç damar hastalığı olan hastalarda en doğru revaskülarizasyon planını seçme açısından geleneksel invaziv yöneme alternatif olabileceği gösterilmiştir.¹⁷

Resim 2. Bezerra ve arkadaşlarının IVUS temelli FFR validasyon çalışmalarından alınan bu görüntülerden üstte rekonstrüksiyonun oluşturulması, sol alt resimde fonksiyonel açıdan anlamsız, sağ altta ise ciddi bir lezyona ait rekonstrüksiyon görüntüleri ve fonksiyonel hesaplama sonuçları görülmektedir.⁹



⁹Bezerra CG, Hideo-Kajita A, Bulant CA, Maso-Talou GD, Mariani J Jr, Pinton FA, Falcão BAA, Esteves-Filho A, Franken M, Feijóo RA, Kalil-Filho R, Garcia-Garcia HM, Blanco PJ, Lemos PA. Coronary fractional flow reserve derived from intravascular ultrasound imaging: Validation of a new computational method of fusion between anatomy and physiology. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2019 Feb 1;93(2):266-274 kaynağından alınmıştır.¹⁶

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

- De Maria GL, Garcia-Garcia HM, Scarsini R, Hideo-Kajita A, Gonzalo López N, Leone AM, Sarno G, Daemen J, Shlofmitz E, Jeremias A, Tebaldi M, Bezerra HG, Tu S, Lemos PA, Ozaki Y, Dan K, Collet C, Banning AP, Barbato E, Johnson NP, Waksman R. Novel Indices of Coronary Physiology: Do We Need Alternatives to Fractional Flow Reserve? *Circ Cardiovasc Interv.* 2020 Apr;13(4):e008487. [\[Crossref\]](#)
- Gould KL, Lipscomb K, Hamilton GW. Physiologic basis for assessing critical coronary stenosis. Instantaneous flow response and regional distribution during coronary hyperemia as measures of coronary flow reserve. *Am J Cardiol.* 1974 Jan;33(1):87-94. [\[Crossref\]](#)
- Gould KL, Kirkeeide RL, Buchi M. Coronary flow reserve as a physiologic measure of stenosis severity. *J Am Coll Cardiol.* 1990 Feb;15(2):459-74. [\[Crossref\]](#)
- Pijls NH, van Schaardenburgh P, Manoharan G, Boersma E, Bech JW, van't Veer M, Bär F, Hoorntje J, Koolen J, Wijns W, de Bruyne B. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *J Am Coll Cardiol.* 2007 May 29;49(21):2105-11. [\[Crossref\]](#)
- Adjedj J, De Bruyne B, Floré V, Di Gioia G, Ferrara A, Pellicano M, Toth GG, Bartunek J, Vanderheyden M, Heyndrickx GR, Wijns W, Barbatto E. Significance of Intermediate Values of Fractional Flow Reserve in Patients With Coronary Artery Disease. *Circulation.* 2016 Feb 2;133(5):502-8. [\[Crossref\]](#)
- Davies JE, Sen S, Dehbi HM, Al-Lamee R, Petraco R, Nijjer SS, Bhindi R, Lehman SJ, Walters D, Sapontis J, Janssens L, Vrints CJ, Khashaba A, Laine M, Van Belle E, Krackhardt F, Bojara W, Going O, Härle T, Indolfi C, Niccoli G, Ribichini F, Tanaka N, Yokoi H, Takashima H, Kikuta Y, Erglis A, Vinhas H, Canas Silva P, Baptista SB, Alghamdi A, Hellig F, Koo BK, Nam CW, Shin ES, Doh JH, Brugaletta S, Alegria-Barrero E, Meuwissen M, Piek JJ, van Royen N, Sezer M, Di Mario C, Gerber RT, Malik IS, Sharp ASP, Talwar S, Tang K, Samady H, Altman J, Seto AH, Singh J, Jeremias A, Matsuo H, Kharbanda RK, Patel MR, Serruys P, Escaned J. Use of the Instantaneous Wave-free Ratio or Fractional Flow Reserve in PCI. *N Engl J Med.* 2017 May 11;376(19):1824-1834. [\[Crossref\]](#)
- Göteborg M, Christiansen EH, Gudmundsdottir IJ, Sandhall L, Danilewicz M, Jakobsen L, Olsson SE, Öhagen P, Olsson H, Omerovic E, Calais F, Lindroos P, Maeng M, Tödt T, Venetsanos D, James SK, Kåregren A, Nilsson M, Carlsson J, Hauer D, Jensen J, Karlsson AC, Panayi G, Erlinge D, Fröbert O; iFR-SWEDEHEART Investigators. Instantaneous Wave-free Ratio versus Fractional Flow Reserve to Guide PCI. *N Engl J Med.* 2017 May 11;376(19):1813-1823. [\[Crossref\]](#)
- Van Belle E, Rioufol G, Pouillot C, Cuisset T, Bougrini K, Teiger E, Champagne S, Belle L, Barreau D, Hanssen M, Besnard C, Dauphin R, Dallongeville J, El Hahi Y, Sideris G, Bretelle C, Lhoest N, Barnay P, Leborgne L, Dupouy P; Investigators of the Registre Français de la FFR-R3F. Outcome impact of coronary revascularization strategy reclassification with fractional flow reserve at time of diagnostic angiography: insights from a large French multicenter fractional flow reserve registry. *Circulation.* 2014 Jan 14;129(2):173-85 [\[Crossref\]](#)
- Curzen N, Rana O, Nicholas Z, Golledge P, Zaman A, Oldroyd K, Harratty C, Banning A, Wheatcroft S, Hobson A, Chitkara K, Hildick-Smith D, McKenzie D, Calver A, Dimitrov BD, Corbett S. Does routine pressure wire assessment influence management strategy at coronary angiography for diagnosis of chest pain?: the RIPCORDER study. *Circ Cardiovasc Interv.* 2014 Apr;7(2):248-55. [\[Crossref\]](#)
- Johnson NP, Tóth GG, Lai D, Zhu H, Açar G, Agostoni P, Appelman Y, Arslan F, Barbato E, Chen SL, Di Serafino L, Domínguez-Franco AJ, Dupouy P, Esen AM, Esen OB, Hamilos M, Iwasaki K, Jensen LO, Jiménez-Navarro MF, Katritsis DG, Kocaman SA, Koo BK, López-Palop R, Lorin JD, Miller LH, Muller O, Nam CW, Oud N, Puymirat E, Rieber J, Rioufol G, Rodés-Cabau J, Sedlis SP, Takeishi Y, Tonino PA, Van Belle E, Verna E, Werner GS, Fearon WF, Pijls NH, De Bruyne B, Gould KL. Prognostic value of fractional flow reserve: linking physiologic severity to clinical outcomes. *J Am Coll Cardiol.* 2014 Oct 21;64(16):1641-54. [\[Crossref\]](#)
- Hori M, Kitakaze M. Adenosine, the heart, and coronary circulation. *Hypertension.* 1991 Nov;18(5):565-74. [\[Crossref\]](#)
- Michail M, Thakur U, Mehta O, Ramzy JM, Comella A, Ihdahid AR, Cameron JD, Nicholls SJ, Hoole SP, Brown AJ. Non-hyperaemic pres-

- sure ratios to guide percutaneous coronary intervention. *Open Heart*. 2020 Oct;7(2):e001308. [\[Crossref\]](#)
13. Patel MR, Jeremias A, Maehara A, Matsumura M, Zhang Z, Schneider J, Tang K, Talwar S, Marques K, Shammam NW, Gruberg L, Seto A, Samady H, Sharp ASP, Ali ZA, Mintz G, Davies J, Stone GW. 1-Year Outcomes of Blinded Physiological Assessment of Residual Ischemia After Successful PCI: DEFINE PCI Trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022 Jan 10;15(1):52-61. [\[Crossref\]](#)
 14. Westra J, Andersen BK, Campo G, Matsuo H, Koltowski L, Eftekhari A, Liu T, Di Serafino L, Di Girolamo D, Escaned J, Nef H, Naber C, Barbierato M, Tu S, Neghabat O, Madsen M, Tebaldi M, Tanigaki T, Kochman J, Somi S, Esposito G, Mercone G, Mejia-Renteria H, Ronco F, Bøtker HE, Wijns W, Christiansen EH, Holm NR. Diagnostic Performance of In-Procedure Angiography-Derived Quantitative Flow Reserve Compared to Pressure-Derived Fractional Flow Reserve: The FAVOR II Europe-Japan Study. *J Am Heart Assoc*. 2018 Jul 6;7(14):e009603. [\[Crossref\]](#)
 15. Westra J, Tu S, Campo G, Qiao S, Matsuo H, Qu X, Koltowski L, Chang Y, Liu T, Yang J, Andersen BK, Eftekhari A, Christiansen EH, Escaned J, Wijns W, Xu B, Holm NR. Diagnostic performance of quantitative flow ratio in prospectively enrolled patients: An individual patient-data meta-analysis. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2019 Nov 1;94(5):693-701.. [\[Crossref\]](#)
 16. Bezerra CG, Hideo-Kajita A, Bulant CA, Maso-Talou GD, Mariani J Jr, Pinton FA, Falcão BAA, Esteves-Filho A, Franken M, Feijóo RA, Kallil-Filho R, Garcia-Garcia HM, Blanco PJ, Lemos PA. Coronary fractional flow reserve derived from intravascular ultrasound imaging: Validation of a new computational method of fusion between anatomy and physiology. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2019 Feb 1;93(2):266-274. [\[Crossref\]](#)
 17. Collet C, Onuma Y, Andreini D, Sonck J, Pompilio G, Mushtaq S, La Meir M, Miyazaki Y, de Mey J, Gaemperli O, Ouda A, Maureira JP, Mandry D, Camenzind E, Macron L, Doenst T, Teichgräber U, Sigusch H, Asano T, Katagiri Y, Morel MA, Lindeboom W, Pontone G, Lüscher TF, Bartorelli AL, Serruys PW. Coronary computed tomography angiography for heart team decision-making in multivessel coronary artery disease. *Eur Heart J*. 2018 Nov 1;39(41):3689-3698. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 1.8

KORONER DAMARLARIN ANATOMİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Khayel MİRZAYEV
Ahmet YILDIZ

Koroner Damarların Anatomik Değerlendirilmesi

Anatomical Evaluation of Coronary Vessels

BÖLÜM HAKKINDA

Koroner arterlerin görüntümesinde farklı araçlar kullanılabilir. İntravasküler ultrasonografi (İVUS), aterosklerotik plakların özelliklerini belirlemede önemli bir araçtır. İVUS, perkütan müdahalelerin planlanmasında kritik bir rol oynarken, optik koherans tomografisi (OCT) daha yüksek çözünürlük sağlar. Koroner arter fistülü nadir görülen bir anomali olup, genellikle sağ koroner arter kaynaklıdır ve anjiyografi ile teşhis edilir. Tedavi, fistülün boyutuna göre belirlenir. Koroner arter tortuozitesi (CAT), yaşlanma ve ateroskleroz gibi durumlara ilişkilidir ve genellikle miyokardiyal iskemiye tetikleyebilir. Spontan arter diseksiyonu (SKAD) gençlerde sık görülen ve travma dışı bir damar hastalığıdır. Fibromusküler displazi ile ilişkili olup, hamilelik gibi faktörler SKAD riskini artırabilir. Tanı için konvansiyonel anjiyografi kullanılır. Koroner akım sınıflamaları, TIMI Akım, Frame Sayısı ve Miyokardiyal Perfüzyon Sınıflamaları olarak üç ana başlığa ayrılır. Miyokardiyal bridge (MB), koroner arterlerin normalden saparak miyokard içinden geçtiği bir varyasyondur ve uzun MB'ler semptomlara yol açabilir. Koroner arter ektazisi (KAE), koroner arterlerin genişlemesi olup, iskemik semptomlara neden olabilir. Koroner arter kalsifikasyonu (KAK) ise aterosklerotik plaklarda kalsiyum birikimidir ve stent yerleştirme işlemlerini zorlaştırabilir.

Anahtar kelimeler: Koroner görüntüleme araçları, İVUS, OCT, koroner arter fistülü, koroner malformasyon, miyokardiyal perfüzyon,

ABOUT the CHAPTER

Different tools can be used to image the coronary arteries. Intravascular ultrasound (IVUS) is an important tool for characterizing atherosclerotic plaques. While IVUS plays a critical role in planning percutaneous interventions, optical coherence tomography (OCT) provides higher resolution. Coronary artery fistula is a rare anomaly, usually originating from the right coronary artery, and is diagnosed by angiography. Treatment is determined based on the size of the fistula. Coronary artery tortuosity (CAT) is associated with conditions such as aging and atherosclerosis and can often trigger myocardial ischemia. Spontaneous coronary artery dissection (SCAD) is a non-traumatic vascular disease frequently seen in young individuals. It is associated with fibromuscular dysplasia, and factors such as pregnancy can increase the risk of SCAD. Conventional angiography is used for diagnosis. Coronary flow classifications are divided into three main categories: TIMI Flow, Frame Count, and Myocardial Perfusion Classifications. Myocardial bridge (MB) is a variation where coronary arteries deviate from the norm and pass through the myocardium, and long MBs can lead to symptoms. Coronary artery ectasia (CAE) is the dilation of coronary arteries and can cause ischemic symptoms. Coronary artery calcification (CAC) is the accumulation of calcium in atherosclerotic plaques and can complicate stent placement procedures.

Keywords: Coronary imaging tools, IVUS, OCT, coronary artery fistula, coronary malformation, myocardial perfusion,



İntravasküler Ultrasonografi ve Optic Koherens Tomografi

İntravasküler ultrasonografi (İVUS), minyatür bir ultrason probu ile koroner damar duvarının görüntülenmesini sağlayan kateter bazlı görüntüleme yöntemidir.¹ İVUS ile yapılan çalışmalar sonucunda, duyarlı plak ve pozitif "remodeling" gibi kavramlar açıklığa kavuşmuştur. İVUS, kateter ucuna monte edilmiş ve çok küçültülmüş transdüserlerle yapılmaktadır. Görüntülenecek alandan en uzağa yerleştirilir ve ardından darlık alanından geri çekilir. Her dokunun kendi özelliğine göre farklı ses dalgasını, grinin çeşitli tonlarında yansıtması lezyonun özelliklerini belirlemektedir. Bugün için mekanik ve elektronik olmak üzere iki tip İVUS kateteri ve piyasada değişik firmaların İVUS sistemleri vardır. (Resim 1)



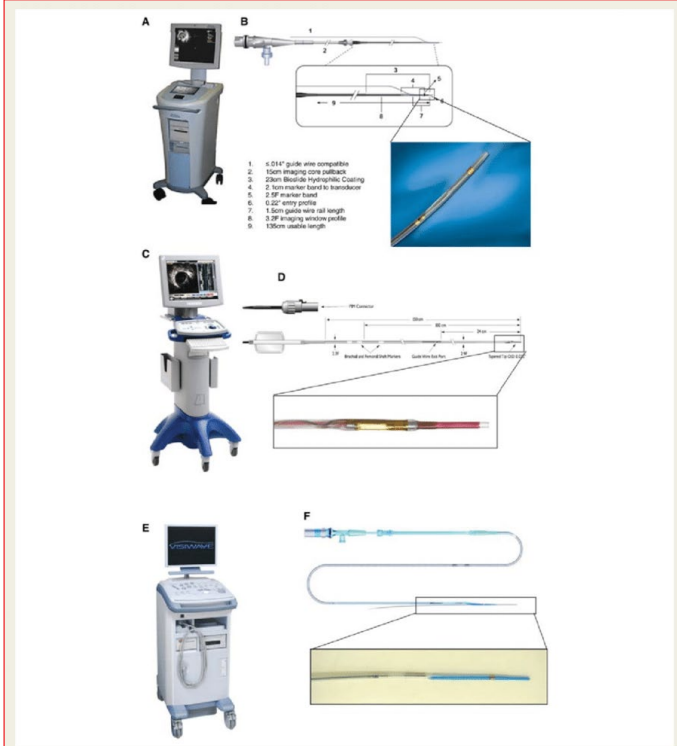
CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

Khayel Mirzayev¹  ID
Ahmet Yıldız²  ID

¹Koç Üniversitesi Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye
²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyolojik Temel Bilimler Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: kmirzayev@kuh.ku.edu.tr
ahmet.yildiz@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıyla / Cite this chapter as: Yıldız A, Mirzayev K. Koroner Damarların Anatomik Değerlendirilmesi. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 49-58.

Resim 1. Boston Scientific Firmasına Ait ultrason görüntüleme sistemi.(bostonunun kendi internet sayfasından alınan görüntü.^a

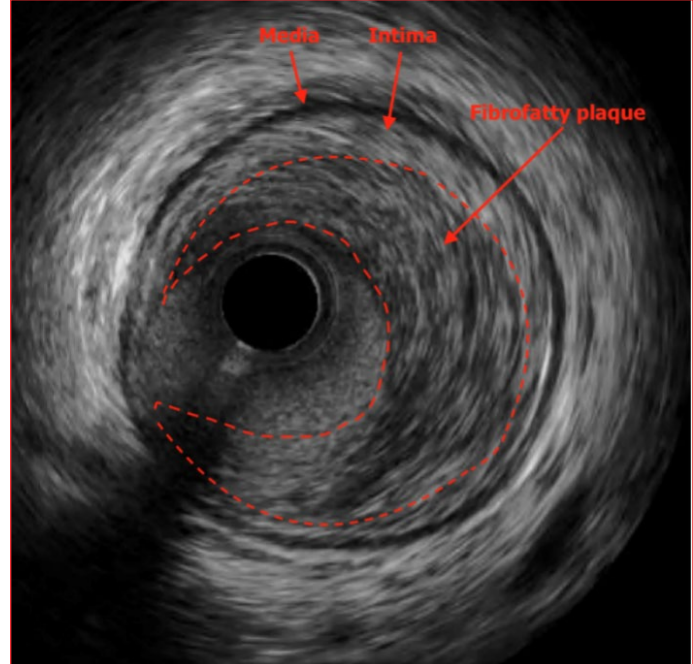


^aGarcia-Garcia HM, Costa MA, Serruys PW. Imaging of coronary atherosclerosis: intravascular ultrasound. Eur Heart J. 2010;31(20):2456-2469 kaynağından alınmıştır.²

Standart IVUS inceleme 3 komponent içermektedir: kateter, lümen, arter duvarı. Arter duvarı ise intima, media ve adventisya içerir. İntima lümen ile internal elastik membran arasındaki tabaka olup endotel ve ekstrasellüler matriks hücrelerinden oluşur. Media ise internal elastik membran ile eksternal elastik membran arasındadır ve plak oluşumu bu tabakada gerçekleşir,(resim 2) düz kas hücrelerini ve ekstrasellüler matriksi içerir. Adventisya ise eksternal elastik membran sonrası fibroblast, konnektif dokunun ve otonomik sinir hücre bağlantılarının olduğu kısımdır.

İVUS, sadece epikardiyal koroner arterlerde belirli bir noktada oluşan ateromatöz plak miktarını belirlemek için değil, aterosklerotik lezyonların in vivo gerilemesi veya ilerlemesini incelemek içinde benzersiz bir inceleme yöntemidir.³ Zamanla bu teknik, modern invaziv kardiyoloji için son derece yararlı bir araştırma aracı haline gelmiştir ve⁴ aterosklerotik sürecin davranışını daha iyi anlamak için araştırmalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. İVUS, hem arter duvarı içindeki plak hacmini hem de arter lümeninin darlığının derecesini belirlemek için kullanılır. Ayrıca overlap ve for the shortening gibi anjiyografik görüntülemenin yetersiz olduğu düşünülen durumlarda özellikle yararlı olabilir (özellikle ostial lezyonların değerlendirilmesinde). Ayrıca, koroner artere yapılan müdahalenin etkilerini ve zaman içinde tıbbi tedavinin sonuçlarını değerlendirmek için kullanılır. İVUS'un tartışmasız en değerli kullanımı, anjiyografi ile görülemeyen plağın anatomik özelliklerinin (kalsifik, trombüs, soft, disseke vb) ve perkütan takılan stentlerin değerlendirilmesinde önemli rol sahiptir. (Resim 3,4).Tablo 1ve 2 de IVUS un kullanım endikasyonları belirtilmiştir.

Resim 2.İVUS ile görüntüleme de koroner arter duvarında plak yerleşim yeri



^aProf. Dr. Ahmet Yıldız'ın arşivinden alınmıştır

İVUS'un kalp kateterizasyon laboratuvarında rutin olarak kullanılmasının önündeki en büyük engeller; maliyeti, işlem süresinin uzaması, girişimsel bir işlem olarak görülmesi ve sadece girişimsel kardiyoloji konusunda eğitim almış anjiyografi uzmanları tarafından yapılması ve İVUS kateteri kullanımının getirdiği ek risklerdir.

Tablo 1.İVUS İnceleme İçin Tanısal ve Girişimsel Endikasyonlar

| Koroner Anjiyografi | Perkutan Koroner Girişim |
|--|---|
| Arter duvar kalınlığı | Optimal stent implantasyonu için girişimsel stratejiyi belirlemek |
| Aterosklerotik plağın tespiti, değerlendirilmesi,özellikleri | Optimal stent çapı, uzunluğunun ve landing zon belirlenmesi için referans damar çapının ve lezyon uzunluğunun değerlendirilmesi |
| Kalsiyum içeriği | Kalsiyum yükünün değerlendirilmesi(rotablatör vs.) |
| Diseksiyon | Trombüs yükünün değerlendirilmesi |
| Anevrizmanın değerlendirilmesi | Suboptimal stent implantasyonu ve işlem komplikasyonun değerlendirilmesi |
| İnstent restenoz | |

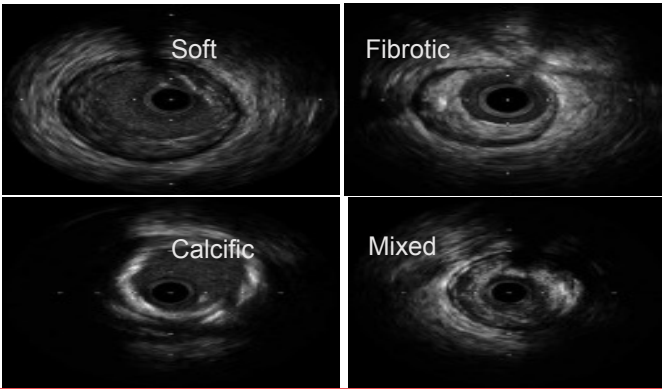
Diğer bir görüntüleme modelitesi olan optik koherans tomografi (OCT), plak yapısının daha iyi değerlendirilmesini ve PKG ile ilişkili komplikasyonların tanımlanmasında çok faydalı bir yöntemdir. İVUS ile optik koherans tomografi (OCT) karşılaştırıldığında, intravasküler OCT, damar lümeninin, doku yapısının ve cihazların (örn., intrakoroner stentler) daha iyi görüntülenmesi için büyük ölçüde iyileştirilmiş çözünürlük sunar.⁵ İVUS, penetrasyonu daha iyi olup damar duvarı ve komşu yapıların görüntülenmesini sağlar. Oysa intravasküler OCT daha iyi rezolüsyon özelliği nedeniyle intralü-

minal yapıların özelliklerini daha iyi değerlendirilmesini sağlar.

Tablo 2. Aterosklerotik plağın anatomik özelliklerinin (kalsifik, trombüs, soft, disseke vb). IVUS ile tanınlanması

| Aterosklerotik Plağın Anatomik Özellikleri |
|--|
| 1-Soft plak (Ekolüsent): Düşük ekojenitedir, yüksek lipit içerik, trombüs, intramural hemoraji |
| 2-Hassas plak ve rüptüre plak: Düşük ekojenite, fibröz kapsül |
| 3-Trombüs: İntralüminal, lobüle, pedinküler, hipodens |
| 4-Fibröz plak: Soft (ekolüsent) ile kalsifik (yüksek) ekojenite arasında |
| 5-Kalsifik: Artmış ekojenite, geniş kalsifikasyon (stabil plak), Mikrokalsifikasyon (unstable plağın lipitten zengin nekrotik çekirdek içerik) |
| 6-Stent restenoz: Erken (çok düşük ekojenitedir) :Geç (daha ekojenidir) |

Resim 3. Aterosklerotik Plağın IVUS Özellikleri (Soft Plak, Fibröz Plak, Kalsifik Plak)^a



^aProf. Dr. Ahmet Yıldız'ın arşivinden alınmıştır

Resim 4. Stent İmplantasyonu Sonrası IVUS ile Değerlendirme^a



^aProf. Dr. Ahmet Yıldız'ın arşivinden alınmıştır

İntravasküler OCT incelemede kısa bir kontrast enjeksiyonu (örn., 2 ila 3 saniye) ile kan temizliği gerektirir. Bu nedenle koroner osti-

umlara OCT uygulanmaz ayrıca diğer bir dezavantajı, bu yöntemin LMCA stenozu değerlendirmesinde kullanımını sınırlayan düşük doku penetrasyonudur. İVUS, incelemede kontrast enjeksiyonu gerektirmez.

Perkütan koroner müdahale sırasında IVUS'un rutin kullanımı kısa vadeli sonuçları iyileştirmez.⁶ Ancak sol ana koroner arter darlığının klinik olarak anlamlı olup olmadığını ve perkütan stratejinin belirlenmesinde çok önemlidir. Bu amaçlı iki parametre kullanılır; darlık derecesi ve minimal lümen alanı.⁷

Sonuç olarak koroner aterosklerozun anatomik değerlendirilmesinde, lezyonların sayısal ölçümlerinin değerlendirilmesinde, değişik vasküler patolojinin tanı ve tedavi stratejisinin belirlenmesinde, PKG işlem öncesi ve sonrası (stent değerlendirilmesi, stent restenozu vb) IVUS veya OCT kullanılması çok faydalı bilgiler vermektedir.

Koroner Arter Fistülü

Koroner arter fistülü (koroner arteriyovenöz malformasyon olarak da bilinir), bir veya daha fazla koroner arterin kalp boşlukları veya büyük damarlara (miyokardiyal kapiller yatağı bypass ederek) açılmasıdır.

Genellikle tek başına ortaya çıkan bu nadir anomalinin kesin insidansı bilinmemektedir.⁸ Fistüllerin çoğu konjenital olup, bazen kapak replasmanı, koroner arter bypass greftleme gibi kalp cerrahisi ve kalp transplantasyonunda tekrarlanan miyokard biyopsilerinden sonra saptanabilir.^{9,10} Fistülün besleyici arteri, bir koroner arterden veya onun dallarından birinden olabilir ve kalp odacıklarına veya büyük damarlardan birine genişleyerek ve kıvrımlı bir şekilde drene olur. Fistüller, vakaların yaklaşık %52'sinde sağ koroner arterden kaynaklanır. Sol ön inen koroner arter, vakaların yaklaşık %30'unda en sık tutulan ikinci koroner arterdir, ve vakaların yaklaşık %18'inde sirkumfleks koroner arterden kaynaklanır.¹¹ Fistüllerin %90'dan fazlası kalbin sağ tarafına, geri kalanı ise kalbin sol tarafına drene olur.¹² Sağ kalpte drenaj en sık olarak sağ ventriküle (yaklaşık %40) gerçekleşir, bunu sağ atriyum, koroner sinüs ve pulmoner arter izler (Resim 1 ve 2). Üç ana koroner arter ile sol ventrikül arasında çoklu fistüller de bildirilmiştir.¹³

Fistül kalbin sağ tarafına drene olduğunda, sağ kalbe, pulmoner vasküler yatağa, sol atriyuma ve sol ventriküle olan hacim yükü artar. Fistül sol atriyuma veya sol ventriküle drene olduğunda, bu odacıklarda aşırı hacim yüklenmesi olur ancak pulmoner kan akışında artış olmaz. Şantın boyutu; fistülün boyutuna ve koroner arter ile fistülün drene olduğu boşluk arasındaki basınç farkına göre belirlenir.

Koroner arter fistülleri, özellikle hemodinamik olarak küçük olduklarında, ilk yirmi yılda genellikle asemptomatiktir. Çok nadir olarak kendiliğinden kapanabilir. Bundan sonra hem semptom hem de komplikasyon sıklığı artar.¹⁴ Fistüller; miyokardiyal iskemi, tromboz ve emboli, kalp yetmezliği, rüptür, endokardit/endarterit, atriyal fibrilasyon ve diğer aritmilere neden olabilir.^{7,10,9,10} Fistül içinde tromboz nadirdir ancak akut miyokard enfarktüsüne ve atriyal ve ventriküler aritmilere neden olabilir.¹¹ Hemoperikardiyuma neden olan anevrizmal fistülün spontan rüptürü de bildirilmiştir.¹² Büyük soldan sağa şantları olan hastalarda, özellikle bebeklik döneminde ve bazen yenidoğan döneminde konjestif kalp

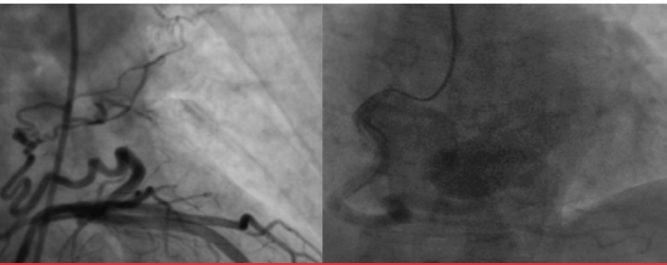
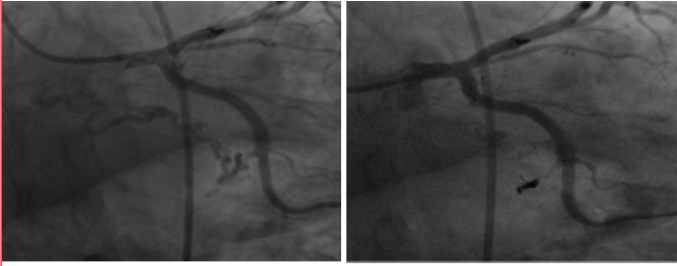
yetmezliği gelişebilir.¹³ Angina gibi iskemik semptomlar koroner arter çalmaya bağlı olabilir.¹³

Tanısında anjiyografi ve kardiyak kateterizasyon kullanılır. Fistülün hemodinamik önemini değerlendirmek ve fistülün ayrıntılı anatomisini, özellikle boyutu, kökeni, seyri, herhangi bir darlığın varlığı ve drenaj bölgesini sağlamak için koroner anjiyografi ve kalp kateterizasyonu, veya koroner bilgisayarlı tomografik inceleme gereklidir. Bu, bize tedavi yaklaşımının belirlenmesinde yardımcı olur.¹⁵

Koroner arter fistüllerinin tedavisi için endikasyonlar arasında büyük veya artan soldan sağa şant, sol ventrikül aşırı hacim yüklenmesi, miyokardiyal iskemi, sol ventrikül disfonksiyonu, konjestif kalp yetmezliği ve endokardit/endarteritin önlenmesi yer alır.

Koroner arter fistülleri için tedavi seçenekleri arasında cerrahi veya perkütan yolla fistülün kapatılmasını içerir. Cerrahi risk, %0 ile %6 arasında değişen düşük bir morbidite ve mortalite oranı ile ilişkilidir.^{15,16} Miyokard enfarktüsü vakaların %5'inden azında ortaya çıkabilir ve fistülün tekrarlama riski vardır.¹⁷ Nüks nedeni, ameliyatla tedavisi zor olan birden fazla fistülün mevcut olabilmesidir. Rezidüel fistüllerin kesin insidansı bilinmemekle birlikte, cerrahi sonrası vakaların >%95'inde fistülün tamamen tıkanması sağlanabilir. Perkütan girişim, şantın boyutu, büyüklüğü ve sayısı ile ilişkili olup: coil, vasküler plak, ve greft stentler kullanılabilir.

Resim 5. Koroner Arter Fistülün Anjiyografik Görünümü^a



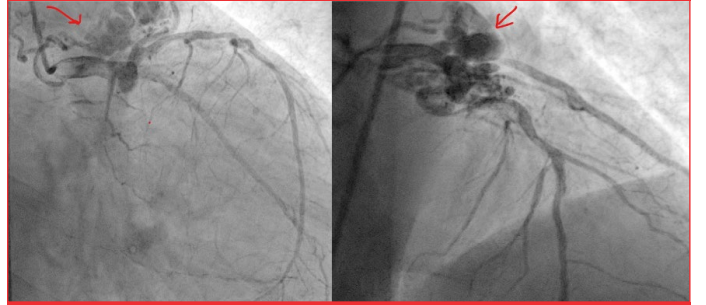
^aDr. Khayal Mirzayev'in arşivinden alınmıştır.

Koroner Arter Tortiozitesi

Koroner arter tortiozitesi (KAT), yaşlanma, hipertansiyon, ateroskleroz ve diğer durumlara yaygın olarak ilişkili yaygın bir anjiyografik bulgudur. KAT genellikle şüpheli iskemik göğüs ağrısının değerlendirilmesi için anjiyografide tesadüfi olarak saptanmaktadır.¹⁸ KAT genellikle benign bir bulgu olarak kabul edilip, semptom vermez veya tedavi gerektirmez. Buna rağmen, ciddi kıvrımlılık azalmış koroner perfüzyon basıncı nedeniyle miyokard iskemisine neden olabilir.¹⁹⁻²² KAT; yaşlanma, hipertansiyon, koroner ateroskleroz, spontan koroner arter diseksiyonu (SKAD), fibromusküler

displazi (FMD) ve bağ dokusu hastalıkları gibi çok sayıda koşullarla ilişkilendirmiştir.^{23,24} Bypass Anjiyoplasti Revaskülarizasyon Araştırması tanımına göre, kıvrımın şiddeti (veya lezyon erişilebilirlik derecesi), müdahale edilecek lezyonun proksimalindeki açılanma sayısı ile belirlenir (25, 26). Üç gruba ayrılır. Hafif tortiozite, lezyonun bir kıvrımın distalinde olduğu ve kıvrımlı segmentin kolayca erişilebilir olduğu kabul edilen durumu ifade eder. Orta derecede tortiozitede, lezyon iki kıvrımın distalindeyken, ciddi derecede tortiozitede lezyon üç veya daha fazla kıvrımın distalindedir. Kesin patofizyolojisi bilinmese de elastinin bozulmasının hayati bir rol oynadığı gösterilmiştir. KAT'nin kadınlarda erkeklerden daha yaygın olduğu gösterilmiştir. Kronik basınç yüklenmesi olan hastalarda, volüm yüklenmesi olan hastalara göre koroner arter tortiozitesi daha belirgin olarak saptanmıştır.^{27,28} Yaşlanma ve hipertansiyon, KAT için risk faktörleri olarak bildirilmiştir.^{18,26,28} Kıvrımlı koroner segmentlerde olan hemodinamik kuvvet bu segmentlerde plak oluşumuna ve ardından akut koroner sendroma yatkın hale getirmektedir.²⁹ Ayrıca KAT; ateroskleroz ve kalsifikasyon artışı³⁰, spontan koroner arter diseksiyonu²⁶, takotsubo sendromu³¹⁻³³, fibromusküler displazi³⁴⁻³⁷, D vitamini eksikliği^{37,38} ile ilişkili bulunmuştur.

Resim 6. Koroner Arterlerden Pulmoner Artere Fistülün Anjiyografik Görüntüsü^a



^aDr. Khayal Mirzayev'in arşivinden alınmıştır.

Son derece kıvrımlı bir artere yaklaşırken, operatör elindeki malzemeleri gözden geçirmeli ve stent uzunluğunu seçerken, damarın kısalması olasılığını da hesaba katmalıdır. Kısaltmadan en az etkilenen anjiyografik açılar seçilmelidir.³⁹⁻⁴³

Spontan Koroner Arter Diseksiyonu

Spontan koroner arter diseksiyonu (SKAD), ateroskleroz veya travma ile ilişkili olmayan ve yatrojenik olmayan epikardiyal koroner arter diseksiyonu olarak tanımlanır. SKAD, özellikle genç kadınlarda, miyokard enfarktüsü ve ani ölümün önemli bir nedeni olarak ortaya çıkmıştır.

SKAD'nin gerçek insidansı bilinmemektedir. Genç ve orta yaşlı kadınları yüksek oranda etkiler, erkekler çoğu büyük seride vakaların %10'undan daha azını oluşturur.⁴⁴⁻⁴⁸ Irk dağılımı açısından, tüm ırklar etkilenebilir, ancak daha çok beyaz ırkı etkilemektedir.

SKAD'in altında yatan etiyoloji çok faktörlü gibi görünmektedir. SKAD için birçok potansiyel predispozan aterosklerotik olmayan arteriyopati bildirilmiştir. Bildirilen en baskın ilişki fibromusküler displazidir (FMD). Rutin olarak taranan SCAD kohortlarının %72 ila %86'sında yüksek bir FMD prevalansı gözlenmiştir.^{46,49} Mayo

Clinic'ten yapılan bir çalışmada, kapsamlı bilgisayarlı tomografi anjiyografisi (BTA) taraması yapılan 95 SCAD hastasının %52'sinde FMD teşhisi konulmuş ve bu da SCAD ile FMD arasında gözlenen güçlü ilişkiyi desteklemektedir.

Gebelikle ilişkili SKAD, vakaların <%5'inden sorumludur.⁴⁸⁻⁵⁰ doğum öncesi, doğum sonrası erken (ilk 6 hafta içinde), doğum sonrası geç (6 hafta ila 12 ay) ve doğum sonrası çok geç (12 ila 24 ay) ortaya çıkabilir.⁵¹ Hamilelikteki artmış progesteron seviyeleri, elastik lif ve mukopolisakkarit içeriğinin değişmesi ve kollajen sentezinin bozulmasına neden olarak koroner diseksiyona yatkınlık oluşturur. Diğer taraftan artmış östrojen düzeyleri koagülasyon kaskadını tromboz lehine etkiler.^{51,52} Marfan ve Ehler-Danlos tip 4 gibi bağ dokusu hastalıklarında SKAD ile ilişkilendirilmiştir.

SKAD'lı hastaların hemen hemen hepsi AKS kliniği ile başvurur ve kardiyak enzim yüksekliği vardır.^{49,50,53,54} Hastaların %96'sında en sık görülen semptom göğüs ağrısıdır ve yırtılma şeklinde olabilir.⁵⁵

SKAD'ın doğru ve erken teşhisi önemlidir çünkü yönetimi ve araştırılması aterosklerotik hastalıktan farklıdır. Koroner anjiyografik bulgusu; ekstraluminal alanda kontrast boyanması, çoklu radyölüsent lümenler, spiral diseksiyon ve intraluminal dolum defekti şeklindedir.⁵⁶⁻⁶³ Ancak konvensiyonel koroner anjiyografide arter lümenini görüntülediği için tanıda önemli kısıtlılıkları vardır. Arter duvar katmanlarını görüntüleyen intrakoroner görüntüleme (OCT ve intravasküler ultrason) tanıyı koymada çok faydalıdır.⁵⁷ Ancak ek riskleri ve maliyeti nedeniyle kullanımı yaygın değildir. En sık etkilenen arter sol ön inen arterdir (%34 ila %42).^{49,50,53} (Resim 1).

Resim 7. LMCA' Dan LAD'distale Uzanan Koroner Arter Diseksiyonu⁹



⁹Dr. Khayal Mirzayev'in arşivinden alınmıştır.

Kardiyak bilgisayarlı tomografik anjiyografi, konvensiyonel anjiyografiye kıyasla çok daha düşük uzaysal çözünürlüğe sahiptir ve küçük koroner arterlerin (özellikle <2,5 mm çapındaki) lümenlerini ve duvarlarını değerlendirmede zorluklara sahiptir. SKAD'nin çoğu proksimal olmayan arterleri etkilediğinden ve ekstraluminal kontrast boyamaya sahip olmadığından, kardiyak BTA'nın tanısal

değeri sınırlıdır.

SKAD tedavi yaklaşımı aterosklerotik koroner arter hastalığına benzer olmakla beraber bazı farklılıklar gösterir. Farmakolojik tedavide beta blokerler önemli bir rol oynar. Beta reseptör blokajı arteriyel damar duvar stresini azaltır ve aort diseksiyonunun yönetiminde etkilidir.⁵⁸ Antiplatelet tedavi kullanımı önerilmektedir.⁵⁹ Ancak antikoagülan ve trombolitik tedavi tartışmalıdır. Heparin ACS yönetimi için rutin olarak uygulanır, ancak SKAD için klinik yarar belirlenmemiştir. Antikoagülasyon ile diseksiyonu genişletme riski vardır, bu da üstteki trombüsü çözmenin ve gerçek lümen açıklığını iyileştirmenin potansiyel yararı ile dengelenir. Anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitörü veya anjiyotensin reseptör blokerleri özellikle önemli sol ventrikül disfonksiyonu varlığında [ejeksiyon fraksiyonu %40, sınıf 1 endikasyon] bir MI'dan sonra [sınıf IIa endikasyonu] standart olarak önerilir.⁶⁰ SKAD tedavisinde statinlerin kullanımı tartışmalıdır. Küçük bir retrospektif çalışma, statinlerle potansiyel olarak daha yüksek SKAD nüksü göstermiştir. bununla birlikte, ACS verilerinin büyük bir kısmı lipid düşürmede önemli fayda olduğunu göstermektedir ve MI sonrası statinler rutin olarak tavsiye edilmektedir.⁶¹

SKAD tedavisinde genel olarak medikal yaklaşım tercih edilir.^{48,49,61} Bu öneri, SKAD arterlerinin çoğu vakada kendiliğinden iyileştiği ve revaskülarizasyonun yüksek başarısızlık oranları ile ilişkili olduğu gözlemlerine dayanmaktadır. Devam eden veya tekrarlayan iskemisi, hemodinamik dengesizliği, ventriküler aritmileri veya sol ana diseksiyonu olanlar da revaskülarizasyon düşünülmelidir. Bu olgularda anatomi uygunsa PKG yapılmalıdır; aksi halde CABG düşünülmelidir.

Koroner Akım Sınıflamaları

1-TIMI Akım Sınıflaması (TIMI Grade Flow):

1983 yılında, TIMI (Miyokardiyal Enfarktüste Tromboliz) çalışma grubu intravenöz (IV) streptokinazın etkinliğini değerlendirmek için infarktandan sorumlu koroner arterin açıklığını değerlendirmeye yönelik TIMI Koroner akım sınıflaması geliştirmiş ve kullanmıştır. (64, 65)Bu sınıflamada:

- Grade 0 (perfüzyon yok): Oklüzyon noktasının distalinde antegrad akım yok.
- Grade 1 (perfüzyonsuz penetrasyon): Kontrast madde obstrüksiyon alanının distaline geçer ancak "takılır" ve sine-anjiyografik film çekimi sırasında obstrüksiyonun distalinde opak seçilemez.
- Grade 2 (kısmi perfüzyon): Kontrast madde obstrüksiyondan geçer ve obstrüksiyonun distalinde opakla dolar. Ancak obstrüksiyonun distaline kontrast dolun hızı ve klirensi normal koroner arter (örneğin karşı koroner arter) gibi değildir.
- Grade 3 (tam perfüzyon): Obstrüksiyonun distalinden koroner arter distaline antegrad akımın hızı ve klirensi diğer normal koronerler gibidir.

2- TIMI frame sayısı (TFC):

TIMI akım sınıflamaları, subjektif olup değerlendiren kişiye göre değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle TIMI çalışma grubu, puanlama sistemlerinin yer aldığı başka bir sınıflama olan TIMI frame sayısı (TFC), geliştirmiştir. Her koroner arter için belirlenmiş distal

bölgeye ulaşmak için sine-anjiyografik frame sayısı ölçülür ve her damar için belirlenmiş olan standart sayıya bölünür. Ve böylelikle epikardiyal akışın nicel bir değerlendirmesi elde edilir.

3- TIMI Miyokardiyal Perfüzyon Sınıflaması (TMP):

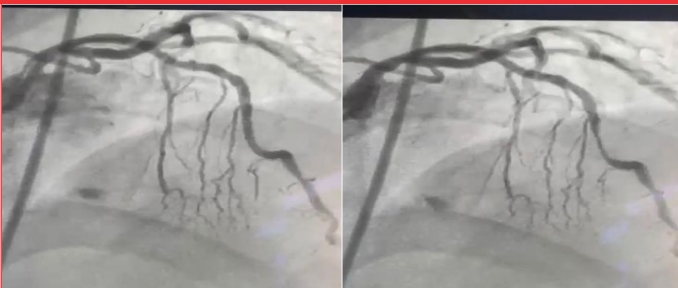
TIMI akım sınıflaması ve TFC epikardiyal kan akımını değerlendirmek için kullanılır. Mikrovasküler perfüzyonu değerlendirmek için TIMI miyokardiyal perfüzyon (TMP) derecesi geliştirilmiştir. Miyokardiyal kontrast ekokardiyografi kullanılarak, reperfüzyon tedavisinden sonra enfarktüslü miyokarddaki kontrast yoğunluğunun görsel bir değerlendirmesi yapılır. "0 belirgin doku düzeyinde perfüzyon olmadığını ve TMP 3'ün normal perfüzyonu gösterdiğini" gösterecek şekilde 0'dan 3'e kadar puanlanır. TIMI grade flow 3 olmasına rağmen, bazı hastalarda miyokardda yeniden akış olmadığı gösterilmiştir (TMP 0). TMP'nin ayrıca mortalitenin bağımsız bir belirleyicisi olduğu gösterilmiştir.^{65,66}

Miyokardiyal Bridge

Miyokardiyal bridge (MB) göreceli olarak sık görülen bir konjenital koroner varyasyon olup, normalde miyokardın üzerinde seyreden koroner arterlerin bir kısmının miyokardın içinden seyretmesi şeklinde ortaya çıkar. Miyokard kontraksiyonu (sistolik faz) esnasında miyokard içinde seyreden koroner arterde kompresyon olur, ve buda kan akımını bozabilir. MB'lerin uzunluğu birkaç mm'den 10 cm'ye veya daha fazlasına kadar değişebilir. MB uzunluğu 20 mm ve üzerinde olduğunda önemli semptomlara neden olabilir. Miyokard perfüzyonu esas itibarıyla diyalizde meydana gelir. (Resim 1, A/B). Bu sebeple MB genellikle iskemiye neden olmaz ve asemptomatik seyrederek. Bununla birlikte anjina, akut koroner sendrom, aritmilere neden olabilmektedir. Semptomlar, bridge uzunluğuna, derinliğine ve konumuna bağlı olarak hastadan hastaya farklılık gösterebilir. Yaygın semptomlar şunları içerir; göğüs ağrısı, nefes darlığı, çarpıntı, senkop. Tanısında koroner BT ve koroner anjiyografi, stress ekokardiyografi kullanılır.⁶⁷⁻⁷⁰ Hemodinamik değerlendirme amaçlı FFR kullanılabilir.^{71,72}

Genellikle asemptomatik olduğu için tedavi gerektirmez ama semptomatik olduğu vakalarda kalsiyum kanal blokörleri, beta blokerler gibi ilaçlar kullanılır. Ancak medikal tedavi ile semptomlar kontrol altına alınamayan hastalarda cerrahi müdahale, nadir vakalarda stent implantasyonu planlanabilir.

Resim 8. A-Kalbin Sistolinde Miyokardiyal Bridge B-Kalbin Diastolinde Miyokardiyal Bridge^a



^aDr. Khayal Mirzayev'in arşivinden alınmıştır.

Koroner Arter Ektazisi

Koroner arter ektazisi (KAE), koroner arterin, komşu normal ko-

roner arter segmentinin 1.5 katı veya daha fazlası olacak şekilde genişlemesi olarak tanımlanmıştır.⁷³ (Resim 1). KAE, anjiyografik serilerin %3-8'inde ve otopsi serilerinin %0.22-1.4'ünde tespit edilmiştir. Bir koroner arterin tüm uzunluğunu etkileyen yaygın veya lokalize olabilir. Koroner ektaziler büyük bir oranda koroner arter hastalığı (KAH) ile birlikte görülmekle beraber izole olarak da saptanabilmektedirler. Koroner dilatasyon, Ehlers-Danlos sendromunda, ANCA ile ilişkili farklı vaskülit tiplerinde⁷⁴ ve ayrıca sifilitik aortit ve Kawasaki hastalığında skleroderma gibi bağ dokusu bozuklukları ile ilişkili izole ektazidir.⁷⁵ Hastaların küçük bir yüzdesinde KAE doğuştan vardır. Koroner müdahaleleri takiben koroner anevrizmalarda gelişebilir. Nadiren, büyük ülser koroner plaklar, anjiyografik olarak koroner anevrizmalar olarak yanlış yorumlanabilir. Gerçek nedenleri intravasküler ultrason (IVUS) ile ortaya çıkarılabilir. Koroner arter seviyesindeki ektazi ile periferik vasküler sistemin diğer arterlerindeki ektazi arasında herhangi bir ilişki yoktur, ancak bazı durumlarda birlikte bulunabilirler. Anevrizmal segmentlerin varlığı, eşlik eden stenotik lezyonların şiddetine bakılmaksızın, tipik egzersize bağlı anjina pectoris ve miyokard enfarktüsü insidansında artışla birlikte yavaş veya türbülanslı kan akışı üretir. İzole ektazili hastalar (KAE'li toplam popülasyonun %15'i) daha iyi huylu bir seyir izlemektedir, ancak %39' unda iskemik semptomlar (akut koroner sendrom ve kronik koroner sendrom) görülebilir.⁷³ Her üç koroner damar da KAE'den etkilenebilir, ancak hastaların neredeyse %75'inde tek bir koroner arter etkilenir. Eşlik eden KAH olan hastalarda sağ koroner arterin proksimal ve orta segmenti en sık etkilenir. Koroner ektazili hastalarda ektazik arterlerin beslediği miyokardiyal bölgelerde bozulmuş perfüzyon alanları izlenmektedir. Ektazik segmentlerde kan akımının türbülans özellik kazanması, aksiyal akımın kaybına bağlı gelişen eritrosit agregasyonları ve ektazik bölgede oluşan trombojenite artışı ve bunun sonucunda oluşan trombüslerin distale embolizasyonu, koroner ektazi ile mikrovasküler perfüzyon bozukluğu arasındaki ilişkinin önemli nedenleridir.

Tanıda; koroner anjiyografi, magnetic resonance anjiyografi, koroner arter bilgisayarlı tomografik inceleme kullanılabilir.^{76,77} Koroner arter ektazi tedavisinde antiagregan, antikoagulan, statin, ACE inhibitörleri, beta blokerler, kalsiyum kanal blokerleri kullanılmaktadır.

Resim 9. Koroner Arterlerin Ektazik Görüntüsü^a

A.LAD Ve CX Görüntüsü

B. RCA Görüntüsü



^aDr. Khayal Mirzayev'in arşivinden alınmıştır.

Koroner Arter Kalsifikasyonu

Koroner arter kalsifikasyonu (KAK), aterosklerotik plaklarda yo-

ğün kalsiyum birikimidir. Anjiyografik olarak yuvarlak, diskret dolma defekti şeklinde görülür.⁷⁸ OCT ve IVUS 'ta lümeneye doğru düzensiz yüzeyli çıkıntı şeklinde görülür. Bazen KAK ile trombusün anjiyografik görüntüsü karışabilir.⁷⁹ Koroner arterlerde kalsiyum birikintileri vazomotor yanıtı zayıflatır ve birikintilerin boyutuna ve dağılımına bağlı olarak aterosklerotik plak stabilitesi değişkendir.⁸⁰ Koroner kalsifikasyon damar duvarında aterosklerotik süreç ile birlikte başlar ve koroner arterlerde aterosklerotik plaklarda yoğun kalsiyum depozitleri birikimine bağlı oluşur.

Yaşlılarda ve kronik böbrek hastalığı olanlarda daha sıktır.⁸¹ Koroner kalsifik lezyonlar sağ koroner arterde daha sık görülmekte olup⁸², en iyi OCT ve IVUS ile tespit edilebilir KAK'lar akut koroner sendroma neden olabilirler. Koroner kalsiyum skorlaması yapılarak hastalarda noninvazif yöntemle koroner kalsifikasyon derecesi hakkında bilgi edilebilir.

Koroner kalsifik lezyonlar, perkütan koroner girişim esnasında değişik zorluklara neden olabilir ve artmış komplikasyon ile ilişkilidir (kalsifik nodül bölgesinden stentin ilerletilmesinde zorluk, stentin sıyırılması, stentin yeterince açılmaması, diseksiyon ve rüptür gibi). Kalsifik lezyonları normal predilatasyon balonları ile açmak çok zordur. Kalsifik lezyonlar için rutinde kullanılmayan sadece zorlu vakalarda kullanılan nonkompliyan balon, cutting balon, litotripsi balonları ve rotablator kullanılabilir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Garcia-Garcia HM, Gogas BD, Serruys PW, Bruining N. IVUS-based imaging modalities for tissue characterization: similarities and differences. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2011;27(2):215-24. [\[Crossref\]](#)
2. Garcia-Garcia HM, Costa MA, Serruys PW. Imaging of coronary atherosclerosis: intravascular ultrasound. *Eur Heart J*. 2010;31(20):2456-69. [\[Crossref\]](#)
3. Sgura F, Di Mario C. New methods of coronary imaging II. Intracoronary ultrasonography in clinical practice. *Italian heart journal Supplement: official journal of the Italian Federation of Cardiology*. 2001;2(6):579-92.
4. Görgö G, Ge J, von Birgelen C, Erbel R. Intravascular ultrasound--the new gold standard? *Zeitschrift für Kardiologie*. 1998;87(8):575-85. [\[Crossref\]](#)
5. Schiele F, Meneveau N, Vuilleminot A, Zhang DD, Gupta S, Mercier M, et al. Impact of intravascular ultrasound guidance in stent deployment on 6-month restenosis rate: a multicenter, randomized study comparing two strategies-with and without intravascular ultrasound guidance. *Journal of the American College of Cardiology*. 1998;32(2):320-8. [\[Crossref\]](#)
6. Bezerra HG, Costa MA, Guagliumi G, Rollins AM, Simon DI. Intracoronary optical coherence tomography: a comprehensive review: clinical and research applications. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2009;2(11):1035-46. [\[Crossref\]](#)
7. Safian RD, Freed M. *The manual of interventional cardiology*. (No Title). 2001.
8. Wilde P, Watt I. Congenital coronary artery fistulae: six new cases with a collective review. *Clinical radiology*. 1980;31(3):301-11. [\[Crossref\]](#)
9. Reidy JF, Anjos RT, Qureshi SA, Baker EJ, Tynan MJ. Transcatheter embolization in the treatment of coronary artery fistulas. *Journal of the American College of Cardiology*. 1991;18(1):187-92. [\[Crossref\]](#)
10. Somers J, Verney G. Coronary cameral fistulae following heart transplantation. *Clinical radiology*. 1991;44(6):419-21. [\[Crossref\]](#)
11. McNamara JJ, Gross RE. Congenital coronary artery fistula. *Surgery*. 1969;65(1):59-69.
12. De L. Hemodynamically significant primary anomalies of the coronary arteries. *Circulation*. 1978;58:25-34. [\[Crossref\]](#)
13. Iw B. Multiple coronary artery-left ventricular fistulae: Clinical, angiographic, and pathologic findings. *Catheter Cardiovasc Diag*. 1991;23:133-5. [\[Crossref\]](#)
14. Liberthson RR, Sagar K, Berkoben JP, Weintraub RM, Levine FH. Congenital coronary arteriovenous fistula. Report of 13 patients, review of the literature and delineation of management. *Circulation*. 1979;59(5):849-54. [\[Crossref\]](#)
15. Hofbeck M, Wild F, Singer H. Improved visualisation of a coronary artery fistula by the "laid-back" aortogram. *Heart*. 1993;70(3):272-3. [\[Crossref\]](#)
16. Rittenhouse EA, Doty DB, Ehrenhaft JL. Congenital coronary artery-cardiac chamber fistula: review of operative management. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1975;20(4):468-85. [\[Crossref\]](#)
17. Dodge-Khatami A, Mavroudis C, Backer CL. Anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery: collective review of surgical therapy. *The Annals of thoracic surgery*. 2002;74(3):946-55. [\[Crossref\]](#)
18. Chiha J, Mitchell P, Gopinath B, Burlutsky G, Kovoor P, Thiagalingam A. Gender differences in the prevalence of coronary artery tortuosity and its association with coronary artery disease. *IJC Heart & Vascular*. 2017;14:23-7. [\[Crossref\]](#)
19. Li Y, Shi Z, Cai Y, Feng Y, Ma G, Shen C, et al. [2012] Impact of Coronary Tortuosity on Coronary Pressure: Numerical Simulation Study. *PLoS ONE* 7(8): e42558. [\[Crossref\]](#)
20. Xie X, Wang Y, Zhou H. Impact of coronary tortuosity on the coronary blood flow: a 3D computational study. *Journal of biomechanics*. 2013;46(11):1833-41. [\[Crossref\]](#)
21. Yang L, Liu N-f, Gu Z-Z, Yong C, Jun L, Yi F, et al. Coronary tortuosity is associated with reversible myocardial perfusion defects in patients without coronary artery disease. *Chinese medical journal*. 2012;125(19):3581-3.
22. Gaibazzi N, Rigo F, Reverberi C. Severe coronary tortuosity or myocardial bridging in patients with chest pain, normal coronary arteries, and reversible myocardial perfusion defects. *The American journal of cardiology*. 2011;108(7):973-8. [\[Crossref\]](#)
23. Turgut O, Yılmaz A, Yalta K, Yılmaz BM, Ozyol A, Kendirlioglu O, et al. Tortuosity of coronary arteries: an indicator for impaired left ventricular relaxation? *The international journal of cardiovascular imaging*. 2007;23:671-7. [\[Crossref\]](#)
24. Han H-C. Twisted blood vessels: symptoms, etiology and biomechanical mechanisms. *Journal of vascular research*. 2012;49(3):185-97. [\[Crossref\]](#)
25. Alderman EL, Stadius M. The angiographic definitions of the bypass angioplasty revascularization investigation. *Coronary Artery Disease*. 1992;3(12):1189-208.
26. Eleid MF, Guddeti RR, Tweet MS, Lerman A, Singh M, Best PJ, et al. Coronary artery tortuosity in spontaneous coronary artery dissection: angiographic characteristics and clinical implications. *Circulation: Cardiovascular Interventions*. 2014;7(5):656-62. [\[Crossref\]](#)
27. Jakob M, Spasojevic D, Krogmann ON, Wiher H, Hug R, Hess OM. Tortuosity of coronary arteries in chronic pressure and volume overload. *Catheterization and cardiovascular diagnosis*. 1996;38(1):25-31.

- [Crossref]
28. Dagianti A, Rosanio S, Luongo R, Fedele F. Coronary morphometry in essential arterial hypertension. *Cardiologia (Rome, Italy)*. 1993;38(8):497-502.
 29. Stein PD, Hamid MS, Shivkumar K, Davis TP, Khaia F, Henry JW. Effects of cyclic flexion of coronary arteries on progression of atherosclerosis. *The American journal of cardiology*. 1994;73(7):431-7. [Crossref]
 30. El Tahlawi M, Sakrana A, Elmurr A, Gouda M, Tharwat M. The relation between coronary tortuosity and calcium score in patients with chronic stable angina and normal coronaries by CT angiography. *Atherosclerosis*. 2016;246:334-7. [Crossref]
 31. Zegers E, Meursing B, Zegers E, Ophuis AO. Coronary tortuosity: a long and winding road. *Netherlands Heart Journal*. 2007;15:191-5. [Crossref]
 32. Migliore F, Maffei E, Perazzolo Marra M, Bilato C, Napodano M, Corbetti F et al. LAD coronary artery myocardial bridging and apical ballooning syndrome. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(1):32-41. [Crossref]
 33. Stiermaier T, Desch S, Blazek S, Schuler G, Thiele H, Eitel I. Frequency and significance of myocardial bridging and recurrent segment of the left anterior descending coronary artery in patients with takotsubo cardiomyopathy. *The American journal of cardiology*. 2014;114(8):1204-9. [Crossref]
 34. McKenzie GA, Oderich GS, Kawashima A, Misra S. Renal artery fibromuscular dysplasia in 2,640 renal donor subjects: a CT angiography analysis. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2013;24(10):1477-80. [Crossref]
 35. Cragg A, Smith T, Thompson B, Maroney T, Stanson A, Shaw G, et al. Incidental fibromuscular dysplasia in potential renal donors: long-term clinical follow-up. *Radiology*. 1989;172(1):145-7. [Crossref]
 36. Michelis KC, Olin JW, Kadian-Dodov D, d'Escamard V, Kovacic JC. Coronary artery manifestations of fibromuscular dysplasia. *Journal of the American college of Cardiology*. 2014;64(10):1033-46. [Crossref]
 37. Salum E, Kampus P, Zilmer M, Eha J, Butlin M, Avolio AP, et al. Effect of vitamin D on aortic remodeling in streptozotocin-induced diabetes. *Cardiovascular diabetology*. 2012;11:1-8. [Crossref]
 38. Oz F, Cizgici AY, Topuz M, Uysal OK, Kaplan M, Sen O, et al. Vitamin D insufficiency is associated with coronary artery tortuosity. *Polish Heart Journal (Kardiologia Polska)*. 2017;75(2):174-80. [Crossref]
 39. Dewhurst C. *Heart rate variability measurements obtained from the routinely monitored neonatal electrocardiogram*. The University of Liverpool (United Kingdom); 2012.
 40. Nguyen TN, Colombo A, Hu D, Grines CL, Saito S. *Practical handbook of advanced interventional cardiology: tips and tricks*. John Wiley & Sons; 2009.
 41. Bonzel T, Wollschläger H, Kasper W, Meinertz T, Just H. The sliding rail system (monorail): description of a new technique for intravascular instrumentation and its application to coronary angioplasty. *Zeitschrift für Kardiologie*. 1987;76:119-22.
 42. Kern MJ, Lim MJ, Sorajja P. *The Interventional Cardiac Catheterization Handbook E-Book*: Elsevier Health Sciences; 2017.
 43. Yoav Turgeman M, Shaul Atar M, Khalid Suleiman M, Alexander Feldman M, Lev Bloch M, Freedberg NA, et al. *Diagnostic and Therapeutic Percutaneous Cardiac Interventions Without On-Site Surgical Backup±Review of 11 Years Experience*. 2003.
 44. Poon K, Bell B, Raffel OC, Walters DL, Jang I-K. Spontaneous coronary artery dissection: utility of intravascular ultrasound and optical coherence tomography during percutaneous coronary intervention. *Circulation: Cardiovascular Interventions*. 2011;4(2):e5-e7. [Crossref]
 45. Saw J, Poulter R, Fung A, Wood D, Hamburger J, Buller CE. Spontaneous coronary artery dissection in patients with fibromuscular dysplasia: a case series. *Circulation: Cardiovascular Interventions*. 2012;5(1):134-7. [Crossref]
 46. Saw J, Ricci D, Starovoytov A, Fox R, Buller CE. Spontaneous coronary artery dissection: prevalence of predisposing conditions including fibromuscular dysplasia in a tertiary center cohort. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2013;6(1):44-52. [Crossref]
 47. Tweet MS, Hayes SN, Pitta SR, Simari RD, Lerman A, Lennon RJ, et al. Clinical features, management, and prognosis of spontaneous coronary artery dissection. *Circulation*. 2012;126(5):579-88. [Crossref]
 48. Alfonso F, Paulo M, Lennie V, Dutary J, Bernardo E, Jiménez-Quevedo P, et al. Spontaneous coronary artery dissection: long-term follow-up of a large series of patients prospectively managed with a "conservative" therapeutic strategy. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2012;5(10):1062-70. [Crossref]
 49. Saw J, Aymong E, Sedlak T, Buller CE, Starovoytov A, Ricci D, et al. Spontaneous coronary artery dissection: association with predisposing arteriopathies and precipitating stressors and cardiovascular outcomes. *Circulation: Cardiovascular Interventions*. 2014;7(5):645-55. [Crossref]
 50. Rogowski S, Maeder MT, Weilenmann D, Haager PK, Ammann P, Rohner F, et al. Spontaneous coronary artery dissection: angiographic follow up and long term clinical outcome in a predominantly medically treated population. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2017;89(1):59-68. [Crossref]
 51. Yip A, Saw J. Spontaneous coronary artery dissection—a review. *Cardiovascular diagnosis and therapy*. 2015;5(1):37.
 52. Sheikh AS, Michael O. Pregnancy-related spontaneous coronary artery dissection: two case reports and a comprehensive review of literature. *Heart Views*. 2012;13(2):53-65. [Crossref]
 53. Lettieri C, Zavalloni D, Rossini R, Morici N, Etori F, Leonzi O, et al. Management and long-term prognosis of spontaneous coronary artery dissection. *The American journal of cardiology*. 2015;116(1):66-73. [Crossref]
 54. Nakashima T, Noguchi T, Haruta S, Yamamoto Y, Oshima S, Nakao K, et al. Prognostic impact of spontaneous coronary artery dissection in young female patients with acute myocardial infarction: A report from the Angina Pectoris-Myocardial Infarction Multicenter Investigators in Japan. *International journal of cardiology*. 2016;207:341-8. [Crossref]
 55. Luong C, Starovoytov A, Heydari M, Sedlak T, Aymong E, Saw J. Clinical presentation of patients with spontaneous coronary artery dissection. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2017;89(7):1149-54. [Crossref]
 56. Saw J, Mancini GJ, Humphries K, Fung A, Boone R, Starovoytov A, et al. Angiographic appearance of spontaneous coronary artery dissection with intramural hematoma proven on intracoronary imaging. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2016;87(2):E54-E61. [Crossref]
 57. Alfonso F, Paulo M, Gonzalo N, Dutary J, Jimenez-Quevedo P, Lennie V, et al. Diagnosis of spontaneous coronary artery dissection by optical coherence tomography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2012;59(12):1073-9. [Crossref]
 58. Nienaber CA, Powell JT. Management of acute aortic syndromes. *European heart journal*. 2012;33(1):26-35. [Crossref]
 59. Collaboration AT. Collaborative meta-analysis of randomised trials of antiplatelet therapy for prevention of death, myocardial infarction, and stroke in high risk patients. *Bmj*. 2002;324(7329):71-86. [Crossref]
 60. Anderson JL, Adams CD, Antman EM, Bridges CR, Califf RM, Casey DE, et al. ACC/AHA 2007 guidelines for the management of patients with unstable angina/non-ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 2002 Guidelines for the Management of Patients With Unstable Angina/Non-ST-Elevation Myocardial Infarction) developed in collaboration with the American College of Emergency Physicians, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society of Thoracic Surgeons endorsed by the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Society for Academic

- Emergency Medicine. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;50(7):e1-e157. [\[Crossref\]](#)
61. Amsterdam EA, Wenger NK, Brindis RG, Casey Jr DE, Ganiats TG, Holmes Jr DR, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*. 2014;130(25):2354-94. [\[Crossref\]](#)
 62. Saw J. Spontaneous coronary artery dissection. *Canadian Journal of Cardiology*. 2013;29(9):1027-33. [\[Crossref\]](#)
 63. Atıcı A, Barman HA, Ertürk E, Baycan OF, Fidan S, Demirel KC, et al. Multilayer longitudinal strain can help predict the development of no-reflow in patients with acute coronary syndrome without ST elevation. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2019;35:1811-21. [\[Crossref\]](#)
 64. Vyshlov EV, Krylov AL, Syrkina AG, Alexeeva YV, Demyanov SV, Baev AE, et al. [Not Available]. *Kardiologija*. 2019;59(2):5-9. [\[Crossref\]](#)
 65. Kuno T, Sugiyama T, Imaeda S, Hashimoto K, Ryuzaki T, Yokokura S, et al. Novel insights of jailed balloon and jailed corsair technique for percutaneous coronary intervention of bifurcation lesions. *Cardiovascular Revascularization Medicine*. 2019;20(12):1065-72. [\[Crossref\]](#)
 66. Briguori C, Visconti G, Golino M, Focaccio A, Signoriello G. Sirolimus eluting BLOSS LIM dedicated bifurcation stent in the treatment of unprotected distal left main stenosis. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2019;94(3):323-31. [\[Crossref\]](#)
 67. Ripa C, Melatini MC, Olivieri F, Antonicelli R. Myocardial bridging: A 'forgotten' cause of acute coronary syndrome - a case report. *Int J Angiol*. 2007;16(3):115-8. [\[Crossref\]](#)
 68. Forsdahl SH, Rogers IS, Schnittger I, Tanaka S, Kimura T, Pargaonkar VS, et al. Myocardial Bridges on Coronary Computed Tomography Angiography - Correlation With Intravascular Ultrasound and Fractional Flow Reserve. *Circ J*. 2017;81(12):1894-900. [\[Crossref\]](#)
 69. Tremmel JA, Schnittger I. Myocardial bridging. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(20):2178-9. [\[Crossref\]](#)
 70. Escaned J, Cortés J, Flores A, Goicolea J, Alfonso F, Hernández R, et al. Importance of diastolic fractional flow reserve and dobutamine challenge in physiologic assessment of myocardial bridging. *J Am Coll Cardiol*. 2003;42(2):226-33. [\[Crossref\]](#)
 71. Yoshino S, Cassar A, Matsuo Y, Herrmann J, Gulati R, Prasad A, et al. Fractional flow reserve with dobutamine challenge and coronary microvascular endothelial dysfunction in symptomatic myocardial bridging. *Circ J*. 2014;78(3):685-92. [\[Crossref\]](#)
 72. Lin S, Tremmel JA, Yamada R, Rogers IS, Yong CM, Turcott R, et al. A novel stress echocardiography pattern for myocardial bridge with invasive structural and hemodynamic correlation. *J Am Heart Assoc*. 2013;2(2):e000097. [\[Crossref\]](#)
 73. Hartnell GG, Parnell BM, Pridie RB. Coronary artery ectasia. Its prevalence and clinical significance in 4993 patients. *Br Heart J*. 1985;54(4):392-5. [\[Crossref\]](#)
 74. Mavrogeni S, Manoussakis MN, Karagiorga TC, Douskou M, Panagiotakos D, Bournia V, et al. Detection of coronary artery lesions and myocardial necrosis by magnetic resonance in systemic necrotizing vasculitides. *Arthritis Rheum*. 2009;61(8):1121-9. [\[Crossref\]](#)
 75. Mavrogeni S, Papadopoulos G, Douskou M, Kaklis S, Seimenis I, Baras P, et al. Magnetic resonance angiography is equivalent to X-ray coronary angiography for the evaluation of coronary arteries in Kawasaki disease. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43(4):649-52. [\[Crossref\]](#)
 76. Mavrogeni SI, Manginas A, Papadakis E, Foussas S, Douskou M, Baras P, et al. Correlation between magnetic resonance angiography (MRA) and quantitative coronary angiography (QCA) in ectatic coronary vessels. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2004;6(1):17-23. [\[Crossref\]](#)
 77. Mavrogeni SI, Manginas A, Papadakis E, Douskou M, Cokkinos D, Katsiva V, et al. Coronary flow evaluation by TIMI frame count and magnetic resonance flow velocity in patients with coronary artery ectasia. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2005;7(3):545-50. [\[Crossref\]](#)
 78. Duissailant GR, Mintz GS, Pichard AD, Kent KM, Satler LF, Popma JJ, et al. Intravascular ultrasound identification of calcified intraluminal lesions misdiagnosed as thrombi by coronary angiography. *Am Heart J*. 1996;132(3):687-9. [\[Crossref\]](#)
 79. Lee JB, Mintz GS, Lissauskas JB, Biro SG, Pu J, Sum ST, et al. Histopathologic validation of the intravascular ultrasound diagnosis of calcified coronary artery nodules. *Am J Cardiol*. 2011;108(11):1547-51. [\[Crossref\]](#)
 80. 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. [\[Crossref\]](#)
 81. Higuma T, Soeda T, Abe N, Yamada M, Yokoyama H, Shibutani S, et al. A Combined Optical Coherence Tomography and Intravascular Ultrasound Study on Plaque Rupture, Plaque Erosion, and Calcified Nodule in Patients With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction: Incidence, Morphologic Characteristics, and Outcomes After Percutaneous Coronary Intervention. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8(9):1166-76. [\[Crossref\]](#)
 82. Lee T, Mintz GS, Matsumura M, Zhang W, Cao Y, Usui E, et al. Prevalence, Predictors, and Clinical Presentation of a Calcified Nodule as Assessed by Optical Coherence Tomography. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(8):883-91. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2

KORONER GİRİŞİM

BÖLÜM 2.1

KILAVUZ TELLER VE KORONER BALONLAR

Cüneyt KOÇAŞ
Ömer DOĞAN

Kılavuz Teller ve Koroner Balonlar

Guides Wires and Coronary Balloons

BÖLÜM HAKKINDA

Koroner kılavuz teller ve balonlar, perkütan koroner girişimlerde (PKG) temel araçlar olarak kritik bir rol oynar. Kılavuz tellerin yapısı, işlevi ve malzemesi, tellerin kullanım amacına göre büyük farklılık gösterir. Paslanmaz çelik ve nitinol gibi materyaller, tellerin esneklik ve destek gücü arasında denge sağlar. Workhorse tellerden stiff-tip tellere kadar çeşitli kılavuz tel tipleri, spesifik klinik durumlar için tasarlanmıştır. Polimer kaplı teller, tortiyöz damarlar ve KTO lezyonlarında tercih edilirken, support telleri kateterlerin ilerletilmesini kolaylaştırır. Aynı şekilde, koroner balonlar da lezyon modifikasyonu, stent genişletme, ilaç salınımı ve litotripsisi gibi spesifik amaçlarla tasarlanmıştır. Semi-kompliyan ve non-kompliyan balonlar, yüksek basınçlı balonlar ve intrakoroner litotripsisi balonları gibi çeşitli balon türleri, PKG prosedürlerinin başarısını artırmak için kullanılır. Bu teknolojilerdeki gelişmeler, daha güvenli ve etkili sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Kılavuz tel, koroner balon

ABOUT the CHAPTER

Guidewires and coronary balloons play a crucial role in percutaneous coronary interventions (PCI) as fundamental tools. The structure, function, and material of guidewires vary significantly depending on their intended use. Materials such as stainless steel and nitinol provide a balance between flexibility and support strength. Various types of guidewires, ranging from workhorse wires to stiff-tip wires, are designed for specific clinical situations. Polymer-coated wires are preferred for tortuous vessels and chronic total occlusions (CTO), while support wires facilitate the advancement of catheters. Similarly, coronary balloons are designed for specific purposes including lesion modification, stent expansion, drug delivery, and intravascular lithotripsy. Different balloon types, such as semi-compliant and non-compliant balloons, high-pressure balloons, and intravascular lithotripsy balloons, are employed to enhance the success of PCI procedures. Advances in these technologies contribute to achieving safer and more effective outcomes.

Keywords: Guide wire, coronary stent

Günümüzde kullanımda olan çok fazla sayıda ve özellikte kılavuz tel mevcuttur. Tellerin uzunluğu uygulanacak işleme göre değişmektedir. Standart koroner kılavuz teller 175 cm veya 300 cm'den oluşur. Kısa teller daha çok monorail sistemlerde kullanılır ve bu teller kateterden yaklaşık 30-40 cm kadar daha uzundur. Uzun teller ise over-the-wire sistemlerde, sık tel değişiminin gerektiği kompleks girişimlerde tercih edilirler.¹ Kılavuz tellerin yapısı ve bileşenleri 3 ana komponentten oluşmaktadır^{1,2}:

1-Telin merkezi gövdesi (core) 2-Dış yüzey 3-Distal uç

Üç komponentin birleşimi telin karakteristik özelliğini belirlemektedir. Tellerin gövde materyali, gövde çapı, gövdenin incelme özelliği, distal uç tipi, kılıf (cover) ve sarmal yay (coil) ve dış yüzey kaplaması gibi parametreler kullanım hedefine göre değişiklik göstermektedir.³ Tellerin merkezi çekirdeği, sıklıkla paslanmaz çelik veya nitinolden oluşmaktadır. Paslanmaz çelik telin destek gücünü artırır ve şekil verebilme özelliği fazladır. Fleksibilitesi az olup, kolay katlanırlar. Nitinol ise nikel ve titanyum alaşımı olup, fleksibilite ve bükülebilirlikleri çok fazladır. Perkutan koroner girişimlerde (PKG) kullanılan kılavuz teller sıklıkla 0.014 inç çapındadırlar. Ancak kullanım hedeflerine göre 0.008 ile 0.018 inç arası merkezi çekirdek çaplarında teller mevcuttur. Daha geniş çaplı teller girişimsel cihazların ilerletilmesine daha iyi destek sağlarlar ve tortiyöz damarların düz-



Cüneyt Koças¹

Ömer Doğan²

¹Biruni Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

²İstinye Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-posta: info@cuneytkocas.com
omrdgr@gmail.com

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Koças C, Doğan Ö. Kılavuz teller ve koroner balonlar. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 60-65.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

leştirilmesinde etkilidirler. 0.014 inç olan kılavuz teller 7 grupta incelenebilir⁴:

1. Workhorse teller
2. Polimer kaplı teller
3. Stiff-tip teller
4. Support-destek telleri
5. Aterektomi telleri
6. Externalizasyon telleri
7. Basınç telleri

Sık kullanılan bazı tellerin özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

Workhorse Teller

Workhorse teller sıklıkla non-KTO(kronik total oklüzyon) lezyonlarda kullanılırlar. 2 temel özellikleri bulunur:

- 1- Yumuşak uçlu olmaları (uç ağırlığı 1 gr veya daha az)
- 2- Polimer kılıflarının olmaması

Workhorse tellerin bu özelliği telin ve kullanılan cihazların ilerletilmesi esnasında damar yaralanması (perforasyon ve diseksiyon) riskini azaltmaktadır. Polimer kaplı veya stiff (sert) tellerin kullanıldığı durumlarda, cihazların ilerletilmesinde workhorse teller ile değişim yapılmalıdır.^{4,5}

Workhorse tellerin diğer özellikleri:

- 1- Hidrofilik kaplama: birçok workhorse tel, hidrofilik kaplamaya sahiptir. Bu sayede damar içerisinde kolay ilerletmeler ancak damar yaralanması riski artmaktadır.⁵
- 2- Gövde materyali: birçok workhorse tel paslanmaz çelikten yapılmıştır. Ancak nitinolden oluşanlarda vardır.^{3,5}
- 3- Telin uç özelliği: 2 tip distal uç bulunur. 'Shaping ribbon' denilen tasarımda, merkezi kısmı distale doğru inceliyor sonuna ulaşmadan sonlanır. Telin distalindeki bu boş alan metal parça ile tamamlanır. Böylece telin yumuşaklık ve fleksibilitesi artarken, tork yeteneği azalmıştır. 'Core-to-tip' tasarımda ise telin yönlendirilebilirliği ve distal uç kısmı kontrolü oldukça iyidir. Damar yaralanma riskini azaltacak şekilde uç kısmı yumuşaktır ve dirençli lezyonlardan geçişe elverişli şekilde artan sertlik derecelerinde tasarlanmıştır.⁶

Polimer Kılıf İçeren Teller

Bu tellerin tüm yüzeyleri kaygan özellikteki polimer ile kaplıdır. Bu özellik sayesinde tortiyöz damarların tellenmesinde ve KTO PKG işlemlerinde kollateral damarlarda ilerletilmesinde kolaylık sağlar. Ancak distal damar perforasyonu ve subintimal diseksiyon gibi komplikasyon riski içerirler. Bu teller ihtiyaç halinde kompleks lezyonlarda daha çok tercih edilmelidir, balon ve stent gibi cihazların ilerletilmesinde workhorse tellerle değiştirilmelidir. 3 major gruba ayrılırlar: soft nontapered olanlar daha çok non-KTO lezyonlarda kullanılırken; soft tapered (uç kısmı gittikçe incelen) ve stiff (sert) yapıda olanlar daha çok KTO lezyonlarda kullanılırlar.⁷

Stiff-Tip (Sert) Teller

Dirençli proksimal cap'e sahip KTO PKG'lerde kullanılmak üzere dizayn edilmişlerdir. Bu grupta Gaia (Asahi Intecc) ve Judo (Boston Scientific) gibi sert, tapered tip ve orta penetrasyon gücüne sahip teller bulunur. Ayrıca Confianza Pro 12 (Asahi Intecc), Hornet 14

(Boston Scientific) ve Warrior (Teleflex) gibi sert, tapered tip, güçlü penetrasyon özelliğine sahip teller de bu grupta yer alır.⁸

Support Teller

Bu teller güçlü, destekleyici özellikte ve yumuşak uçlara sahiptir. Taşıyıcı sistemlerin ilerletilmesini veya kateter ilerletilmesini sağlarlar. BHW, Extra Support, All Star ve Iron Man (Abbott Vascular), Sion Blue extra support ve Grand Slam (Asahi Intecc) bu grupta yer alır. Wiggle teller ise distal ucunda 3 defleksiyon sistemine sahip olan tek support teldir.^{4,9}

Aterektomi Telleri

Aterektomi, rotablasyon için kullanılan Rotawire (floppy ve extra-support) ve orbital aterektomi için Viper gibi özel teller gerektirir.¹⁰

Externalizasyon Telleri

RG3 (330 cm, uzun, Asahi Intecc) ve R350 (350 cm, uzun, Teleflex) gibi teller KTO PKG lerde externalizasyon amaçlı kullanılmaktadır.¹¹

Basınç Telleri

Fraksiyone flow rezerve (FFR) gibi koroner fizyolojinin değerlendirildiği durumlarda kullanılan Verrata, Omniwire (Philips), Pressurewire X (Abbott Vascular) gibi tellerdir.¹²

Koroner Balonlar

Koroner balonlar, PKG'lerde plak modifikasyonu amacıyla kullanılan temel cihazlardır. Bunun yanı sıra stent ekspansiyonu, damar duvarına ilaç taşınması, trap yöntemi ve intravasküler litotripsi işlemlerinde de balonlar kullanılmaktadır. Balonlar 8 gruba ayrılmaktadır.^{1,13}

- 1- Standart balonlar
- 2- Küçük balonlar
- 3- Plak modifikasyon balonları
- 4- Trapping balonları
- 5- Osteal flash balonları
- 6- İlaç kaplı balonlar
- 7- Çok yüksek basınçlı balonlar
- 8- İntrakoroner litotripsi balonları

Standart Balonlar

Standart balonlar semi-kompliyan ve non-kompliyan balonlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Semi-kompliyan balonların fleksibilitesi ve koroner içerisinde ilerletilebilirliği fazladır. Non-kompliyan balonlar ise ilerletilebilirliği zor olmasına rağmen yüksek basınçlarda bile belli seviyenin üzerinde ekspansiyon olmazlar ve tipik olarak stent post-dilatasyonu ve semi-kompliyan balon ile dilate edilemeyen lezyonlarda kullanılır.^{14,15}

Küçük Profilli Balonlar

Bu balonlar lezyon geçişinin zor olduğu (standart balonların geçemediği veya jail olan yan dal) durumlarda kullanılır. Sapphire Pro (Orbus Neich), Ikazuchi Zero (Kaneka), Ryurei (Terumo) ilk tercih olarak kullanılabilir. 1.0 mm balonlardır. Nano 0.85 mm balon ise şuan Avrupa'da bulunan en düşük profilli balondur.^{4,16}

Plak Modifikasyon Balonlar

Bu balonlar 'score' olarak dizayn edilmişlerdir ve lezyon modi-

fikasyonu sağlayarak ekspansiyonu kolaylaştırırlar. Angiosculpt (Philips), Chocolate (Teleflex), Wolverine cutting balon (Boston Scientific) ve Blimp (IMDS) bu amaçla kullanılan balonlardır.^{8,17}

| Tablo 1. Yaygın Kullanılan Bazı Koroner Kılavuz Tellerin Özellikleri | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------------|----------------|-------------|--------------|------------------|--|
| Kullanım tekniği | Kılavuz tel | Kaplama | Uç morfolojisi | Uç ağırlığı | Uç kalınlığı | Penetrasyon gücü | Özellikler |
| Workhorse teller | Balance Middle Weight(BMW) | Hidrofilik | Non-tapered | 0.6 g | 0.014 inch | Düşük | Perforasyon ve diseksiyon riskleri azdır. |
| | Runthrough NS floppy | Hidrofilik | Non-tapered | 1.0 g | 0.014 inch | Düşük | |
| Sliding (mikrokanal tarama amaçlı teller) | Fielder FC | Hidrofilik-polimer kaplı | Non-tapered | 0.8g | 0.014 inch | Düşük | İleri derecede kaygan, tortuöz damarlarda geçiş sağlar |
| | Fielder XT | Hidrofilik polimer kaplı | Tapered | 1g | 0.09 inch | Düşük | |
| | Fielder XT-A | Hidrofilik polimer kaplı | Tapered | 1gr | 0.09 inch | Düşük | Kompozit core teknolojisi ile daha iyi tork kontrolü sağlar |
| | Fielder XT-R | Hidrofilik polimer kaplı | Tapered | 0.6 gr | 0.09 inch | Düşük | |
| Drilling teknik için kullanılan teller | Miracle 6 | Hidrofobik | Non-tapered | 6 gr | 0.014 inch | Orta | İyi taktil feedback |
| | Ultimate Bros-3 | Hidrofilik | Non-tapered | 3gr | 0.014 inch | Orta | İyi taktil feedback, iyi itilebilirlik |
| Penetrasyon telleri | Miracle 12 | Hidrofobik | Non-Tapered | 12 gr | 0.014 inch | Yüksek | İyi taktil feedback |
| | Conquest Pro 9 | Hidrofilik | Tapered | 9 gr | 0.09 inch | Yüksek | Sert ve incelen ucu zorlu kalsifik lezyonlara penetrasyon sağlar |
| | Conquest 12 | Hidrofilik | Tapered | 12 gr | 0.09 inch | Yüksek | Sert ve incelen ucu zorlu kalsifik lezyonlara penetrasyon sağlar |
| | Hornet 10 | Hidrofilik | Tapered | 10 gr | 0.08 inch | Yüksek | Yüksek tork kabiliyeti |
| | Hornet 14 | Hidrofilik | Tapered | 14 gr | 0.08 inch | Yüksek | |
| Gaia ailesi | Gaia-1 | Hidrofilik | Tapered | 1.5 gr | 0.010 inch | Düşük | Yüksek tork kabiliyeti, penetrasyon gücü |
| | Gaia-2 | Hidrofilik | Tapered | 3.5 gr | 0.011 inch | Orta | |
| | Gaia-3 | Hidrofilik | Tapered | 4.5 gr | 0.012 inch | Yüksek | |
| Knuckle telleri | Pilot-50 | Hidrofilik-polimer kaplı | Non-tapered | 1.5 gr | 0.014 inch | Düşük | Fleksibilitesi yüksek |
| | Pilot 200 | Hidrofilik polimer kaplı | Non-tapered | 4.1 gr | 0.014 inch | Orta | Orta-yüksek penetrasyon gücü, büyük knuckle'lar |
| | Sion Balck | Hidrofilik polimer kaplı | Non-tapered | 0.8 gr | 0.014 inch | Düşük | Mükemmel tork kabiliyeti, |
| Kollateral kanal geçişi | Sion | Hidrofilik | Non-tapered | 0.7 gr | 0.014 inch | Düşük | Kaygan |
| | Sion Blue | Hidrofilik | Non-tapered | 0.5 gr | 0.014 inch | Düşük | Yüksek tork ve fleksibilite |
| | Sion Black | Hidrofilik polimer kaplı | Non-tapered | 0.8 gr | 0.014 inch | Düşük | Mükemmel tork kabiliyeti, |
| | Suoh-3 | Hidrofilik | Non-tapered | 0.3gr | 0.014 inch | Düşük | Yüksek tork ve lümen takibi |
| Externalizasyon | RG-3 | Hidrofilik | Non-tapered | 3 gr | 0.010 inch | Orta | Katater giriş çıkışları için uygun |
| | R350 | Hidrofilik | Non-tapered | 3 gr | 0.013 inch | Orta | Mükemmel itilebilirlik |

Angiosculpt Balon

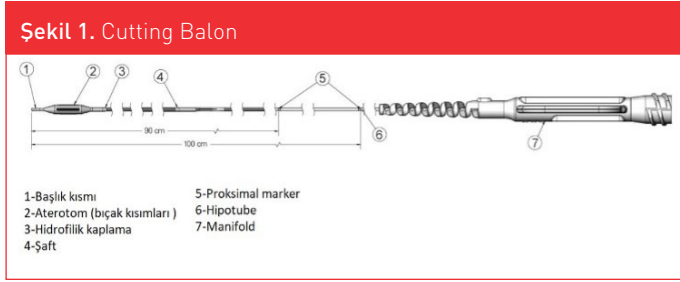
Angiosculpt scoring balon kateter, balon ditasyonu esnasında hedef lezyonda score amacıyla nitinolden oluşan 3 strut ile sarılmıştır. Cutting balon ile kıyaslandığında, angiosculpt balon düşük geçiş profiline ancak yüksek scoring yeteneğine sahiptir.¹⁸

Chocolate Balon

Angiosculpt aksine, nitinolden oluşan kafes ile sarılıdır. Balon şişirildiğinde kafes, balonun tüm lezyon boyunca oluk oluşturmaya neden olur. Bu oluklar, küçük diseksiyonlar oluşturarak efektif dilatasyonu kolaylaştırır.¹⁹

Cutting Balon

Wolverine cutting balon, balonun yüzeyinden 0,05 inç çıkıntı yapan ve fibrokalsifik doku boyunca üç veya dört endovasküler radyal insizyon oluşturarak hedef lezyonu modifikasyonu yapan ve böylece geleneksel balonlarla daha fazla ekspansiyona izin veren aterotomlar içerir (Şekil 1). Ayrıca stent sonrası veya spontan koroner diseksiyonlarda gelişen intramural hematomların rahatlatılıp tedavi edilmesinde de kullanılır. Cutting balonlar yüksek geçiş profiline sahiptir ve balonların şişirilmesi çok dikkatli yapılmalıdır (her 5 sn'de 1 atm).²⁰



Blimp Balon

Blimp scoring balonlar, koroner kılavuz telle bitişik 5 mm uzunluğunda 0.6 mm çapında kısa distal monorail sisteme sahiptir. Sıkı vasküler stenozların açılmasında, yüksek patlama basıncına sahiptirler (nominal 25 atm ve patlama basıncı 30 atm). Bu balonlar, balonun hemen distalinde bulunan ve balon boyunca konumlanan kılavuz tel aracılığıyla cihazın ucundan geriye doğru plak üzerine kuvvet uygulayarak lezyon modifikasyonu yapar.^{4,8}

Trapping Balonları

Trapping işlemi standart balonlarla uygulanabilir ancak özel trapping balonları bu işlem için daha uygundur (geçiş profilleri düşük olmasına rağmen bükülme ve deformasyona dayanıklıdır). Trapper ve Trap it bu işlem için kullanılacak balonlardır.^{4,21}

Ostial Flash Balonlar

Parlaklıkları sayesinde aorto-ostial stent uygulamalarında stenti doğru konumlandırılmasında kullanılan balonlardır.²²

İlaç Kaplı Balonlar

Şişirilmeleri sırasında damar duvarına yayılan ilaç (sıklıkla paclitaxel veya sirolimus) salınımı sağlarlar ve restenoz riskini azaltırlar.

Sıklıkla stent restenozlarında kullanılırlar ancak bifurkasyon lezyonları ve küçük damar darlıklarında da kullanılırlar.^{23,24}

Çok Yüksek Basınçlı Balonlar

OPN NC balon (SIS Medical), çok yüksek basınçlara çıkabilen (40 atm) özel bir tür NC balondur. Birçok ülkede bulunmamaktadır.²⁵

İntrakoroner Litotripsi Balonları

İntrakoroner litotripsi sistemi (Shockwave Medical), ileri derece sıkı vasküler darlıkların tedavisinde ultrasonik şok dalgaları ile tedavi sağlayan sistemdir. Yakın zamanda kullanımı artış göstermiştir. Balon ile dilate edilemeyen darlıkların tedavisinde kullanılır.²⁶

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Kern, Morton J., Paul Sorajja, and Michael J. Lim. *Cardiac catheterization handbook*. Elsevier Health Sciences, 2015.
2. Ellis, Stephen Geoffrey, and David R. Holmes, eds. *Strategic approaches in coronary intervention*. Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
3. Topol, E. J., & Teirstein, P.S. (2015). *Textbook of interventional cardiology E-Book*. Elsevier Health Sciences.
4. Brilakis, E. (2020). *Manual of percutaneous coronary interventions: a step-by-step approach*. Academic Press.
5. Grossman, W. (2006). *Grossman's cardiac catheterization, angiography, and intervention*. Lippincott Williams & Wilkins.
6. Erglis, A. (2010). Coronary guidewires. *EuroIntervention*, 6(1), 168-169. [Crossref]
7. Tóth GG, Yamane M, Heyndrickx GR. How to select a guidewire: technical features and key characteristics. *Heart* 2015;101:645- 52. [Crossref]
8. Brilakis ES. Manual of coronary chronic total occlusion interventions. *A step-by-step approach*. 2nd ed. Cambridge, MA: Elsevier; 2017
9. Lee S-W, Lee PH, Ahn J-M, et al. Randomized trial evaluating percutaneous coronary intervention for the treatment of chronic total occlusion. *Circulation* 2019;139:1674-83. [Crossref]
10. Sakakura, K., Momomura, S. I., & Fujita, H. (2019). The RotaWire may be spinning in rotational atherectomy under the maximum rotational speed. *Cardiovascular Intervention and Therapeutics*, 34(2), 182-183. [Crossref]
11. Brilakis, E. S. (2016). What Equipment Should Be Available?. In *Percutaneous Intervention for Coronary Chronic Total Occlusion* (pp. 19-31). Springer, Cham. [Crossref]
12. Beygui, F, Lemaitre, A., Bignon, M., et al. (2020). A head to head comparison of three coronary fractional flow reserve measurement technologies: The fractional flow reserve device study. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 95(6), 1094-1101. [Crossref]
13. Libby, P, Bonow, R. O., Mann, et al. (2021). *Braunwald's Heart Disease-E-Book: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. Elsevier Health Sciences.
14. Fischman, D. L., Leon, M. B., Baim, D. S., et al. (1994). A randomized

- comparison of coronary-stent placement and balloon angioplasty in the treatment of coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*, 331(8), 496-501. [\[Crossref\]](#)
15. Alfonso, F., Pérez-Vizcayno, M. J., Cuesta, J., et al. (2018). 3-year clinical follow-up of the RIBS IV clinical trial: a prospective randomized study of drug-eluting balloons versus everolimus-eluting stents in patients with in-stent restenosis in coronary arteries previously treated with drug-eluting stents. *JACC: Cardiovascular Interventions*, 11(10), 981-991. [\[Crossref\]](#)
 16. Nestelberger, T., & Jeger, R. (2019). Drug-coated balloons for small coronary vessel interventions: a literature review. *Interventional Cardiology Review*, 14(3), 131. [\[Crossref\]](#)
 17. Demola, P., Ristalli, F., Hamiti, B., et al. (2020). New advances in the treatment of severe coronary artery calcifications. *Cardiology Clinics*, 38(4), 619-627. [\[Crossref\]](#)
 18. Singh, H. S., & Moses, J. W. (2010). AngioSculpt® scoring balloon catheter: an atherotomy device for coronary and peripheral interventions. *Interventional Cardiology*, 2(4), 469.A [\[Crossref\]](#)
 19. Sirignano, P., Mansour, W., d'Adamo, A., et al. (2018). Early experience with a new concept of angioplasty nitinol-constrained balloon catheter (Chocolate®) in severely claudicant patients. *CardioVascular and Interventional Radiology*, 41(3), 377-384. [\[Crossref\]](#)
 20. Liu, W., Yao, Y., Jiang, Z., Tian, L., Song, B., Liu, H., ... & Wei, F. (2022). 3-Year outcomes in patients with heavily calcified lesions undergoing percutaneous coronary intervention using cutting balloons. *BMC cardiovascular disorders*, 22(1), 1-9. [\[Crossref\]](#)
 21. Righetti, S., Tresoldi, S., Calchera, I., et al. (2022). Innovative guide extension catheter trapping technique to retrieve a lost stent from a coronary artery. *Case Reports*, 4(7), 411-414. [\[Crossref\]](#)
 22. Sanghvi, K. A., Morris, T., & Kovach, R. (2016). CRT-200.17 Optimal Aorto-ostial Lesion Treatment With Flash Ostial Balloon Is Feasible and Safe. *JACC: Cardiovascular Interventions*, 9(4S), S7-S7. [\[Crossref\]](#)
 23. Speck, U., Stolzenburg, N., Peters, D., et al. (2016). How does a drug-coated balloon work? Overview of coating techniques and their impact. *The Journal of cardiovascular surgery*, 57(1), 3-11.
 24. Zeller, T., Micari, A., Scheinert, D., et al. (2020). The IN. PACT DEEP clinical drug-coated balloon trial: 5-year outcomes. *Cardiovascular Interventions*, 13(4), 431-443. [\[Crossref\]](#)
 25. Díaz, J. F., Gómez-Menchero, A., Cardenal, R., et al. (2012). Extremely high-pressure dilation with a new noncompliant balloon. *Texas Heart Institute Journal*, 39(5), 635.
 26. Brinton, T. J., Ali, Z. A., Hill, J. M., et al. (2019). Feasibility of shockwave coronary intravascular lithotripsy for the treatment of calcified coronary stenoses: first description. *Circulation*, 139(6), 834-836. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.2

KORONER STENTLER

Okay ABACI
Ömer DOĞAN

Koroner Stentler

Coronary Stents

BÖLÜM HAKKINDA

Perkütan koroner girişimler, ilk balon dilatasyonu uygulamalarından bu yana önemli teknolojik ilerlemeler kaydetmiştir. Akut damar tıkanıklıkları, bare-metal stentler (BMS) ile etkin bir şekilde çözümlenmiş ve daha sonra restenoz oranını minimize etmek amacıyla ilaç kaplı stentler (DES) geliştirilmiştir. Günümüzde mevcut olan DES'ler yüksek güvenlik ve etkinlik sağlasa da, stent trombozu ve restenoz riski tamamen ortadan kalkmış değildir. Stent tasarımında, radyal kuvveti korurken iletilebilirlik ve radyopasiteyi artıran iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir, ancak prosedürel güvenliği ve başarıyı artırmak için daha düşük profilli cihazların geliştirilmesi araştırılmaya devam etmektedir. Biyolojik olarak emilebilir stentler teorik avantajlarına rağmen, geç stent trombozu ile ilgili güvenlik endişeleri nedeniyle geliştirilmeleri durdurulmuştur. Hem mevcut metal stent teknolojisindeki hem de gelecekteki biyolojik olarak emilebilir stentlerdeki ilerlemeler, kendi kendine genişleyen stentlerin gelişimine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Koroner stent

ABOUT the CHAPTER

Percutaneous coronary interventions have undergone significant technological advancements since the early days of balloon angioplasty. Acute vessel occlusions were effectively addressed with bare-metal stents (BMS), followed by the development of drug-eluting stents (DES) to minimize restenosis rates. Although contemporary DES offer excellent safety and efficacy, the risks of stent thrombosis and restenosis have not been entirely eliminated. Improvements in stent design have enhanced deliverability and radiopacity while maintaining radial strength; however, research continues to focus on developing lower-profile devices to further increase procedural safety and success rates. Despite the theoretical advantages of bioresorbable stents, their development has been halted due to ongoing safety concerns related to late stent thrombosis. Advances in both current metallic stent technology and future bioresorbable stent technology suggest the potential for the development of self-expandable stents.



Keywords: Coronary stent



Giriş

Kardiyovasküler hastalıklar tüm dünyada oldukça yaygındır ve milyonlarca insanı etkilemektedir. Perkütan koroner girişim (PKG) ile revaskülarizasyon, stabil koroner arter hastalığında anjinal gerilemesi ve akut koroner sendromlarda majör kardiyak olayları azaltmak amacıyla yıllardan beri uygulanmaktadır.^{1,2} Obstrüktif koroner arter hastalıklarının tedavisinde uzun yıllardan beri koroner arter bypass greftleme yöntemi tek seçenek olarak uygulanmaktaydı. Koroner arterlerde meydana gelen obstrüksiyonu gidermek amacıyla uygulanan ilk perkütan teknik, POBA (plain old balloon angioplasty) olarak adlandırılan balon anjioplastidir. Bu teknik ilkel bir balon dilatasyon kateteri kullanılarak bir insanda angina semptomlarını rahatlatmak amacıyla 1977 yılında Dr. Gruentzig tarafından uygulandı.³ 1986 yılında Puel ve Sigwart, ilk kez self-expandable koroner stenti implante ederek PKG tarihinde yeni bir dönüm noktası oluşturdular. Ertesi yıl Palmaz ve Schatz, Amerika Birleşik Devletleri'nde ilk FDA onaylı stent olan balon-expandable bir stent geliştirdi.⁴

Dr Gruentzig tarafından uygulanan POBA yöntemi plak fissürü yoluyla damar obstrüksiyonunu gidermede etkiliydi ancak akut damar tıkanmaları, restenoz ve damarda meydana gelen erken recoil nedeniyle sınırlı kullanıma sahipti.³ Restenoz oranları balonla

Okay Abacı¹ 
Ömer Doğan² 

¹Biruni Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

²İstinye Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-posta: info@okayabaci.com,
omrdgr@gmail.com

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Abacı O, Doğan Ö. Koroner stentler. Ersanlı M, (Ed.) *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 66-72.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

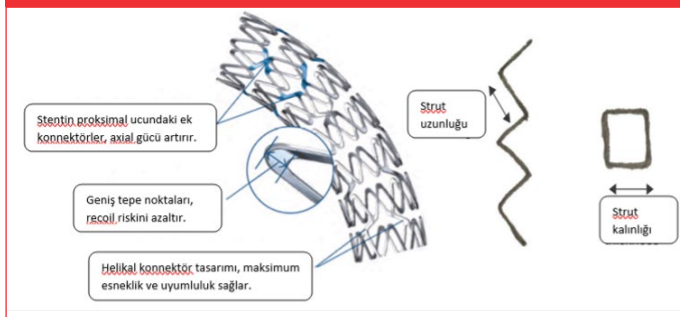
tedavi edilen hastalarda %30 ila 50 düzeylerine ulaşması ile bu sınırlamaların üstesinden gelmek amacıyla metalik stentler geliştirildi. Stentler başlangıçta POBA sonucu gelişen akut damar tıkanıklığı ve diseksiyon gibi durumlarda bail-out (kurtarıcı) strateji ve işlem başarısını artırmak amaçlı kullanılmaktaydı. Ancak ilerleyen yıllarda POBA'ya kıyasla düşük restenoz oranlarıyla birlikte PKG için standart yöntem haline geldi.⁵

STENT YAPISI VE SINIFLANDIRILMASI

Koroner stentler balon dilatasyon sonrası arteriyel re-coil ve restenozu önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Stentler; çıplak metal stent (BMS), ilaç salımlı stentler (DES) ve biyoemilebilir vascular scaffold (BRS) olmak üzere 3 grupta sınıflandırılabilir.⁵

İdeal bir metalik stent, uzun süreli takip sırasında düşük neointimal hiperplazi ve stent trombozu oranları sağlamak için iyi bir esnekliğe ve uygulanabilirliğe, düşük trombojeniteye, güçlü radyal kuvvete, floroskopi altında iyi radyo-opasiteye ve iyi biyouyumluluğa sahip olmalıdır. Eski nesil stentlerde sıklıkla paslanmaz çelik kullanılsa da; platin-krom, kobalt-krom veya diğer alaşımlar, daha ince strut kalınlığı ile yeterli dayanıklılık ve görünürlük sağlamak için büyük ölçüde paslanmaz çeliğin yerini almıştır. İlaç salımlı stentler genellikle antiproliferatif ilaç salınımını sağlayan polimer kaplama içerir ve daha karmaşık yapıya sahiptirler. Polimer yapı kalıcı veya biyoemilebilir özelliklere sahip olabilir. BRS stentler ise polimer ve antiproliferatif ilaç ile kaplanmış, magnezyum veya poli-L-laktik asit (PLLA) gibi biyolojik olarak emilebilir malzemeden yapılmış bir platformdan oluşur.^{4,5}

Şekil 1. Helikal Stent Dizaynı^a



^aTomberli, Benedetta et al. "A Brief History of Coronary Artery Stents." Revista espanola de cardiologia [English ed.] vol. 71,5 (2018): 312-319 kaynağından uyarlanmıştır.⁴

I. Çıplak Metal Stentler (BMS)

Koroner stentleme için kullanılan ilk stentler çıplak metal stentlerdi ve başlangıçta balon anjiyoplasti sırasında gelişen komplikasyonlar için bail-out strateji olarak kullanıldı. Bu stentlerin çoğu paslanmaz çelikten yapılmıştır ve balon-expandable uygulandılar. Nikel ve titanyum alaşımı olan nitinolden oluşan stentler, self-expandable uygulandılar ancak işlemten 6 ay sonra yüksek stent restenozu ve MI oranları nedeniyle kullanımı terkedildi.⁶

Erken BMS'nin hem cihaz tasarımı hem de biyouyumluluk ile ilgili önemli sınırlamaları vardı. Bu durum, optimal uzun vadeli sonuçları engelleyebilecek ve stent içi restenoz (ISR) ile sonuçlanabilecek faktörler olan neo-intimal hiperplazi ve neo-aterosklerozun

ortaya çıkmasına neden oldu. Çıplak metal stentler (BMS), balon anjiyoplasti ile karşılaştırıldığında restenoz oranlarını azaltsa da, stent içi restenoz (ISR) lezyonların %20-30' unda gelişmeye devam etti. Zaman içerisinde strut kalınlığının azaltılmasının hem endotelizasyonu engelleyebilecek hem de ISR'yi tetikleyecek lokalize inflamatuvar yanıtları azalttığı öğrenildi. Bu durum geliştirilmiş stent teknolojisine ve paslanmaz çelikten, kobalt-krom veya platin-krom alaşımlarından oluşan stentlere geçişe yol açtı. İlerleyen yıllarda kobalt-krom veya platin-krom alaşımlarından oluşan stentler, radyal force'u artırıp stent strutlarında inceltme sağlayarak paslanmaz çeliğin yerini almışlardır ve kullanımı yaygınlaşmıştır. Klinik çalışmalar, stent strut kalınlığındaki azalmanın daha iyi taşınabilirlik, uygunluk ve ISR insidansının azalmasıyla sonuçlandığını göstermiştir.^{4,6}

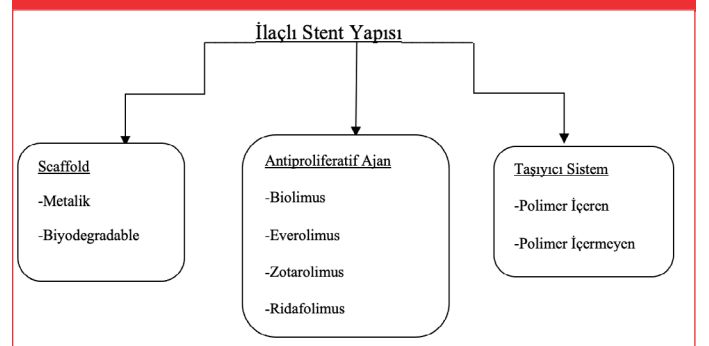
II. İlaç Salımlı Stentler (DES)

Neointimal hiperplazinin ISR'nin ana belirleyicisi olarak tanımlanmasının ardından, stent yapısında antiproliferatif ajanların kullanılması düşünüldü. Ardından stentler kalıcı vasküler iskeletleri olarak işlev görmeyen yanı sıra, kısa sürede lokal antiproliferatif ilaç salınım platformları haline getirildi. DES, her biri yeni nesil cihazlarda değişikliğe tabi tutulmuş üç ana bileşene (antiproliferatif ilaç, stent polimeri ve stent platformu) sahiptir. 1999 yılında Sousa, Brezilya'da ilk DES implantasyonu gerçekleştirdi ve girişimsel kardiyoloji tarihinde üçüncü bir devrime neden oldu.²

1. Birinci Nesil DES

Gelişimleri sırasında devrim niteliğinde olmasına rağmen, birinci nesil DES'ler günümüz standartlarına göre ilkel olarak kabul edilmektedir. Birinci nesil DES'ler; kalıcı metalik bir stent platformu, antienflamatuvar ve/veya antiproliferatif (sirolimus veya paklitaksel) ajan ve bunları ayırıştırıcı polimer olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 2).⁵

Şekil 2. İlaçlı Stent Bileşenleri



Sirolimus ve paklitaksel, ilk nesil DES'lerde başlangıçta kullanılan 2 antiproliferatif ilaçtı [sırasıyla CYPHER (Cordis) ve TAXUS (Boston Scientific)]. Her iki stent de paslanmaz çelikten yapılmıştır, 130 mm'den daha büyük bir strut kalınlığına sahiptir ve BMS ile karşılaştırıldığında ISR, geç lümen kaybı ve hedef damar revaskülarizasyon (TLR) oranında önemli bir azalma gösterdiği çok sayıda randomize kontrollü çalışmada (RCT) test edilmiştir.⁷

Sirolimus Salımlı Stentler (SSS): Sirolimus (rapamisin olarak da bilinir) orijinal olarak bir antifungal ajan olarak tasarlanmıştır, ancak immüno-supresif özellikleri nedeniyle klinik kullanımı sı-

nırlıydı. Bu ajan hücre döngüsü esnasında G1'den S fazına geçişi bloke ederek hücre döngüsü ilerlemesini engeller, böylece neointimal oluşumu baskılar. 2001 yılında, bir SSS ile "ilk insan" deneyimi umut verici sonuçlar verdi ve ticari Cypher stentinin gelişimine yol açtı. Daha sonra büyük randomize kontrollü çalışmalar ile bu stentlerin ISR'yi önlemedeki etkinliği gösterilmiştir [Randomized Study With the Sirolimus-Eluting Bx Velocity Balloon Expandable Stent in the Treatment of Patients With De Novo Native Coronary Artery Lesions (RAVEL) trial, Sirolimus-Eluting Stent in De Novo Native Coronary Lesions (SIRIUS) trial]. Bu çalışmalar bir stentten salınan sitostatik ajanların, PCI uygulanan hastalarda ISR oranını etkili bir şekilde azaltabileceğini ve hedef damar revaskülarizasyon (TLR) oranlarını iyileştirebileceğini göstermiştir. Sonraki çalışmalar, SSS'lerin diyabetik ve unstabil plaklara sahip hastalarda da ISR'yi azalttığını göstermiş olup, klinik endikasyonları daha da genişletmiştir.^{7,8}

Paklitaksel Salınlı Stentler (PSS): Paklitaksel başlangıçta ovaryan kanserlerin tedavisi için onaylandı, ancak güçlü sitostatik özellikleri ilacın DES'lerin yapısında kullanımını sağladı. Paklitaksel, mitoz bölünme esnasında mikrotübülleri stabilize eder. Böylece hücre proliferasyonu ve neointimal oluşumu baskılar. Bu durum TAXUS çalışmaları (trials) olarak bilinen randomize çalışmalara ivme kazandırdı. Özellikle TAXUS V ve VI, karmaşık koroner lezyonları olan yüksek riskli, gerçek dünya hastalarında PSS'lerin uzun vadeli etkinliğini göstermiştir. Paclitaxel-Eluting TAXUS Liberté Stent in De Novo Lesions (TAXUS-ATLAS) çalışmasında kompleks lezyonların tedavisinde de kullanılabileceğini ortaya koymuştur (non-inferiority).^{7,8}

İlaç salınlı stent stratejisinin üstünlüğünün belirlenmesinin ardından çalışmalar birinci nesil stent platformları arasındaki sonuçları karşılaştırmaya odaklandı. Randomize klinik çalışmalardan elde edilen veriler, kısa vadeli takipte majör advers klinik olaylardaki (MACE) azalmalar nedeniyle SSS'in PSS'e göre üstünlüğünü düşündürdü. Ancak 5 yıllık takipler sonucunda her iki stent grubunda benzer klinik sonuçlar elde edildi. 2006 yılında yayınlanan metaanalizde (Camenzind yayınlamış) birinci nesil DES implantasyonu sonucu geç ve çok geç stent trombozu ile ilişkili ölüm, miyokard enfarktüsü (MI) riskinin arttığını gösteren bir meta-analiz yayınlamasıyla bu cihazlara olan güven sarsıldı. Çok geç stent trombozu günümüzde birinci nesil DES'nin olası bir komplikasyonu olarak kabul edilmesine rağmen, nadir görülmektedir. Ardından çok sayıda metaanaliz bu tür cihazların kullanımı hakkında güvene sağlamıştır, ancak kullanımı ciddi oranda azalmıştır. Obstruktif koroner arter hastalığı tedavisinde önemli bir ilerlemeyi temsil etmesine rağmen, birinci nesil DES'lerin yerini büyük ölçüde daha karmaşık yapıda stentler almıştır.^{4,8}

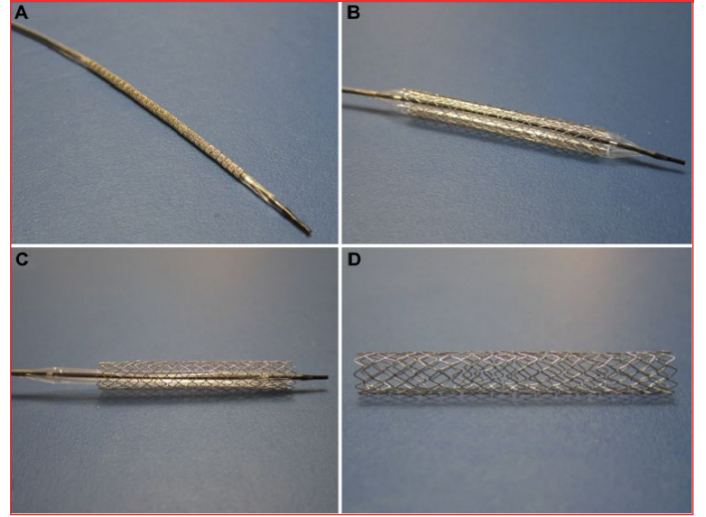
2. İkinci Nesil DES

İkinci nesil DES'lerde platform, strut kalınlığında azalmaya ve daha fazla esnekliğe izin veren metal alaşımlara (örn; kobalt-krom veya platin-krom) çevrildi. Yeni nesil DES'lerinin çoğunluğu, büyük ölçüde karbon atomu üzerinde modifikasyonlara neden olan zotarolimus, everolimus veya biolimus gibi sirolimusa benzer makrosiklik lakton ajanlarını salınımını sağlayan ajanlardan oluşur (Tablo 1)^{4,9}

İkinci nesil DES'lerin birinci nesil DES'lere kıyasla MI, stent trom-

bozu ve hedef damar revaskülarizasyonu (TLR) açısından güvenliği ve etkinliği çok sayıda randomize kontrollü çalışmada değerlendirilmiştir. Bu klinik ilerlemeler göz önüne alındığında ikinci nesil DES'ler dünya çapında en yaygın kullanılan DES haline geldi ve koroner arter hastalığı tedavisinde BMS ve birinci nesil DES'lerin yerini tamamen aldı. Bununla birlikte, büyük teknik iyileştirmelere rağmen, uzun vadeli güvenlikleriyle ilgili endişeler devam etmektedir. Geç ve çok geç stent trombozu BMS'den daha düşük oranla beş yılda %1'den daha az geriledi. Bu durum ikili antiplatelet tedaviye (IATT-DAPT) 1 yıl veya daha uzun süre devam etme ihtiyacını doğurdu. Geç olayların kalıcılığı ve ikili antiplatelet rejiminin süresini ve yoğunluğunu en aza indirme girişimi, yeni nesil stentlerin geliştirilmesini daha da hızlandırdı.¹⁰

Şekil 3. İlaç Salınlı Stent. (A) Balon Uçlu Bir Katetere Takılı Açılmamış Stent. (B) Kateter Düzeneğinde Balon Şişirilmesinden Sonra Expanse Stent. (C) Balonu İndirilmiş Kateter Düzeneğinin Expanse Stentin İçinden Çıkarılması. (D) Açılmış Stent. (10)



2.1. Everolimus Salınlı Stentler (ESS)

Everolimus, rapamisinden (sirolimus) türetilen immünosupresif ve antiproliferatif bir ajandır. Everolimus salınlı stent (ESS) ailesi içerisinde, Promus ve Promus Element (Boston Scientific) stentlerine ek olarak ve Xience (Abbot Vascular) stentleri (V, Prime, Xpedition, Alpine, Sierra) yer alır. Hem Xience V hem de Promus stentleri, BMS eşdeğeri Multi-Link Vision'dan türetilen 81 µm strut kalınlığına sahip bir kobalt-krom platform alaşımına sahiptir. Stentler dayanıklı biyoyumlu akrilik polimer ve everolimus salınan florlu polimer ile kaplanmıştır. Everolimusun yüzde sekseni ilk ay içinde ve tüm ilaç dört ay içinde salınır. Xience V'in yeni versiyonu olan diğer stentler, aynı ilacı kullanır ve platin-krom alaşımından oluşur. Daha fazla esneklik gösteren strutlara ve taşıma sistemine sahiptir.^{10,11}

2.2 Zotarolimus Salınlı Stentler (ZSS)

Zotarolimus, everolimus benzer şekilde antiproliferatif ve anti-inflamatuar etkilere sahip sentezlenmiş bir rapamisin analogudur. İlk zotarolimus salınlı stent (ZSS) Endeavor Sprint (Medtronic), fosforilkolin polimer ile kaplanmış kobalt bazlı bir platform alaşımına sahip olup, 14 gün içinde zotarolimus salınımının çoğunu

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

(%95) gerçekleştirir. İkinci ZSS olan Endeavor Rolute, aynı tasarıma ve ilaca sahiptir ancak ilacın %85'ini 60 gün içinde, geri kalanını 180 gün içinde ayrıştıran BioLinx tripolimer kullanır. Yakın zamanda tanıtılan Rolute Integrity, daha fazla teslim edilebilirlik ve esnekliğe sahipken, Rolute Onyx ise gelişmiş görünürlük, teslim edilebilirlik ve esneklik içerir.^{10,11}

2.3 Biodegradable-Polimer DES (Biyolojik Olarak Parçalanabilir)

Polimerler ilaç salınımı tamamlandıktan sonra hiçbir işlev göstermez ve sonuç olarak, kalıcı polimerler, geç ve çok geç stent trombozu için potansiyel tetikleyiciler olarak kabul edilir. Preklinik ve klinik çalışmalar, bu polimerlerin arter duvarında inflamasyona ve kronik eozinofilik infiltrasyona neden olarak aşırı duyarlılık reaksiyonlarına ve endotel disfonksiyonuna neden olma potansiyelini göstermiştir. Tüm bu sekeller, gecikmiş iyileşme, stent trombozu ve uzun vadeli güvenlik ve etkinliğin azalması olasılığını artırır. Bu geçerli endişeler ışığında, DES güvenliğini artırmak amacıyla stent polimerlerini değiştirmeye yönelik kapsamlı araştırmalar yapılmıştır. Stent üzerinde bulunan toplam polimer kütlelerini azaltmak için girişimlerde bulunulmuştur. Polimerin biyoyumluluğunun geliştirilmesini (ikinci nesil DES) ve kalıcılığının azaltılmasını (biodegradable polimer and polimer-free stentler) içeren önemli modifikasyonlar ortaya çıkmıştır. Nobori (Terumo) ve BioMatrix (Biosensors International) gibi biodegradable polimer içeren yeni nesil stentler biyolimus salınımı (BSS) yaparlar. Dayanıklı polimerlerin kalıcılığına ilişkin olumsuz uzun vadeli sekelleri azaltmak amacıyla geliştirilmiştir.^{11,12}

2.4 Polimer-Free DES (Polimer içermeyen)

Bu stentlerde, metalik stent yüzeyi gözenekli olacak şekilde (5-15 nm'lik porlar) modifiye edilmiş olup antiproliferatif ilaç, DES üretim işlemi sırasında doğrudan bu porlara yüklenmiştir. İlaç ayrıca, ilacın damar duvarında daha derine nüfuz etmesini kolaylaştırabilen bir matris bileşiği içinde nanopartiküller tarafından taşınabilir [Cre8 stent (CID Vascular) ve BioFreedom (Biosensors)]. Bununla birlikte, ilaç salınımı kontrol etmek zordur. Çünkü polimerler sadece bir ilaç taşıyıcısı olarak hareket etmekle kalmayıp, aynı zamanda ilacın zamanla kontrollü salınımını modüle etmektedir. Bazı küçük RCT'ler, ikinci nesil DES ile karşılaştırıldığında, klinik sonuçlarda non-inferior görünse de klinik sonuçlarda iyileşme gözlenmemiştir. Bugüne kadar, az sayıda RCT, polimer içermeyen DES'lerin performansını değerlendirdi. Bu nedenle uzun vadeli etkinlik ve güvenlik konusunda daha büyük çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.¹³

2.5 Yeni Jenerasyon DES'ler

Teknolojik ilerlemeler sonucu inflamasyonu ve vasküler hasarı azaltmak, endotelial iyileşmeyi hızlandırmak amacıyla 'üçüncü nesil DES' geliştirilmiştir. Orsiro SSS (60 µm) (Biotronik), Biome SSS (65 µm) (Meril), Mistent SSS (64 µm) (Micell), Supraflex SSS (60 µm), Firehawk SES (Shanghai MicroPort Medical Group), Synergy (74 µm) ve Synergy Megatron ESS (Boston Scientific) gibi daha ince strut kalınlığına sahip DES'ler, biodegradable bir polimer ile kaplanmıştır. Eski ve kalın ikinci nesil DES'lerden (80-90 µm) daha fazla esnekliğe ve teslim edilebilirliğe sahiptir. Ayrıca, daha ince strutlar, daha düşük türbülans ve shear stresi nedeniyle arteriyel yaralanmayı ve trombojeniteyi azaltıyor gibi görünmektedir. Bu durum uzun vadeli güvenliği ve etkinliği artırmaktadır.¹¹⁻¹⁴

Orsiro SSS hibrit bir kaplamaya sahiptir: PROBIO, stentin metal yüzeyini kaplayan ve damar duvarı ile kan arasında etkileşimi önleyen pasif bir amorf silikon karbür kaplamadır. BIOLute ise aktif bir kaplamadır, sirolimus'u 12-14 hafta boyunca ayrıştıran ve bir ila iki yıl içinde bozulan biodegradable polimer içerir. MiStent SSS, sirolimus içeren biyolojik olarak parçalanabilen bir polilaktik asit polimeri ile kaplanmış bir kobalt-krom platformuna sahiptir. Polimer 90 gün içinde bozunur, sirolimus ise 270 güne kadar terapötik bir seviyede damar duvarında kaldığı için neointimal hiperplazinin uzun süreli baskılanmasını sağlar. Firehawk SES (Shanghai MicroPort Medical Group), inflamatuvar uyarıyı azaltmak için polimer hacmini ve ilaç konsantrasyonunu en aza indiren yenilikçi bir yapıya sahiptir. Bu stentin benzersizliği, dış yüzeyinde ilacı damar duvarına ayrıştıran bir polilaktik asit polimeri içeren girintili olukların varlığıdır. Bu polimer biodegradable yapıdadır ve stentten 6-9 ay içinde bozunur. Geriye sadece metalik platform kalmaktadır. Ayrıca, polimer hacmi ve ilaç konsantrasyonu, mevcut biodegradable DES'ler arasında en düşük olanıdır.¹¹⁻¹⁵

3. Bioresorbable Scaffold (BRS) İçeren Stentler (Biyolojik olarak emilebilir stentler)

Koroner arterlerde metalik platformların kalıcılığı sonucunda gelişen geç advers olaylarla ilgili endişeler, geçtiğimiz dekatta girişimsel kardiyolojide biyolojik olarak emilebilir stent teknolojilerine ilgi duymaya yol açmıştır. BRS olarak adlandırılan bu cihazlar, ilk 12 ayda kalıcı metalik DES'nin lokal ilaç dağıtımını ve mekanik desteğini sağlamaktaydı. 24 ila 36 ay sonra tamamen emilerek, yıllar içinde normal lümen çapının ve vazomotor fonksiyonun restorasyonuna izin vermesi planlandı. Geç dönemdeki olumsuz olaylar için, potansiyel olarak uzun süreli DAPT ihtiyacını azaltması ve gerekirse cerrahi revaskülarizasyona izin vereceği düşünüldü.⁴

İlk ilaç salınımlı BRS 1995'te implante edildi ve o zamandan beri yaklaşık 9 BRS klinik çalışmalarda incelendi. Bunlardan sadece birkaçı FDA onayı aldı. BRS kullanımında bazı zorluklar meydana geldi. BRS'nin radyal kuvveti, DES'in kuvvetine göre zayıf olduğu için hızlı absorpsiyon nedeniyle re-coil meydana gelebilir. Bu sorunun üstesinden gelmek için, kalın strutlar gereklidir ancak bunun sonucunda lümen çapında azalma meydana gelebilmektedir.¹⁵

Mevcut BRS'lerde, 1 yıllık takipte daha yüksek stent trombozu ve MI oranları gözlemlendi. Metaanalizlerden elde edilen bu bulgular, FDA tarafından onaylanan ve en çok kullanılan BRS olan Absorb BRS tarafından onaylandı. Absorb ile gözlemlenen daha yüksek tromboz nedeniyle, Abbott son zamanlarda kullanımını kontrollü klinik deneyler veya kayıtlarla sınırlandırmıştır. BRS'nin klinik uygulamada rutin olarak kullanılabilmesi için önünde uzun bir yol vardır.^{16,17}

Sonuç olarak perkütan koroner girişimler, ilkel balon dilatasyon günlerinden bu yana birçok teknolojik gelişme göstermiştir. Akut damar oklüzyonu BMS ile etkin bir şekilde çözüldü ve daha sonra restenozu en aza indirmek için DES geliştirildi. Mevcut DES'lerin mükemmel güvenlik ve etkinliği olmasına rağmen, halen stent trombozu ve restenoz riski vardır. Stent tasarımında, radyal gücü korurken, iletilebilirlik (deliverability) ve radyopasiteyi artıran iyileştirmeler yapılmıştır, ancak prosedürel güvenliği ve başarıyı artırmak için daha düşük profilli cihazlar araştırma konusu olmaya devam edecektir. Biyolojik olarak emilebilir stentlerin teorik

avantajlarına rağmen, geç stent trombozu ile ilgili güvenlik endişelerinin devam etmesi sonucu olarak durduruldu. Hem mevcut metalik stent teknolojisinde hem de gelecekte biyolojik olarak

emilebilir stent teknolojisinde meydana gelen gelişmeler muhtemelen self-expandable stentlerin gelişimini düşündürmektedir.

Tablo 1. DES'lerin Temel Bazı Özellikleri^a

| | İsim | Firma | İlaç | Platform | Strut Kalınlığı | Polimer Tipi Ve Kalınlık | Rct |
|--|-----------------|--------------------------|-------------|-----------------|-----------------|--------------------------|--------------|
| Polimer İçeren DES'ler | Endeavor | Medtronic | Zotarolimus | Kobalt-Krom | 91 µm | PC (4.1 µm) | Endeavor IV |
| | Resolute | Medtronic | Zotarolimus | Kobalt-Krom | 91µm | BioLinx (4.1 µm) | Resolute |
| | XIENCE grubu* | Abbot Vascular | Everolimus | Kobalt-Krom | 81 µm | PBMA, PVDF-HPF (7.6mm) | Spirit I-V |
| Polimer İçermeyen veya Bioemilebilir Polimer DES'ler | Promus PREMIERE | Boston Scientific | Everolimus | Platin-Krom | 81 µm | PBMA, PVDF-HFP (6 µm) | Platinum |
| | BioMatrix Flex | Biosensors International | Biolimus-A9 | Paslanmaz çelik | 112 µm | PA (10 µm) | Leaders |
| | BioFreedom | Biosensors International | Biolimus-A9 | Paslanmaz çelik | 112 µm | - | Leaders Free |
| | Orsiro | Biotronik | Sirolimus | Kobalt-Krom | 61 µm | PLLA (7.5 µm) | Bioflow |
| | Nobori | Terumo | Biolimus-A9 | Paslanmaz çelik | 125 µm | PA (20 µm) | Next |
| | SYNERGY | Boston Scientific | Everolimus | Platin-Krom | 74 µm | PDLA-glycolide (4 µm) | Evolve |

^aTomberli, Benedetta et al. "A Brief History of Coronary Artery Stents." *Revista espanola de cardiologia* (English ed.) vol. 71,5 (2018): 312-319 kaynağından uyarlanmıştır⁴.

Kısaltmalar: DES, Drug Eluting Stents; PC, phosphorylcholine; PLLA, Poly-L-lactide; PBMA, poly (n-butylmethacrylate); PVDF, polyvinylidene fluoride; HFP hexafluoropropylene; ; PA, polylactic acid; RCT, randomized controlled trial; PDLA, Poly-D,L-lactide

*XIENCE grubu: XIENCE V, XIENCE nano, XIENCE PRIME, XIENCE PRIME LL, XIENCE Xpedition, XIENCE Xpedition SV, XIENCE Xpedition LL, and XIENCE Alpine.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

- Benjamin, Emelia J., et al. "Heart disease and stroke statistics-2017 update: a report from the American Heart Association." *Circulation* 135.10 (2017): e146-e603. [\[Crossref\]](#)
- Sousa, J. Eduardo, Patrick W. Serruys, and Marco A. Costa. "New frontiers in cardiology: drug-eluting stents: Part I." *Circulation* 107.17 (2003): 2274-2279. [\[Crossref\]](#)
- Grüntzig, Andreas R., Åke Senning, and Walter E. Siegenthaler. "Nonoperative dilatation of coronary-artery stenosis: percutaneous transluminal coronary angioplasty." *New England Journal of Medicine* 301.2 (1979): 61-68. [\[Crossref\]](#)
- Tomberli, Benedetta et al. "A Brief History of Coronary Artery Stents." *Revista espanola de cardiologia* (English ed.) vol. 71,5 (2018): 312-319. [\[Crossref\]](#)
- De Felice, Francesco, et al. "Five-year outcomes in patients with chronic total coronary occlusion treated with drug-eluting vs bare-metal stents: a case-control study." *Canadian Journal of Cardiology* 29.8 (2013): 945-950. [\[Crossref\]](#)
- Hensey, Mark, et al. "Is There a Role for Bare-Metal Stents in Current STEMI Care?." *Primary Angioplasty* (2018): 137-150. [\[Crossref\]](#)
- Schmidt, Torrey, and J. Dawn Abbott. "Coronary stents: history, design, and construction." *Journal of clinical medicine* 7.6 (2018): 126. [\[Crossref\]](#)
- Simard, Trevor, et al. "The evolution of coronary stents: a brief review." *Canadian Journal of Cardiology* 30.1 (2014): 35-45. [\[Crossref\]](#)
- Iqbal, Javaid, Julian Gunn, and Patrick W. Serruys. "Coronary stents: historical development, current status and future directions." *Br Med Bull* 106.1 (2013): 193-211. [\[Crossref\]](#)
- Stefanini GG, Holmes JDR. Drug-eluting coronary-artery stents. *N Engl J Med*. 2013;368:254-265 [\[Crossref\]](#)
- Spione, Francesco, and Salvatore Brugaletta. "Second generation drug-eluting stents: a focus on safety and efficacy of current devices." *Expert Review of Cardiovascular Therapy* 19.2 (2021): 107-127. [\[Crossref\]](#)
- Natsuaki M, Kozuma K, Morimoto T, et al. NEXT Investigators. Biodegradable polymer biolimus-eluting stent versus durable polymer everolimus-eluting stent: a randomized, controlled, noninferiority trial. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62:181-190. [\[Crossref\]](#)
- Moretti C, Lolli V, Perona G, et al. Cre8™ coronary stent: preclinical in vivo assessment of a new generation polymer-free DES with Amphilimus™ formulation. *EuroIntervention*. 2012;7:1087-1094. [\[Crossref\]](#)
- Bangalore S, Toklu B, Patel N, et al. Newer-generation ultrathin strut drug-eluting stents versus older second-generation thicker

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

- strut drug-eluting stents for coronary artery disease. *Circulation*. 2018;138:2216-2226. [\[Crossref\]](#)
15. Erbel, Raimund, et al. "Temporary scaffolding of coronary arteries with bioabsorbable magnesium stents: a prospective, non-randomised multicentre trial." *The Lancet* 369.9576 (2007): 1869-1875. [\[Crossref\]](#)
 16. Borhani, Setareh, et al. "Cardiovascular stents: overview, evolution, and next generation." *Progress in biomaterials* 7.3 (2018): 175-205. [\[Crossref\]](#)
 17. Tarantini G, Saia F, Capranzano P et al. SICI-GISE Position paper: Use of Absorb BVS in clinical practice. *G Ital Cardiol (Rome)*. 2016;17(Suppl 1):28S-44S.

BÖLÜM 2.3

GİRİŞİMDE ÖZEL EKİPMANLAR

Bengisu KESKİN MERİÇ
Veysel OKTAY

Girişimde Özel Ekipmanlar

Special Equipment in Percutaneous Coronary Intervention

BÖLÜM HAKKINDA

Perkütan koroner girişim (PKG) uygulanan hastaların yaklaşık %30'unda; daha düşük başarı oranları ve daha kötü iskemik sonuçlar ile ilişkili orta ve ciddi kalsifikasyon mevcuttur. Kalsifiye lezyonlarda, optimal sonuçlar elde etmek, komplikasyon riskini azaltmak ve başarı oranını artırmak amacıyla çeşitli girişimsel cihazlar üretilmiştir. Balon anjiyoplasti ve stentlemeden önce kullanılan bu cihazlar genel olarak aterektomi dışı ve aterektomi stratejileri olarak ikiye ayrılmaktadır. Modifiye balonlar olarak da bilinen aterektomi olmayan cihazlar, keserek veya hedeflenen diseksiyonla kalsifiye plakları modifiye ederler. Aterektomi cihazları ise, plak materyalinin fiziksel olarak çıkarılmasını amaçlamaktadır. Her bir cihaz, ateromatöz plağı modifiye etmek için farklı bir mekanizma kullansa da ortak amaç, tek başına balon PKG ile elde edilebilecek olandan daha geniş lümen, daha yüksek başarı oranı ve daha düşük restenoz oranı elde etmektir. Güncel kılavuzlar; bu girişimlerin, stent implantasyonundan önce bir balon kateter tarafından geçilemeyen veya yüksek basınçlı balonlarla yeterince genişletilemeyen fibrotik veya ağır kalsifiye lezyonlar için kullanılmasını önermektedir.

Anahtar kelimeler: Aterektomi, rotablatör, cutting balon, scoring balon

ABOUT the CHAPTER

In approximately 30% of patients undergoing percutaneous coronary intervention (PCI); has moderate to severe calcification, which is associated with lower success rates and worse ischemic outcomes. Various interventional devices have been produced in order to obtain optimal results, reduce the risk of complications and increase the success rate in calcified lesions. These devices, are generally divided into two groups: non-atherectomy and atherectomy strategies. Non-atherectomy devices, also known as modified balloons, modify calcified plaques by cutting or throughout targeted dissection. Atherectomy devices, on the other hand, aim to physically remove plaque material. Although each device uses a different mechanism to modify the atheromatous plaque, the common goal is to achieve larger lumens, higher success rates, and lower restenosis rates than can be achieved with balloon PCI alone. Current guidelines; recommends that these interventions be used for fibrotic or heavily calcified lesions that cannot be passed by a balloon catheter or adequately expanded with high-pressure balloons prior to stent implantation.

Keywords: Atherectomy, rotablator, cutting balloon, scoring balloon

Nüfusun yaşlanmasının yanısıra diyabetes mellitus (DM) ve kronik böbrek yetmezliği (KBY) gibi risk faktörlerinin artan prevalansı ile ciddi kalsifik koroner lezyonların insidansı artmaktadır.^{1,2} Perkütan koroner girişim (PKG) uygulanan hastaların yaklaşık %30'unda orta ve ciddi kalsifikasyon mevcuttur. Kalsifiye koroner lezyonları içeren PKG, daha düşük prosedürel başarı oranları ve daha kötü iskemik sonuçlar ile ilişkilidir. Ciddi kalsifik koroner lezyonu olan hastalar, koroner kalsifikasyonu olmayan hastalara oranla stent içi tromboz, miyokart enfarktüsü (ME), hedef lezyon revaskülarizasyonu ve ölüm insidansı dahil olmak üzere daha kötü klinik sonuçlara sahiptir.³ Ayrıca, bu hastalarda uygulanan PKG'ler, koroner arter diseksiyonu veya perforasyonunun yanı sıra yetersiz stent genişlemesi dahil olmak üzere olumsuz işlem sonuçları için artan birer risk oluştururlar.⁴

İntravasküler görüntülemenin ortaya çıkışı, başarısız revaskülarizasyon mekanizmaları hakkında fikir vermenin yanısıra, stent implantasyonundan önce optimal lezyon hazırlığının önemini vurgulamıştır.⁵ Balon anjiyoplasti ve stentlemeden önce kalsifiye lezyonları modifiye etmeye yönelik girişimsel cihazlar, genel olarak aterektomi dışı ve aterektomi stratejileri olarak ikiye ayrılmaktadır. Modifiye balonlar (MB; skorlama, kesici veya yarı



Bengisu Keskin Meriç¹ 
Veysel Oktay² 

¹Kırklareli Babaeski Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, Kırklareli, Türkiye
²Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Prevatif ve Epidemiyolojik Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: B.Meric@rbht.nhs.uk
veysel.oktay@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Keskin Meriç B, Oktay V. Girişimde özel ekipmanlar. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 73-85.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

uyumlu kısıtlı balonlar) olarak da bilinen atektomi olmayan cihazlar, keserek veya hedeflenen diseksiyonla kalsifiye plakları tedavi eder. Atektomi cihazları, plak materyalinin fiziksel olarak çıkarılmasını amaçlar ve rotasyonel atektomi (RA), orbital atektomi (OA) ve excimer lazer koroner anjiyoplasti (ELKA) içerir.⁶

Ateromatöz plağı eksizye etmek veya kesmek için uygulanan mekanik yaklaşım; onlarca yıl süren araştırma sonucunda plak eksizyonunun klinik sonuçları iyileştirdiği ve PKG sonrası restenoz oranını düşürdüğü hipotezinden ortaya çıkmıştır. İlk olarak Simpson, plak eksizyonunun koroner anjiyoplasti sonrası tromboz ve restenoz riskini azaltacağı kavramını ileri sürmüştür.⁷ Yönlü koroner atektomi (directional coronary atherectomy), ilk kez 1987'de uygulanmış ve bunu birkaç farklı mekanik yaklaşım izlemiştir. 1988'de (ELKA), perkütan transluminal rotasyonel atektomi (PTRA) ve transluminal ekstraksiyon koroner atektomi ortaya çıkmıştır.⁸⁻¹⁰ Holmium lazer 1990'da, kesici balon aterotomisi (CBA) ise 1991'de kullanılmaya girmiştir.¹¹⁻¹² En yeni ablatif cihaz olan (OA) ise 2008'de araştırılmaya başlanmıştır.

Preklinik çalışmalar ve klinik analizler neointimal iyileşme yanıtının altta yatan hasarın derecesi ile doğru orantılı olduğunu ve geniş bir girişimsel cihaz yelpazesıyla elde edilen herhangi bir kazanım miktarı için restenoz yanıtının tek tip olduğunu ileri sürmektedir.¹³⁻¹⁴ Atektomi, lazer veya kesici balon aterotomisine karşı koroner anjiyoplasti ile ilgili birkaç randomize çalışma, bu kavramları hem koroner stentleme varlığında hem de yokluğunda test etmiştir.¹⁵⁻²³ Bu randomize çalışmaların tümünde ortak olarak atektomi geleneksel koroner anjiyoplasti ile karşılaştırılmıştır. Her bir çalışmanın bulguları, örneklem büyüklüğü, dahil etme kriterleri ve sonuçların genellenabilirliği hakkında sayısız tartışma oluşturmuştur. Hiçbir çalışma, doku ablasyonunun perkütan koroner müdahaleden sonra klinik ve anjiyografik sonuçları iyileştirip iyileştirmediğini kesin olarak test etmemiştir.

Her bir cihaz, ateromatöz plağı modifiye etmek için farklı bir mekanizma kullansa da ortak amaç, tek başına balon PKG ile elde edilebilecek olandan daha büyük lümenler, daha yüksek başarı oranları ve daha düşük restenoz oranları elde etmektir. Bununla birlikte, randomize çalışmalardan elde edilen kanıtlar ablasyon hipotezini sorgulamış ve koroner stentleme hızla ateroblafif tedavilerin yerini almıştır. Klinik kılavuzlar artık PKG sırasında rutin olarak hiçbir ateroblafif cihazın kullanılmaması gerektiğini ancak stent implantasyonundan önce bir balon kateter tarafından geçilemeyen veya yüksek basınçlı balonlarla yeterince genişletilemeyen fibrotik veya ağır kalsifiye lezyonlar için rotasyonel atektominin kullanılabilirliğini belirtmektedir (sınıf IIa).²⁴

Atektomi

Rotablatör sisteminin ateroblafif etkisi, diferansiyel kesme kavramına, kalsifiye veya ağır fibrotik ateromatöz plak gibi nispeten elastik olmayan materyallerin, elastik hastaliksız damar segmentlerine karşı seçici ablasyonuna dayanır. Perkütan transluminal rotasyonel atektomi (PTRA) dokuyu kazır ve kalsifiye aterosklerotik plağa tıpkı bir diş matkabı gibi saldırarak lezyon sertliğini azaltır. Ortalama 5 µm çapında küçük partiküller halinde aşındırılan sert plak, koroner mikrosirkülasyondan geçerek retiküloendotelial sistem tarafından alınır. Mikropartikül kalıntıları atektomi hızına ve plağın bileşimine bağlı olarak 5-12 µm ara-

sında değişmektedir. Bu partiküllerin hızı ve hacmi, mikrovasküler obstrüksiyonun oluşup oluşmayacağını belirlemektedir.

Cihaz

Rotablatör (Boston Scientific, Natick, MA), bir tahrik miline bağlı, nikel ile elmas kaplı bir testere içerir. Sıkıştırılmış gazla çalıştırılan 200.000 rpm'ye kadar hızlara ulaşabilen 'over the wire' sistemdir. 20 ila 30 µm boyutlu elmas çentikler, zeytin şeklindeki testerenin yalnızca ön yarısında bulunur. Rotablatör testeresi yüksek hızlı bir zımpara makinesine benzemektedir. Elastik olmayan doku ile temas ettiğinde, bu dokuyu aşındırır ve mikro parçacıklı kalıntılar oluşturur. Türbin ünitesi, testere aktivasyonu sırasında mikro partikül kalıntılarının damar sistemi boyunca dağılmasına yardımcı olan bir salin yıkama solüsyonu kullanılarak soğutulur. Yeniden kullanılabilir konsol, tam etkinleştirilmiş modda 200.000 rpm testere hızına ve Dynaglide modunda kullanıldığında 80.000 rpm hızlara ulaşmak için ayarlanabilir. Bu mod neredeyse yalnızca kılavuz kateterden testereyi çıkarmak için kullanılır. Atektomi prosedürü için önerilen hız aralığı olan 140.000-160.000 rpm arasındadır. Bu değerler lokal termal etkilere bağlı olarak atektominin etkinliği ve güvenilirliği için optimal gözükmektedir. Geçmişte yaygın olarak kullanılan 190.000 rpm'lik hızlarla karşılaştırıldığında daha az trombosit aktivasyonu ve agregasyonu ile ilişkilidir. Daha düşük hızlar ise daha büyük mikropartikül artıkları üretmesi nedeni ile yeterli etkiye sahip değildir. Her testere ve ilerleyen shaft ayrı bir ünite olarak gelir ve bir kilitleme mekanizması kullanılarak tek kullanımlık bir ilerleticiye bağlanır. İlerleticide, operatörün dönen testereyi ilerletmesine veya geri çekmesine izin veren bir kontrol düğmesi vardır. Testere ve ilerleyen shaft 30 cm'lik bir floppy ucu olan 0,09" bir kılavuz tel üzerine yerleştirilmiştir. Testerenin klavuz telin esnek ucuna ilerlemesini engelleyen 0.21"lik bir çekirdek bulunur. Klavuz telin sonunda ilerleticiden dışarıya çıkan ve yüksek hızlarda rotasyon sırasında telin dönmesini engelleyen bir mandal yer almaktadır ayrıca bunu manuel olarak da sağlayan bir düğme de mevcuttur.^{4,25,26}

- Rotasyonel atektomi sistemi
- Testere
- Diamondback 360 ® orbitas atektomi sistemi
- Taçın yakın çekimi

İşlem

Vasküler Girişim

Vasküler girişim ile ilgili karar alırken, PTRA performansı için yeterli destekle birlikte kanama riski ve vasküler komplikasyonlar değerlendirilmelidir. 1,75 mm çapa kadar testere boyutlarına sahip PTRA performansı için standart bir 6 Fr yönlendirme sistemi yeterlidir. ≥ 2,0 mm çapak boyutları için 7 Fr veya daha büyük bir sistem gereklidir. Bu nedenle, PTRA gerektiren vakaların çoğu, kanama komplikasyonlarını azaltmak için kanıtlanmış bir strateji olan transradial erişim ile gerçekleştirilebilir.²⁷

Medikal Tedavi

PTRA uygulanan hastalar, standart PKG protokollerine benzer antiplatelet ve antitrombotik ajanlar almalıdır.

Rotablatörün ilerleticisinin yan portu, cihaz hareketini kolaylaş-

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

tırmaya, ısı oluşumunu azaltmaya ve ani yavaşlamaları önlemeye hizmet eden ve kılıftan sürekli akan basınçlı bir yıkama solüsyonuna bağlıdır. Geleneksel yıkama solüsyonu; heparinize salin, vazodilatörler, yumurta akı ve zeytinyağı içeren tescilli bir solüsyon olan Rotaglide kayganlaştırıcı içerir.²⁸ Mikrovasküler obstrüksiyon

riskini azaltmak için yıkama solüsyonu içerisine nitroglicerine, verapamil, nikardipin, adenosin ve nikorandil gibi vazodilatörlerde eklenmektedir. Ancak bu ajanlar bradikardi ve hipotansiyon gibi yan etkilerle ilişkilidir.²⁹⁻³¹

Tablo 1. DES'lerin Temel Bazı Özellikleri^a

| Rotasyonel Aterektomi | Orbital Aterektomi | Lazer Aterektomi |
|---|--|---|
| Hareket mekanizması | | |
| Rotasyonel Elmas uçlu testere tel üzerinde eşmerkezli olarak döner Zımparalama/aşınma yoluyla ateroablasyon | Orbital Eksantrik olarak monte edilmiş elmas kaplı taç, yörüngeye merkezkaç kuvveti kullanır Zımparalama/aşınma yoluyla ateroablasyon | Lazer Çok lifli lazer kateterler ultraviyole enerjii iletir Fotoablasyon (buharlaştırma) |
| Klinik Endikasyon | | |
| Koroner arter bypass cerrahisi için kabul edilebilir adaylar olan koroner arter hastalığı olan hastalarda tek tedavi veya yardımcı balon, anjiyoplasti endikedir. | De novo, ciddi derecede kalsifiye koroner arter lezyonları nedeniyle PKG veya stentleme için kabul edilebilir adaylar olan koroner arter hastalığı olan hastalarda stent uygulamasını kolaylaştırmak | Koroner arter baypas greft cerrahisi için kabul edilebilir adaylar olan hastalarda bağımsız bir modalite veya PTCA ile birlikte Orta derecede kalsifiye lezyonlar Stent içi restenoz |
| Teknik özellikler | | |
| Önden kesme, tek yönlü testere Çoklu çapak boyutları, 1,25–2,5 mm 0,009"/0,014" uç RotaWire kılavuz telleri Güç kaynağı: pnömomatik sistem, konsol, ayak pedalı ve sıkıştırılmış gaz kaynağı gerektirir; nitrojen tankı veya oda havası Hız: Tedavi sırasında 140.000-190.000 rpm | Elmas kaplı taç, çift yönlü tedavi Daha büyük çapları tedavi etmek için 1,25 mm klasik taç yörüngeleri 0,012"/0,014" uç ViperWire Güç kaynağı: Çalışma alanına yerleştirilebilen elektronik sistem, özel bir salin pompasına bağlanır Hız: 80.000 ve 120.000 rpm | Tel üzerinden ve hızlı değişim kateterleri Konsantrik ve eksantrik uç tasarımları ile mevcuttur Güç kaynağı: Spectranetics CVX-300, konsol ve ayak pedalı gerektirir Ayarlanabilir lazer enerji ayarları |
| Komplikasyon | | |
| Orta diseksiyon riski Orta perforasyon riski Orta yavaş akım ve no-reflow riski Orta testere/taç sıkışması riski PKG:Perkütan koroner girişim. | Orta diseksiyon riski Orta perforasyon riski Orta yavaş akım ve no-reflow riski Düşük testere/taç sıkışması riski | Orta diseksiyon riski Orta perforasyon riski Orta yavaş akım ve no-reflow riski |

Klavuz Katater Seçimi

Rotasyonel aterektomi için kılavuz kateter seçimi, koaksiyel hizalama, testerenin ilerlemesine ve geri çekilmesine izin vermek için uygun boyutlandırma ve prosedür sırasında mikropartikül kalıntılarının koroner mikrovaskülatur boyunca hareket etmesine yardımcı olmak için bir miktar koroner akış ölçümü gerektirir. Kılavuz kateterin iç çapı testere ilerletme ve geri çekme sırasındaki zorlukları en aza indirmek için çaptan 0,04" daha büyük olmalıdır. 0,070 inç iç lümenine sahip 6 Fr Kılavuz (Boston Scientific), 1,25 mm testere barındırır ve PKG sırasında genişletilemeyen veya geçilemeyen bir lezyonla karşılaşıldığında PTRAs'a dönüşüme izin verir. Ek olarak, kılavuz şekilleri testerenin shaftından uç kısmına kadar hassas biçimde geçmelidir. Tipik bir Judkins kateterinde görülebileceği gibi, primer ve sekonder katater eğrilerindeki keskin açılar testerenin ilerleme ve/veya geri çekilme hareketini engelleyebilir. Son olarak, etkinleştirme ve ilerletme sırasında bile rotablatör cihazının shaftı çevresinde akışın devam etmesi için yan delikler önerilir. Testereyi, kılavuz kateterin içine ilerletmeden önce, aynı hızda çalışan Y-adaptöründe testerenin dönüş hızı vücut dışında kontrol edilir. Vücut dışında 155.000 rpm'lik hız, koroner arter içinde 140.000 rpm'lik bir hıza dönüşür.

Testere Boyutu, Hareketi ve Ablasyon Hızı

Çapı <3 mm olan damarlar için 1,5 mm ve >3 mm çapındaki da-

marlar için 1,75 mm testere yeterlidir. Aorta-ostial lezyonlar veya daha büyük damarlar için küçük testere plakla fiziksel temas kuramayacağı için daha büyük testere gerekebilir. Aşırı kıvrım veya açılma, uzun şiddetli yaygın kalsifikasyon veya mikrokaterin lezyondan geçirilememesi durumunda, 1.25 mm'lik bir testerenin dikkatli kullanımı ve ardından boyutun büyütülmesi veya daha destekleyici kılavuz kateterler ile kademeli bir yaklaşım gerekebilir.²³⁻³²

STRATAS çalışmasında, 0,7 ila 0,9 testere hedefi ve arter oranı kullanılarak daha agresif aterektominin, 0,6 ila 0,8 testere/arter oranı hedefine kıyasla restenoz oranlarını azaltıp azaltmadığını değerlendirilmiştir. Her iki grupta restenoz oranları benzer olmasına rağmen, daha agresif strateji ile daha fazla komplikasyon oranı izlenmiştir.³³

PTRA testeresinin gagalama hareketi – hızlı ileri/geri itme hareketi – en yaygın olarak tavsiye edilen hareket modelidir. Gagalama hareketi, testerenin yavaşlamalarını en aza indirir ve herbir çalışma periyodunu kısaltır (önerilen <30 saniye).

Ek Önlemler

Rotasyona bağlı olarak kimi zaman şiddetli olabilen bradikardi önlemek için profilaktik geçici pacemaker implantasyonu yapılabilirken, bazı operatörler aminofilin ve/veya atropini tercih

etmektedirler.

PTRA kullanımı tek başına mekanik dolaşım desteği kullanımı için bir göstere değildir. Bununla birlikte, hemodinamik endikasyonlar için kullanıldığında, mekanik dolaşım desteği daha kapsamlı rotasyona ve daha eksiksiz revaskülarizasyona izin verebilir.

İşlem Tekniği

RotaWire lezyonun karşısına yerleştirilir ve açılmamış tel ucu bir yan dalda değil, distal damarın düz bir bölümünde stabilize edilir. Testere ve tahrik mili kılavuz tel üzerinden hedef damarın bir proksimal segmentine manuel olarak ilerletilir. Döndürmeden önce, testerenin ani ilerlemesini ve damar diseksiyonunu önlemek için;

1. ilerletme düğmesi gevşetilir ve tahrik kablosunda depolanan gerilimi boşaltmak için yaklaşık 5 mm ileri geri hareket ettirilir
2. Y-adaptör, Rotablator kılıfında depolanan gerilimi boşaltmak için gevşetilir
3. DynaGlide modu, sistem içinde kalan gerilimi boşaltmak için daha düşük dönüş hızlarında etkinleştirilir

Operatör, testerenin serbestçe hareket ettiğini onayladıktan sonra, cihaz 140.000 rpm'lik terapötik dönme hızlarında hedef lezyona ilerletilir. Testere, yüksek dönme hızını koruyan gagalama hareketi ile hedef lezyona taşınır. Damar travması, ısı oluşumu ve büyük partikül oluşumu riskini azaltmak için 5000 rpm'den daha büyük yavaşlamalardan kaçınılır. Ablasyon aşamalarının her biri 15 ila 20 saniye ile sınırlıdır. Mikropartikülartıkları ile mikro damar sistemini zedelenme potansiyelini en aza indirmek için toplam atektomi çalışmalarının 30 ila 45 saniyeden fazla sürmemesi önerilir. Beş denemeden sonra lezyon geçilemezse, dönüş hızı 160.000 rpm'ye yükseltilebilir. Lezyon geçilemediği için işlem başarısız olursa testerenin küçültülmesi gerekebilir.

İşlem Tamamlama ve Stent İmplantasyonu

Yeterli plak modifikasyonu, optimal balon genişlemesine ve stent implantasyonuna izin verdiğinde PTRA durdurulmalıdır. Anjiyografik komplikasyonları dışlamak için sineanjiyografi yapılmalıdır.³⁴ Çağdaş ilaç salınlı stentler (DES), PTRA'dan sonra tercih edilen standart tedavidir. Çok merkezli ROTATE çalışmasının analizi, DES'in eskiden PTRA'dan sonra MACE takibinde %68 oranında azalma ile ilişkili olduğunu göstermiştir.³⁵

Yenilikler

2018'de Boston Scientific, PTRA teknolojisinin kullanımını basitleştirmeyi amaçlayan ROTAPRO adı verilen yeni nesil Rotablator sistemini piyasaya sürmüştür.

Ne Zaman Kullanılmalı?

2011 ACC/AHA klavuzu, PTRA'nın rutin kullanımını önermemekle birlikte geçilmesi veya genişletilmesi zor olabilen ağır kalsifiye lezyonlarda sınıf IIa ile önermektedir.⁴ PTRA'nın temel endikasyonu, stentin tam genişlemesine izin vermek için balon anjiyoplasti ile yeterince genişlemesi muhtemel olmayan ciddi şekilde kalsifiye de novo koroner stenozların modifikasyonudur. Şiddetli kalsifikasyonun standart bir tanımı yoktur. Şiddetli koroner kalsifikasyonun saptanması geleneksel olarak

floroskopiye dayanmaktadır, ancak floroskopinin kalsiyum saptamada intravasküler görüntülemeye kıyasla daha az duyarlı olduğu gösterilmiştir. Floroskopide şiddetli koroner kalsifikasyon, kontrast enjeksiyonundan önce kardiyak hareket olmaksızın arter duvarının kenarlarının her ikisini de içeren radyo-opasiteler olarak tanımlanmaktadır.^{36,37}

İntravasküler ultrasonda, daha derin yapıların zayıflamasına neden olan parlak ekodansite ile gösterilen şiddetli kalsifikasyon, ≥ 3 kadranı içeren geniş bir yüzeysel kalsiyum arkı olarak tanımlanır. Optik koherens tomografide (OKT), koroner kalsifikasyon alanları iyi sınırlanmış ve sinyalden yoksundur. Stentin yetersiz genişlemesini öngören koroner kalsifikasyonun OCT ölçümleri şunları içerir:

-uzunluk >5 mm;

-ark >180°;

-maksimum kalınlık >0,5 mm^{36,38}

Kullanım Endikasyonları ve Kontrendikasyonları

Tablo 2. Rotasyonel Atektominin Endikasyon ve Kontraendikasyonları

| | |
|--|---|
| Tek damar aterosklerotik KAH | Kılavuz tel ile geçilemeyen lezyon |
| Çok damar aterosklerotik KAH | Azalmış LV fonksiyonu ile kalan son damar |
| Restenotik lezyonlar | Safen damar greftleri |
| <25 mm'lik kısa lezyon içeren nativ damar | |
| Ciddi kalsifik lezyonlar | Anjiyografik diseksiyon kanıtı |
| Dilate edilemeyen lezyonlar | |
| KAH: koroner arter hastalığı; LV sol ventrikül | |

Rotasyonel atektominin klinik endikasyonları ve kontrendikasyonları Tablo 2 gösterilmektedir.

Klinik Kullanım

Balon anjiyoplasti döneminde, çalışmalar PTRA ile restenoz oranlarının yaklaşık %40 olduğunu göstermiştir ki bu, tek başına balon anjiyoplastinin kullanılmasına benzerdir.^{39,40}

Çıplak metal stent (BMS) döneminde, stentlemeden önce kalsifiye lezyonlarda PTRA kullanımı daha yüksek işlem başarı oranları ile ilişkilidir. Ancak, restenoz oranları, prosedürel başarı, mutlak restenoz oranları %20 ile %30 arasında değişmekteydi.⁴¹

DES'nin ortaya çıkmasıyla neointimal proliferasyon önemli ölçüde engellendi ve restenoz oranları azaldı.^{42,43}

Birkaç çalışma, 1 ve 2 yıllık takipte <%10 hedef lezyon revaskülarizasyon oranları ile DES implantasyonundan önce ek PTRA ile olumlu orta ve uzun vadeli sonuçlar bildirmiştir.^{44,48}

ROTAXUS olarak adlandırılan büyük ölçekli güncel çalışmada, orta ve şiddetli kalsifikasyonlu koroner lezyonları olan 240 hasta PTRA ile veya PTRA olmadan PKG'ye randomize edilmiştir. Atanan tedavi stratejisi ile daha yüksek prosedür başarısına (PTRA olmadan %83,3'e karşı %92,5; p=0,03) ve başlangıçta PTRA kolun-

da daha yüksek akut lümen kazancına rağmen, dokuz ayda geç lümen kaybı derecesinin birincil sonlanım noktası PTRa'da daha yüksek saptanmıştır. Dokuz ayda majör advers kardiyak olayların (MACE) oranları gruplar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir (PTRa olmadan %24.2'ye karşı %28.3; p=0.46). ROTAXUS çalışmasının sınırlamaları, hastaların yaklaşık %20'sinde anjiyografik tabibin olmaması ve çalışmaya dahil edilen hastaların %50'sinden fazlasının orta derecede koroner kalsifikasyona sahip olmasıdır. ROTAXUS sonuçlarına göre kalsifiye koroner lezyonları için PTRa ile lezyon hazırlığı rutin olarak önerilmemektedir.⁴⁹

STRATAS çalışması, rutin debulking ile agresif küçültme stratejilerini karşılaştırmış ve prosedür sonuçlarında, 9 aylık anjiyografik restenozda veya hedef lezyon revaskülarizasyonunda hiçbir fark gözlenmemiştir. Klinik başarı benzer olarak gözlenmiş, ancak agresif strateji daha fazla ME'ne (%11'e karşı %7) ve daha yüksek restenoz oranına (%58'e karşı %52) neden olmuştur (33). CARAT çalışması büyük çapak stratejisini (çapak/arter oranı >0,7) küçük çapak stratejisiyle (çapak/arter oranı <0,7) karşılaştırmıştır. Büyük çapak stratejisi, küçük çapak stratejisi ile benzer lümen genişlemesi ve hedef damar revaskülarizasyon (TVR) oranını sağlamış, ancak daha fazla anjiyografik komplikasyona neden olmuştur (%12,7'ye karşı %5,2, P < 0,05). Bu iki çalışma, çapak/arter oranı 0,5 ile 0,6'ya dayanan boyutlandırma ile her prosedür için tek bir testere önermenin temelini oluşturmaktadır (50). Çok merkezli randomize çalışma serilerinde günlük MACE oranları PTRa kolunda PKG'ye göre daha yüksek saptanmıştır.^{25,39,40,49,51,52}

Randomize COBRA ve DART çalışmalarında, rotasyonel aterektomi ve PKG'nin de novo koroner arter lezyonlarındaki klinik sonuçları karşılaştırılmıştır.^{40,52} Restenoz oranlarının da dahil olduğu sonlanımlar her iki teknik arasında benzer saptanmıştır. Ancak, 'no-reflow' insidansı PKG ile karşılaştırıldığında rotasyonel aterektomi kolunda belirgin şekilde yüksek bulunmuştur. PKG, rotasyonel aterektomi ve lazer aterektomiye karşılaştıran randomize ERBAC çalışmasında, rotasyonel aterektomi balon anjiyoplastiye göre yüksek restenoz ve komplikasyon oranları ile ilişkilendirilmiştir.³⁹ Rotasyonel aterektominin PKG ile karşılaştırıldığı ARTIST çalışmasında, stent içi restenotik lezyonlarda aterektominin daha yüksek restenoz ve majör kardiyak olaylara (MACE) sahip olduğu gösterilmiştir.⁵¹ Bu çalışmalarda ortak olarak, rotasyonel aterektominin restenoz açısından PKG'ye göre en fazla noninferior olduğu ve daha yüksek advers kardiyak olay oranları ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Stent çağının gelişimiyle birlikte, stent implantasyonu öncesinde plağın parçalanması konusundaki ilgi, stent implantasyonu işlemine yardımcı olarak aterektominin değerlendirilmesine yol açmıştır. SPORT çalışmasında, orta ve ciddi kalsifiye lezyonları olan hastalar ya rotasyonel aterektomi ve ardından stentleme ya da PKG kollarına randomize edilmiştir. Çalışmanın erken durdurulmasına rağmen, 9 ayda restenoz oranları her iki grup arasında benzer bulunmuş, ancak MACE'nin rotasyonel aterektomi ile daha yüksek olduğunu gösteren mevcut verilere ulaşılmıştır. Bu klinik denemelerin ve (PKG) kılavuzlarının 2011 güncellemesinin bir sonucunda, koroner aterektomi, koroner balon katateri ile geçilemeyen veya yeterli dilatasyon sağlanamayan fibrotik veya ciddi kalsifik lezyonların stent implantasyonu öncesinde hazırlanmasında sınıf 2a olarak önerilmektedir (kanıt düzeyi: C). Koroner aterektominin de novo veya stent içi restenozun rutin tedavisinde kullanımı ise Sınıf III endikasyonudur (zarar) (kanıt düzeyi: A).⁴

PREPARE-CALC çalışması, şiddetli kalsifiye koroner lezyonları olan 200 hastayı, üçüncü nesil sirolimus salımlı Orsiro (Biotronik AG) stentlerinin implantasyonundan önce PTRa ile MB (kesme veya skorlama balonları) anjiyoplastisine randomize etmiştir.⁴⁹ ROTAXUS'a benzer şekilde, PTRa grubunda daha yaygındı (%81'e karşı %98). 9. ayda, stent içi geç lümen kaybı PTRa ve MB grupları arasında farklı değildi (0.22 ± 0.40 mm'ye karşı 0.16 ± 0.39 mm; p=0.21). Hedef lezyon revaskülarizasyonu, stent trombozu ve oranları daha önce bildirilenden çok daha düşük olup ve iki grup arasında fark saptanmıştır. Alınan sonuçlar, modern PKG'de, ciddi kalsifiye koroner lezyonlarda çağdaş DES'den önce PTRa'nın uygulanabilir ve geç stent içi geç lümen kaybında artış olmaksızın daha büyük strateji başarısı ile ilişkili olduğu sonucunu doğrulamaktadır.⁴⁴

Komplikasyonlar

Optimal PTRa teknikleri, işlem öncesi komplikasyonları önlemenin anahtarıdır. Çok merkezli bir Birleşik Krallık çalışması, periferik vasküler hastalık, diyabet, akut koroner sendromlu prezen-tasyon ve daha yüksek SYNTAX skorunun PTRa'yı takiben majör advers kardiyovasküler olayların öngörücüleri olduğunu belirlemiştir.⁵³ Benzer şekilde, Japon PKG(J-PCI) kayıtlarından 13.335 PTRa vakasını içeren bir raporunda, PTRa sonrası daha kötü periprosedürel sonuçların bağımsız öngörücüleri olarak ileri yaş, bozulmuş böbrek fonksiyonu, geçirilmiş ME, acil PKG ve üç damar hastalığı belirlenmiştir.⁵⁴

Operatör, koroner aterektomi kullanımında nispeten yaygın olan çeşitli prosedür komplikasyonlarının bilincinde olmalıdır.

Bradikardi

Rotasyonel aterektomiye eşlik edebilen bradikardi şiddetli olabilir. Tüm koroner arterlere girişim esnasında görülebilmesine rağmen, en sık olarak sağ koroner arter tedavisi ile ilişkilidir. Bazı operatörler tarafından tercih edilen işlem öncesi geçici kalp pili yerleştirilmesi ventriküler perforasyonun bir sonucu olarak kardiyak tamponada yol açabilir. Aminofilin ve atropin kullanımıyla genellikle geçici kalp pili takılmasına gerek duyulmamaktadır.

Yavaş Akım/ No Reflow

Koroner yavaş akım veya 'no-reflow', koroner aterektominin belli başlı komplikasyonlarından biridir. Yavaş akımda rol oynayan faktörler arasında aşırı testere hızları, uzun süreli aterektomi ve ayrıca aterektomi sırasında testere "yavaşlaması" yer alır. Testerenin yavaşlaması, aterektomi hızının ortalama çalışma hızından 5.000 rpm'den fazla düşmesi olarak tanımlanır ve aterektomi sırasında frekanstaki değişiklikler cihaz tarafından sinyalle edilir.

Aterosklerotik debris ve trombüsün mikrovasküler embolizasyonundan, trombosit aktivasyonundan ve vazoaftif mediatörlerden yavaş akım veya no-reflow ortaya çıkar ve periprosedürel ME ile ilişkilidir.⁵⁵ Lezyon boyunca dönen PTRa testeresi tarafından oluşturulan mikrokavitasyonların bu duruma katkıda bulunduğu varsayılmıştır. Bu geçici mikrokavitasyon fenomeni, gelişmiş miyokardiyal eko kontrast etkisi ile in vivo olarak gösterilmiştir ve rotasyonel hızı, testere boyutu ve süresi ile doğrudan ilişkilidir.^{56,57} Güncel raporlarda bu komplikasyonun insidansı yaklaşık % 2,5 olarak bildirilmiştir.⁵⁸ Bu komplikasyona katkıda bulunan teknik

faktörler arasında daha büyük testere boyutları, daha uzun işlemler ve ani yavaşlamalar yer alır.⁵⁹ Optimal teknik, sürekli yıkama solüsyonu kullanımı ve antitrombotik tedavi önleyici stratejilerdir. Tedavinin temel taşı, bir mikro kateter yoluyla distal olarak intrakoronar vazodilatörlerin uygulanmasıdır. Gerektiğinde hidrasyon, vazopressörler veya IABP ile yeterli koroner perfüzyon basıncını korumak da kritik öneme sahiptir.⁶⁰

Diseksiyon ve Perforasyon

PTRA ile koroner diseksiyon insidansı DES döneminde %1.7 ile %5.9 arasında değişmektedir.⁶¹ Şiddetli bir diseksiyon tanımlandığında, PTRA durdurulmalı ve telin gerçek lümen içinde tutulmasına odaklanılmalıdır. Antegrad akım korunursa, prosedür durdurulabilir ve diseksiyon iyileştikten 3-4 hafta sonra prosedür yeniden denenebilir.²⁸ Rotablasyona bağlı koroner perforasyon, %2'ye varan insidans ile nadirdir ve genellikle aşırı boyutlandırma veya testerelemlerin kuvvetli ilerletilmesi gibi kötü teknikle ilişkilidir. Ancak, PTRA'lı PKG ile koroner perforasyon oranlarının PTRA'sız PKG'den daha yüksek olduğu (yaklaşık %0.4) not edilmelidir.⁶² İngiliz Kardiyovasküler Müdahale Derneği (BCIS) veri tabanından bir rapor, önceden koroner arter bypass cerrahisi (KABC) olan hastalarda doğal damarların PKG'si sırasında koroner perforasyonu PTRA'yı bağımsız bir öngördürücü olarak tanımlamıştır.⁶³ PTRA sırasında perforasyonun lezyona özgü belirleyicileri arasında aşırı kıvrımlılık, açılanma, uzun lezyon ve RCA veya sol sirkumfleks (Cx) arterdeki yerleşim yer alır.⁶⁴ Damar angulasyonu veya kıvrımlılıkla ilgili tel sapması hem diseksiyona hem de perforasyona katkıda bulunur. Tedavi stratejileri arasında antikoagülasyonun kesilmesi, balon dilatasyonu, bobin embolizasyonu ve kaplı stentler yer alır. Perikardiyal tamponad varlığında acil perikardiyosentez de gerekebilir.⁶⁵ Koroner perforasyon da koroner atektominin korkulan komplikasyonlarından biridir. Damarın açılı bir segmentine uzanan klavuz tel perforasyona neden olabilir. Klavuz telin koroner damarın en düz bölgesinde seyretme eğilimine 'wire bias' denir. Bu durum, damar duvarının hastalıklı olmayan kısımları ile testerelemlerin temasına sebep olabilir. Tip 1 ve Tip 2 perforasyonlar genellikle ilave balon anjiyoplasti ile tedavi edilebilir. Tip 3 perforasyonların tedavi edilmesi çok daha zordur, genellikle perikardiyosentez ve / veya acil cerrahi gerektirirler.

Testere Sıkışması

Çok nadir olmakla birlikte, testere damarı ve plağı derinden kavradığı ve cihazın takılmasına veya tamamen durmasına neden olduğu için testere sıkışması meydana gelebilir. Bu durum geliştiğinde, akım tıkanıklığının bir sonucu olarak koroner iskemi gelişecektir. Cihaz atektomiye saat yönünde gerçekleştirdiğinden, testerelemlerin ilerleticiden ayrılması ve testerelemlerin saat yönünün tersine manuel olarak döndürülmesinin cihazın çıkarılmasını kolaylaştırabileceği öne sürülmektedir. Ciddi durumlarda, acil ameliyat ile cihazın cerrahi olarak çıkarılması gerekebilir.

Bir lezyon içinde çapak kalması, PTRA'nın cerrahi müdahale gerektirebilecek ciddi bir komplikasyondur.⁶⁶ Bir lezyon içinde bir kez durdurulduğunda, PTRA testerelemlerin önünde değil, arkasında elmas yongaların bulunması nedeniyle retrograd ablasyon mümkün değildir. Bu komplikasyon, fusiform şekli nedeniyle 1,25 mm testerede daha sık görülür ve PTRA'ya başlamadan önce sistemdeki gerilim kaldırılmazsa ani ileri harekete neden olabilir. Küçük

testere boyutları, kısa çalışma süreleri, kısa segment ablasyonu ve gagalama hareketi ile dikkatli, konservatif teknik, testere sıkışmasını önlemede çok önemlidir. Perkütan kurtarma seçenekleri şunları içerir: tahrik mili üzerinde itme ve çekme ile birlikte 0,014 inç yay ucunu kullanarak PTRA telini çekmek; farklı bir erişim bölgesinden aynı veya farklı klavuz kateter yoluyla sıkışan çapak proksimalinde balon dilatasyonu; klavuz kateterin derin entübasyonu veya mother and child kateterinin yerleştirilmesiyle çapak tahrik milinin kesilmesidir.^{65,67} Yukarıdaki kateter tabanlı tekniklerle çıkarma başarısız olursa, bir kalp cerrahisi konsültasyonu gerekli olacaktır.

Orbital Atektomi

Orbital atektomi (OA), PTRA ile ortak özellikleri paylaşırsa da, etkili testere boyutunu dönme hızının belirlendiği eliptik testere hareketi ilkesine dayanan farklı bir etki mekanizmasına sahiptir.⁶¹

OA cihazı, bir atektomi teli üzerinde 80.000 ila 120.000 rpm hızlarda dönen, eksantrik olarak monte edilmiş, elmas kaplı bir taç kullanır. Taçın kalsifiye bir lezyon boyunca tekrarlanan geçişleri sert plağı parçalar ancak elastik dokunun taçtan uzağa esnemesine izin verir. Taçın yörünge çapı, merkezkaç kuvveti ile radyal olarak genişler. Eliptik yörünge, teorik olarak ısıyı daha verimli bir şekilde dağıtır ve PTRA'dan daha küçük parçacıklar oluşturarak tedavi sırasında kanın taç etrafında akmasına izin verir.⁶⁸

Ekipman

Diamondback 360° Orbital Atektomi Sistemi (Kardiyovasküler Sistemler, St. Paul, MN), 0,012 inç, 325 cm ViperWire üzerinde çalışır. Sistem bir el cihazı ve bir atektomi kontrolöründen oluşur. OA prosedürünün bazı teknik yönleri, PTRA sırasında kullanılanlara benzer, ancak bazı farklılıklar mevcuttur. Koroner lezyon Viper-wire ile geçilerek işleme başlanır. Orbital atektomi, taç çapı 1.25, 1.50, 1.75 veya 2.00 mm olan cihazlarla gerçekleştirilir. Atektomi cihazının önde gelen ucu, ViperWire'in distal opak kısmının 5 mm'si içinde asla ilerletilmez ve ablasyon çalışmalarının her biri 30 saniye ile sınırlıdır. Her lezyonu tedavi etmek için çoklu atektomi taçları kullanılabilirse de, klinik çalışmalarda ortalama kron sayısı 1,1 ila 1,3 arasında değişmektedir.

Lezyon Seçimi

Orbital atektominin, uzunlamasına bakıldığında arter duvarının her iki tarafında floroskopik olarak en az 15 mm veya intravasküler ultrason (IVUS) eşliğinde enine kesitte görüntülenen en az 270 derecelik bir kalsiyum arkı varlığında şiddetli (ciddi) kalsifikasyon olarak tanımlanan lezyonlarda kullanılması önerilmektedir.⁶⁹

Klinik Sonuçlar

ORBIT I çalışmasına, OA ile tedavi edilen ve ardından stent yerleştirilen ciddi derecede kalsifiye lezyonları olan 50 hasta dahil edilmiştir. 47 hastada (%94) işlem başarısı sağlanırken, 2 hastada (%4) MACE bildirilmiştir. Anjiyografik komplikasyonlar 6 hastada gelişen (%12) diseksiyon ve 1 hastada oluşan (%2) koroner perforasyondur.⁶⁸

De novo, şiddetli kalsifiye koroner lezyonların tedavisinde orbital atektomi sisteminin güvenliğini ve etkinliğini değerlendirmeye

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

yönelik ORBIT II çalışmasında, ABD'deki 49 merkezde tedavi edilen ciddi kalsifiye koroner lezyonları olan 443 hasta dahil edilmiştir. 30 gün içinde MACE yaşanmaması olan birincil sonlanıma hastaların %89.6'sında ulaşılmıştır. Olguların %98.6'sında %50'den az darlık sağlanmış ve %97.7'sinde stent implante edilmiştir. Düşük hastane içi Q-dalga ME oranları (%0.7), kardiyak ölüm (%0.2) ve hedef damar vaskülarizasyonu (%0.7) bildirilmiştir. 15 hastada (%3.4) izlenen anlamlı diseksiyon ve 8 hastada (%1.8) oluşan perforasyon anjiyografik komplikasyonları oluşturmaktadır.⁶⁹

Şiddetli kalsifiye koroner lezyonları olan hastaların tedavisinde OA'nın PTR'A'ya karşı rolü, yerel uzmanlık ve iki cihazın nispi maliyeti gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Yönlü Koroner Aterektomi

1990 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından kayıt verileri kullanılarak tek yönlü koroner aterektomi (TKA) cihazının onaylanmasından sonra, TKA ile stentli ve stentsiz PKG'yi karşılaştıran birkaç randomize çalışma TKA'nın klinik yararını göstermede başarısız olmuştur. Günümüzde ABD'de koroner endikasyonlar için hiçbir TKA cihazı kullanılmamaktadır.

Kesici Balon Anjiyoplastisi

Kesici balon anjiyoplastisi (KBA) veya aterotomi, geleneksel PKG'nin bir varyasyonudur. KBA'da, üç veya dört keskin metal mikrotom bıçakları (aterotomlar) nonkompliyen bir balona monte edilmiştir. Aterotomlar inmiş haldeki balon materyalinin içine uzun aksları boyunca yerleşmişlerdir; yaklaşık bir dakika içinde yavaşça açılırlar. Koroner sirkülasyonda travma riskini minimize etmek için aterotomlar balon materyalinin içine katlanır.

Hareket Mekanizması

Kesici balon aterotomisinin kullanılmasının amacı, konvansiyonel balon dilatasyonunun neden olduğu damar duvarında kontrolsüz uzunlamasına yırtık riskini azaltmaktır. Geleneksel PKG ile karşılaştırıldığında, KBA ateromatöz plakta daha düşük basınçlarda kontrollü mikro insizyonlar yapar. Küçük çalışmalar, lezyonların geleneksel balonlara göre kesme balonlarıyla daha düşük basınçta dilate edilebileceğini doğrulamıştır.⁷⁰

180 lezyonun incelendiği bir çalışmada, yeterli lümen genişlemesi KBA ile daha düşük basınçlar ile sağlanırken IVUS ile ölçülen ke-sitsel alanındaki artış KBA yapılanlarda daha fazla saptanmıştır. Kalsifiye lezyonlarda KBA, PTG'den daha büyük lümen kazanımları elde etmiştir.⁷¹

Kesici balon hazırlanması işlemi PKG için yapılan hazırlığa benzerdir.⁷² Konvansiyonel balona göre daha geniş yapıya sahip olması nedeni ile bazı lezyonları geçerken ekstra destek özelliği olan kateterler gerekli olabilir. Lezyon koroner kılavuz tel ile geçilir ve kesici balon lezyon bölgesine getirilir. Bu cihaz kısa lezyonları tedavi etmek için dizayn edilmiştir. Lezyon geçildikten sonra balon 10- 20 sn kadar 2 atm ye kadar şişirilir ve son basınç olarak 4-8 atm ye kadar çıkılır. Balon indirilmesi PKG'ye benzer şekilde yapılır ve cihaz klavuz katatere geri alınır.

Ekipman

Kesme Balonu Ultra-2 (Boston Scientific) monoray bir cihazdır,

Flextome Kesme Balonu (Boston Scientific) ise iki konfigürasyona sahiptir.Flextome cihazı, daha fazla esneklik ve iletilebilirlik için aterotomların uzunluğu boyunca her 5 mm'de bir esnek bölüm içerir. Kesme bıçakları veya aterotomlar, balon yüzeyi boyunca uzunlamasına monte edilir. Aterotomlar doğrudan balona yapıştırılmak yerine balon üzerine monte edilmiş bir pede yapıştırılmıştır. Çift baş esnekliğe izin verir ancak aterotomların yerinde sıkıca sabit kalmasını sağlar.Aterotom sayısı balon çapına bağlıdır. Üç aterom 2.0 ve 3.25 mm balonlarda ve dördü ise 3.5 ve 4.0 mm balonlarda yer almaktadır.

Teknik

KBA için kullanılan kılavuz teller, kateterler ve teknikler, geleneksel PKG için kullanılanlara benzerdir. Ancak, kesme balonları daha az kompliyen olmaları nedeni ile geleneksel PKG kateterleri kadar kolay yönlendirilemeyebilirler. Balonun yavaşça şişirilip söndürülmesi ve nominal patlama veya üzerindeki balon basınçlarından kaçınılmasıyla, bıçağın kırılması veya takılması riski azaltılır.

Lezyon Seçimi

Kesici balon anjioplasti fokal dirençli lezyonlar, instent restenozu, ostial ve bifurkasyon lezyonlar için tercih edilmektedir. Trombüs ve konsantrik ciddi kalsifikasyon varlığında, stent stratlarının arasından, koroner vazospazm varlığında, damar açılmasının 45 dereceden fazla olduğu durumlarda kullanımı kontraendikedir. Bifurkasyon lezyonları; plak kayması ve yüksek restenoz oranları nedeniyle konvansiyonel balon anjiyoplasti için oldukça zorlayıcı lezyonlardır. Bifurkasyon lezyonu olan 87 hastadan oluşan küçük, randomize olmayan bir seride, KBA kullanımı PKG'den daha düşük restenoz oranları ile ilişkilendirilmiştir (%40'a karşı %67).⁷³ Birçok girişimsel kardiyolog, kesme balonları geleneksel balonlara oranla daha az kaydığı için ostial lezyonlar veya stent içi restenozlarda KBA'ya tercih etmektedir.⁷⁴⁻⁷⁶

Kesici balon anjiyoplasti in-stent restenoz için yapılan PKG sırasında stent dışına kayma nedeniyle oluşacak koroner arter travmasından kaçınmak için veya yan dalların ostial lezyonlarında uygulanabilir. Ancak, PKG sırasında rutin kullanımı önerilmemektedir.⁴

Tablo 3. Kesici Balon Anjiyoplastinin Endikasyonları ve Kontraendikasyonları

| Endikasyonlar | Kontraendikasyonlar |
|---|--------------------------------------|
| Yüksek basınçlı balona dirençli lezyon | Trombüs |
| Diskret(<15mm) veya tübüler (10-29mm) lezyonlar | Diseksiyon |
| Referans damar çapı 2-4 mm | >45 derece açılma |
| İnstent restenoz | Stent stratlarının arasında kullanım |
| Bifurkasyon lezyonlar Osteal lezyonlar | Koroner vazospazm |

Komplikasyon

Koroner perforasyon riski, KBA kullanımından sonra geleneksel PKG'ye göre biraz daha yüksektir (%0,8ie karşı %0,0).⁷⁴

Klinik Sonlanımlar

KBA ile PKG'yi karşılaştıran, 200'den az hastayı içeren birkaç küçük çalışma, KBA'nın restenozu %41 ile %69 oranında azalttığını bildirmiştir.^{70, 77-79}

Stent içi restenoz (SİR) için KBA ile PKG'yi balon PKG ile karşılaştıran diğer küçük çalışmalar gibi birkaç büyük çalışma da genel olarak restenozda fark bulmamıştır.⁸⁰ 1238 hastanın randomize edildiği GRT çalışmasında, KBA ile balon PKG arasında anjiyografik restenoz açısından hiçbir fark gösterilememiştir (%31,4'e karşı %30,4) [74]. SİR'li 428 hastanın dahil edildiği RESCUT çalışmasında KBA ile balon PKG arasında restenoz açısından hiçbir fark bildirilmemiştir (%29,8'e karşı %31,4).⁷⁶

Sırasıyla 802 ve 416 hastanın dahil edildiği REDUCE 1 ve REDUCE 2 çalışmalarında, KBA yapılan hastalarda PKG yapılanlara göre daha yüksek restenoz oranları saptanmıştır (REDUCE1 %32,7'ye karşı %25,5, REDUCE2 %52,1'e karşı %44,2).⁸¹

REDUCE 3 çalışması koroner stentleme geçiren 453 hastayı randomize etmiş ve KBA kullanımından sonra PKG'ya göre daha düşük restenoz oranları görülmüştür (%11,8'e karşı %19,6).

RESCUT çalışmasında kesici balon, instent restenozunda balon anjiyoplasti ile karşılaştırmış, ikincil restenoz primer sonlanım noktası kabul edilmiştir. Bu çalışmada 9 aylık anjiyografik restenoz oranları, 1 yıllık kümülatif MACE oranlarında olduğu gibi her iki cihaz için benzer olarak hesaplanmıştır.⁷⁶

Scoring Balon Anjiyoplasti

AngioSculpt scoring balon kateteri (AngioScore, Fremont, CA), kesme balonuna bir alternatiftir. Scoring balonu, ateromatöz plağı 18 atm'ye kadar olan basınçlarda kesmek için üç dikdörtgen spiral destekli esnek bir nitinol şeridi içerir. Düşük bir geçiş profiline sahip olan sistem, kesme balonuna daha esnek bir alternatif olarak tanıtılmaktadır, ancak cihazın çok merkezli randomize çalışma sonuçları bildirilmemiştir.

Laser Anjiyoplasti

Fotokimyasal ayrışma mekanizması yoluyla dokuyu buharlaştırdığı varsayılan lazerlerin kullanımı oldukça çekicidir. Günümüzde onay almış tek ticari cihaz, 308 nm. dalga boyunda ultraviyole ışın yayan CVX300 (Spectranetics, Colorado Springs, CO)'dir.

Hareket Mekanizması

Tüm tıbbi lazerlerin baskın mekanizması termomekanik bir süreci içerir. Excimer lazer durumunda, protein ve nükleik asit kromoforları lazer ışığını 308 nm'de emer ve ısıyı suya aktarır. Hücre içi su buharlaşır ve lazer kateterin çapının iki katına ulaşan kabarcıklar oluşturur. Hacimdeki artış hücreleri parçalar ve ısınmış dokudan uzağa yayılan onlarca kilobar'a kadar stres dalgaları üretir. Ortaya çıkan barotravma, sert ve genişletilemeyen lezyonları stent implantasyonuna hazırlamak için kullanılabilir.^{82,83}

Teknik

Anjiyoplasti için kullanılan lazer kateterlerin boyutu, hedef damarın referans çapının üçte ikisinden fazla olmamalıdır. Şiddetli stenozlarda başarılı geçiş olasılığını artırmak için en küçük lazer kateterler önerilir.

Doku tahribatından kaçınmak için lazer enerjisi koroner dolaşım ile eş doğrultuda ilerletilmelidir. 45 derecenin üzerindeki açılar, dejenere ven greftlerindeki gibi zayıf, hassas materyal ve koroner diseksiyon lazer uygulaması için rölatif kontraendikasyonlardır. Rotasyonel atektomide olduğu gibi kısa süreli çoklu uygulama maksimum plak ablasyonu sağlarken en az akustik hasar ve koroner komplikasyona neden olur.

Excimer lazer koroner anjiyoplasti (ELKA) sırasında koroner arterden kan ve kontrastın boşaltılması, kollateral hasarı azaltır.⁸⁴ Bu, tüm hatları salınla yıkayarak ve lazer aktivasyonu sırasında kılavuz kateterden saniyede 2 ila 3 mL hızında salin enjekte ederek elde edilir.

Lezyonlar dilate edilemez veya geçilemez ise, ELKA'nın kan alanında salin yıkama olmadan kullanılması, fotomekanik etkileri artırarak ve başarılı geçişi sağlayabilir.^{83,85,86}

Kateter salonundaki herkesin oküler hasar riski nedeniyle özel koruyucu kullanması gerekmektedir.

Endikasyonlar

Lazer anjiyoplasti, rutin balon anjiyoplasti ile geçilemeyen veya dilate edilemeyen fibrotik veya orta derecede kalsifik lezyonlar için uygulanabilir. PKG sırasında rutin kullanımı ise önerilmemektedir.⁴

Tablo 4. Koroner Lazer Anjiyoplasti Endikasyonları ve Kontraendikasyonları

| Endikasyonlar | Kontraendikasyonlar |
|---|------------------------------------|
| Tıkalı safen ven greftleri | Korunmamış sol ana koroner arter |
| Osteal lezyonlar | Katater ile ulaşılamayan lezyon |
| 20 mm'den uzun lezyonlar | Bifurkasyon lezyonu |
| Kılavuz tel ile geçilebilen KTO | Koroner bypass adayı olmayan hasta |
| Başarısız PKG Restenoz için brakiterapi öncesinde | |

KTO: kronik total oklüzyon; PKG: perkütan koroner anjiyoplasti

Klinik Sonuçları

AMRO ve LAVA çalışmalarında lazer ve balon anjiyoplasti, primer sonlanım olarak 6 aylık klinik sonuçları açısından değerlendirilmiştir. Lazer anjiyoplasti grubunda, balon anjiyoplasti grubuna göre revaskülarizasyon ve koroner komplikasyon oranları belirgin şekilde daha yüksek oranda görülmüştür. Bu çalışmalara göre de novo lezyonlar için rutin lazer anjiyoplasti önerilmemektedir.⁸⁷

Lazer anjiyoplastinin in-stent restenozu inceleyen tek merkezli deneyimlerinde başarılı sonuçlar bildirilmiştir. Ancak, diğer tedavi yöntemleri ile etkinlik ve güvenilirliğini karşılaştıran bir çalışma yoktur.

Lazer anjiyoplastinin optimal kullanımı 'over the wire' kullanımına dayalıdır. Ancak KTO gibi bazı lezyonlarda telin geçmesi mümkün değildir. Tıkalı damarda geçmeyi kolaylaştırmak için lazer başlıklı bir tel geliştirilmiştir. Randomize TOTAL çalışmasında, lazer yar-

dımlı anjiyografi ve stent implantasyonu vakaların %91 inde başarı sağlanmıştır. 6 aylık anjiyografik restenoz oranları her iki grup için benzer ve yüksek saptanmıştır. Her iki grupta da MACE oranları benzer izlenmiştir.⁸⁸ Birkaç randomize çalışma, darbeli dalga lazerlerini diğer tedavi modaliteleri ile karşılaştırmış, ancak hiçbir geleneksel PTCA'ya göre bir fayda göstermemiştir.^{87, 89, 90}

Lezyon Seçimi

ELKA yedi lezyon tipi için onaylanmış olmasına rağmen bazı girişimsel kardiyologlar, bu yöntemi sadece dilate olmayan lezyonlar için tercih etmektedirler.

1. Uzun lezyonlar
2. Orta derecede kalsifiye lezyonlar
3. Brakiterapi öncesi ISR
4. Safen ven greft lezyonları
5. Ostial lezyonlar
6. Total oklüzyonlar
7. Genişletilemeyen lezyonlar

Komplikasyonlar

Diğer koroner girişim cihazlarına benzer olarak diseksiyon, perforasyon ve akut stenoz riskleri mevcuttur.

Sonuç

Başlangıçta PKG'ya bir alternatif olarak araştırılan ateroablatif cihazların kullanımı, ağır kalsifiye lezyonların, ostial hastalığın, bifurkasyon stenozlarının ve dilate edilemeyen lezyonların tedavisinde tamamlayıcı veya kolaylaştırıcı bir rol oynamaktadır. Ancak, PKG öncesi rutin kullanımı önerilmemektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Tomey MI, Kini AS, Sharma SK. Current Status of Rotational Atherectomy. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2014 Apr;7(4):345-53. [\[Crossref\]](#)
2. Bourantas C v, Zhang Y-J, Garg S, Iqbal J, Valgimigli M, Windecker S, et al. Prognostic implications of coronary calcification in patients with obstructive coronary artery disease treated by percutaneous coronary intervention: a patient-level pooled analysis of 7 contemporary stent trials. *Heart*. 2014 Aug 1;100(15):1158-64. [\[Crossref\]](#)
3. Généreux P, Madhavan M v, Mintz GS, Maehara A, Palmerini T, LaSalle L, et al. Ischemic Outcomes After Coronary Intervention of Calcified Vessels in Acute Coronary Syndromes. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014 May;63(18):1845-54. [\[Crossref\]](#)
4. Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, Bailey SR, Bittl JA, Cercek B, et al. 2011 ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention. *Circulation*. 2011 Dec 6;124(23). [\[Crossref\]](#)
5. Witzensbichler B, Maehara A, Weisz G, Neumann F-J, Rinaldi MJ, Metzger DC, et al. Relationship Between Intravascular Ultrasound Guidance and Clinical Outcomes After Drug-Eluting Stents. *Circulation*. 2014 Jan 28;129(4):463-70. [\[Crossref\]](#)
6. Tomey MI, Kini AS, Sharma SK. Current Status of Rotational Atherectomy. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2014 Apr;7(4):345-53. [\[Crossref\]](#)
7. Hinohara T, Rowe MH, Robertson GC, Selmon MR, Braden L, Leggett JH, et al. Effect of lesion characteristics on outcome of directional coronary atherectomy. *Journal of the American College of Cardiology*. 1991 Apr;17(5):1112-20. [\[Crossref\]](#)
8. Litvack F, Grundfest W, Eigler N, Tsoi D, Goldenberg T, Laudenslager J, et al. Percutaneous Excimer Laser Coronary Angioplasty. *The Lancet*. 1989 Jul;334(8654):102-3. [\[Crossref\]](#)
9. Fourrier JL, Bertrand ME, Auth DC, Lablanche JM, Gommeaux A, Brunetaud JM. Percutaneous coronary rotational angioplasty in humans: Preliminary report. *Journal of the American College of Cardiology*. 1989 Nov;14(5):1278-82. [\[Crossref\]](#)
10. Popma JJ, Leon MB, Mintz GS, Kent KM, Sattler LF, Garrand TJ, et al. Results of coronary angioplasty using the transluminal extraction catheter. *The American Journal of Cardiology*. 1992 Dec;70(20):1526-32. [\[Crossref\]](#)
11. Geschwind HJ, Dubois-Rande J-L, Zelinsky R, Morelle JF, Boussignac G. Percutaneous coronary mid-infra-red laser angioplasty. *American Heart Journal*. 1991 Aug;122(2):552-8. [\[Crossref\]](#)
12. Unterberg C, Buchwald AB, Schmidt T, Kreuzer H, Wlegand V, Barath P. Cutting balloon coronary angioplasty-initial clinical experience. *Clinical Cardiology*. 1993 Sep;16(9):660-4. [\[Crossref\]](#)
13. Schwartz RS, Huber KC, Murphy JG, Edwards WD, Camrud AR, Vlietstra RE, et al. Restenosis and the proportional neointimal response to coronary artery injury: Results in a porcine model. *Journal of the American College of Cardiology*. 1992 Feb;19(2):267-74. [\[Crossref\]](#)
14. Kuntz RE, Gibson CM, Nobuyoshi M, Baim DS. Generalized model of restenosis after conventional balloon angioplasty, stenting and directional atherectomy. *Journal of the American College of Cardiology*. 1993 Jan;21(1):15-25. [\[Crossref\]](#)
15. Appelman YEA, Piek JJ, David GK, Tijssen JGP, Koelemay MJ, Strikwerda S, et al. Randomised trial of excimer laser angioplasty versus balloon angioplasty for treatment of obstructive coronary artery disease. *The Lancet*. 1996 Jan;347(8994):79-84. [\[Crossref\]](#)
16. vom Dahl J, Dietz U, Haager PK, Silber S, Niccoli L, Buettner HJ, et al. Rotational Atherectomy Does Not Reduce Recurrent In-Stent Restenosis. *Circulation*. 2002 Feb 5;105(5):583-8. [\[Crossref\]](#)
17. Baim DS, Cutlip DE, Sharma SK, Ho KKL, Fortuna R, Schreiber TL, et al. Final Results of the Balloon vs Optimal Atherectomy Trial (BOAT). *Circulation*. 1998 Feb 3;97(4):322-31. [\[Crossref\]](#)
18. Izumi M, Tsuchikane E, Funamoto M, Kobayashi T, Sumitsuji S, Otsuji S, et al. Final results of the CAPAS trial. *American Heart Journal*. 2001 Nov;142(5):782-9. [\[Crossref\]](#)
19. Adelman AG, Cohen EA, Kimball BP, Bonan R, Ricci DR, Webb JG, et al. A Comparison of Directional Atherectomy with Balloon Angioplasty for Lesions of the Left Anterior Descending Coronary Artery. *New England Journal of Medicine*. 1993 Jul 22;329(4):228-33. [\[Crossref\]](#)
20. Holmes DR, Topol EJ, Califf RM, Berdan LG, Leya F, Berger PB, et al. A Multicenter, Randomized Trial of Coronary Angioplasty Versus Directional Atherectomy for Patients With Saphenous Vein Bypass Graft Lesions. *Circulation*. 1995 Apr;91(7):1966-74. [\[Crossref\]](#)
21. Dill T. A randomized comparison of balloon angioplasty versus rotational atherectomy in complex coronary lesions (COBRA study). *European Heart Journal*. 2000 Nov 1;21(21):1759-66. [\[Crossref\]](#)
22. Mauri L, Reisman M, Buchbinder M, Popma JJ, Sharma SK, Cutlip DE, et al. Comparison of rotational atherectomy with conventional balloon angioplasty in the prevention of restenosis of small coronary arteries. *American Heart Journal*. 2003 May;145(5):847-54. [\[Crossref\]](#)
23. Reifart N, Vandormael M, Krajcar M, Göhring S, Preusler W, Schwarz

- F, et al. Randomized Comparison of Angioplasty of Complex Coronary Lesions at a Single Center. *Circulation*. 1997 Jul;96(1):91-8. [\[Crossref\]](#)
24. Stankovic G, Colombo A, Bersin R, Popma J, Sharma S, Cannon LA, et al. Comparison of directional coronary atherectomy and stenting versus stenting alone for the treatment of de novo and restenotic coronary artery narrowing. *The American Journal of Cardiology*. 2004 Apr;93(8):953-8. [\[Crossref\]](#)
 25. Bittl JA, Chew DP, Topol EJ, Kong DF, Califf RM. Meta-Analysis of randomized trials of percutaneous transluminal coronary angioplasty versus atherectomy, cutting balloon atherotomy, or laser angioplasty. *Journal of the American College of Cardiology*. 2004 Mar;43(6):936-42. [\[Crossref\]](#)
 26. Tomey MI, Kini AS, Sharma SK. Current Status of Rotational Atherectomy. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2014 Apr;7(4):345-53. [\[Crossref\]](#)
 27. Watt J, Oldroyd KG. Radial versus femoral approach for high-speed rotational atherectomy. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2009 Oct 1;74(4):550-4. [\[Crossref\]](#)
 28. Barbato E, Carrié D, Dardas P, Fajadet J, Gaul G, Haude M, et al. European expert consensus on rotational atherectomy. *EuroIntervention*. 2015 May;11(1):30-6. [\[Crossref\]](#)
 29. Matsuo H, Watanabe S, Watanabe T, Warita S, Kojima T, Hirose T, et al. Prevention of no-reflow/slow-flow phenomenon during rotational atherectomy-A prospective randomized study comparing intracoronary continuous infusion of verapamil and nicorandil. *American Heart Journal*. 2007 Nov;154(5):994.e1-994.e6. [\[Crossref\]](#)
 30. Cohen BM, Weber VJ, Blum RR, Ruck BE, Cohen DE, Haik BJ, et al. Cocktail attenuation of rotational ablation flow effects (CARAFE) study: pilot. *Catheterization and cardiovascular diagnosis*. 1996;Suppl 3:69-72.
 31. Hanna GP, Yhip P, Fujise K, Schroth GW, Rosales OR, Anderson H v, et al. Intracoronary adenosine administered during rotational atherectomy of complex lesions in native coronary arteries reduces the incidence of no-reflow phenomenon. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 1999 Nov;48(3):275-8. [\[Crossref\]](#)
 32. Sharma SK, Tomey MI, Teirstein PS, Kini AS, Reitman AB, Lee AC, et al. North American Expert Review of Rotational Atherectomy. *Circulation Cardiovascular interventions*. 2019;12(5):e007448. [\[Crossref\]](#)
 33. Whitlow PL, Bass TA, Kipperman RM, Sharaf BL, Ho KKL, Cutlip DE, et al. Results of the study to determine rotablator and transluminal angioplasty strategy (STRATAS). *The American Journal of Cardiology*. 2001 Mar;87(6):699-705. [\[Crossref\]](#)
 34. Gupta T, Weinreich M, Greenberg M, Colombo A, Latib A. Rotational Atherectomy: A Contemporary Appraisal. *Interventional Cardiology Review*. 2019 Nov 18;14(3):182-9. [\[Crossref\]](#)
 35. Kawamoto H, Latib A, Ruparella N, Ielasi A, D'Ascenzo F, Pennacchi M, et al. In-hospital and midterm clinical outcomes of rotational atherectomy followed by stent implantation: the ROTATE multicentre registry. *EuroIntervention : journal of EuroPCR in collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*. 2016 Dec 20;12(12):1448-56. [\[Crossref\]](#)
 36. Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, Kent KM, Satler LF, Chuang YC, et al. Patterns of calcification in coronary artery disease. A statistical analysis of intravascular ultrasound and coronary angiography in 1155 lesions. *Circulation*. 1995 Apr 1;91(7):1959-65. [\[Crossref\]](#)
 37. Moussa I, Ellis SG, Jones M, Kereiakes DJ, McMartin D, Rutherford B, et al. Impact of coronary culprit lesion calcium in patients undergoing paclitaxel-eluting stent implantation (a TAXUS-IV sub study). *The American journal of cardiology*. 2005 Nov 1;96(9):1242-7. [\[Crossref\]](#)
 38. Yabushita H, Bouma BE, Houser SL, Aretz HT, Jang I-K, Schlendorf KH, et al. Characterization of human atherosclerosis by optical coherence tomography. *Circulation*. 2002 Sep 24;106(13):1640-5. [\[Crossref\]](#)
 39. Reifart N, Vandormael M, Krajcar M, Göhring S, Preusler W, Schwarz F, et al. Randomized comparison of angioplasty of complex coronary lesions at a single center. Excimer Laser, Rotational Atherectomy, and Balloon Angioplasty Comparison (ERBAC) Study. *Circulation*. 1997 Jul 1;96(1):91-8. [\[Crossref\]](#)
 40. Dill T. A randomized comparison of balloon angioplasty versus rotational atherectomy in complex coronary lesions (COBRA study). *European Heart Journal*. 2000 Nov 1;21(21):1759-66. [\[Crossref\]](#)
 41. Moussa I, di Mario C, Moses J, Reimers B, di Francesco L, Martini G, et al. Coronary stenting after rotational atherectomy in calcified and complex lesions. Angiographic and clinical follow-up results. *Circulation*. 1997 Jul 1;96(1):128-36. [\[Crossref\]](#)
 42. Moses JW, Leon MB, Popma JJ, Fitzgerald PJ, Holmes DR, O'Shaughnessy C, et al. Sirolimus-eluting stents versus standard stents in patients with stenosis in a native coronary artery. *The New England journal of medicine*. 2003 Oct 2;349(14):1315-23. [\[Crossref\]](#)
 43. Stone GW, Ellis SG, Cox DA, Hermiller J, O'Shaughnessy C, Mann JT, et al. A polymer-based, paclitaxel-eluting stent in patients with coronary artery disease. *The New England journal of medicine*. 2004 Jan 15;350(3):221-31. [\[Crossref\]](#)
 44. Abdel-Wahab M, Baev R, Dieker P, Kassner G, Khattab AA, Toelg R, et al. Long-term clinical outcome of rotational atherectomy followed by drug-eluting stent implantation in complex calcified coronary lesions. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2013 Feb;81(2):285-91. [\[Crossref\]](#)
 45. Rathore S, Matsuo H, Terashima M, Kinoshita Y, Kimura M, Tsuchikane E, et al. Rotational atherectomy for fibro-calcific coronary artery disease in drug eluting stent era: procedural outcomes and angiographic follow-up results. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2010 May 1;75(6):919-27. [\[Crossref\]](#)
 46. Vaquerizo B, Serra A, Miranda F, Triano JL, Sierra G, Delgado G, et al. Aggressive plaque modification with rotational atherectomy and/or cutting balloon before drug-eluting stent implantation for the treatment of calcified coronary lesions. *Journal of interventional cardiology*. 2010 Jun;23(3):240-8. [\[Crossref\]](#)
 47. Furuichi S, Sangiorgi G, Godino C, Airoidi F, Montorfano M, Chieffo A, et al. Rotational atherectomy followed by drug-eluting stent implantation in calcified coronary lesions. *EuroIntervention*. 2009 Aug;5(3):370-4. [\[Crossref\]](#)
 48. Clavijo LC, Steinberg DH, Torguson R, Kuchlakanti PK, Chu WW, Fournadjiev J, et al. Sirolimus-eluting stents and calcified coronary lesions: clinical outcomes of patients treated with and without rotational atherectomy. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2006 Dec;68(6):873-8. [\[Crossref\]](#)
 49. Abdel-Wahab M, Richardt G, Joachim Büttner H, Toelg R, Geist V, Meinertz T, et al. High-Speed Rotational Atherectomy Before Paclitaxel-Eluting Stent Implantation in Complex Calcified Coronary Lesions. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2013 Jan;6(1):10-9. [\[Crossref\]](#)
 50. Safian RD, Feldman T, Muller DWM, Mason D, Schreiber T, Haik B, et al. Coronary angioplasty and Rotablator atherectomy trial (CARAT): Immediate and late results of a prospective multicenter randomized trial. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2001 Jun;53(2):213-20. [\[Crossref\]](#)
 51. vom Dahl J, Dietz U, Haager PK, Silber S, Niccoli L, Buettner HJ, et al. Rotational Atherectomy Does Not Reduce Recurrent In-Stent Restenosis. *Circulation*. 2002 Feb 5;105(5):583-8. [\[Crossref\]](#)
 52. Mauri L, Reisman M, Buchbinder M, Popma JJ, Sharma SK, Cutlip DE, et al. Comparison of rotational atherectomy with conventional balloon angioplasty in the prevention of restenosis of small coronary arteries. *American Heart Journal*. 2003 May;145(5):847-54. [\[Crossref\]](#)

53. Eftychiou C, Barmby DS, Wilson SJ, Ubaid S, Markwick AJ, Makri L, et al. Cardiovascular Outcomes Following Rotational Atherectomy: A UK Multicentre Experience. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2016 Oct;88(4):546-53. [\[Crossref\]](#)
54. Sakakura K, Inohara T, Kohsaka S, Amano T, Uemura S, Ishii H, et al. Incidence and Determinants of Complications in Rotational Atherectomy: Insights From the National Clinical Data (J-PCI Registry). *Circulation Cardiovascular interventions*. 2016;9(11). [\[Crossref\]](#)
55. Ellis SG, Popma JJ, Buchbinder M, Franco I, Leon MB, Kent KM, et al. Relation of clinical presentation, stenosis morphology, and operator technique to the procedural results of rotational atherectomy and rotational atherectomy-facilitated angioplasty. *Circulation*. 1994 Feb;89(2):882-92. [\[Crossref\]](#)
56. Zotz RJ, Erbel R, Philipp A, Judt A, Wagner H, Lauterborn W, et al. High-speed rotational angioplasty-induced echo contrast in vivo and in vitro optical analysis. *Catheterization and cardiovascular diagnosis*. 1992 Jun;26(2):98-109. [\[Crossref\]](#)
57. Zotz R, Stähr P, Erbel R, Auth D, Meyer J. Analysis of high-frequency rotational angioplasty-induced echo contrast. *Catheterization and cardiovascular diagnosis*. 1991 Feb;22(2):137-44. [\[Crossref\]](#)
58. Abdel-Wahab M, Richardt G, Joachim Büttner H, Toelg R, Geist V, Meinerz T, et al. High-speed rotational atherectomy before paclitaxel-eluting stent implantation in complex calcified coronary lesions: the randomized ROTAXUS (Rotational Atherectomy Prior to Taxus Stent Treatment for Complex Native Coronary Artery Disease) trial. *JACC Cardiovascular interventions*. 2013 Jan;6(1):10-9. [\[Crossref\]](#)
59. Barbato E, Carrié D, Dardas P, Fajadet J, Gaul G, Haude M, et al. European expert consensus on rotational atherectomy. *EuroIntervention : journal of EuroPCR in collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*. 2015 May;11(1):30-6. [\[Crossref\]](#)
60. Sharma SK, Tomey MI, Teirstein PS, Kini AS, Reitman AB, Lee AC, et al. North American Expert Review of Rotational Atherectomy. *Circulation Cardiovascular interventions*. 2019;12(5):e007448. [\[Crossref\]](#)
61. Tomey MI, Kini AS, Sharma SK. Current Status of Rotational Atherectomy. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2014 Apr;7(4):345-53. [\[Crossref\]](#)
62. Shimony A, Joseph L, Mottillo S, Eisenberg MJ. Coronary artery perforation during percutaneous coronary intervention: a systematic review and meta-analysis. *The Canadian journal of cardiology*. 27(6):843-50. [\[Crossref\]](#)
63. Kinnaird T, Anderson R, Ossei-Gerning N, Cockburn J, Sirker A, Ludman P, et al. Coronary Perforation Complicating Percutaneous Coronary Intervention in Patients With a History of Coronary Artery Bypass Surgery: An Analysis of 309 Perforation Cases From the British Cardiovascular Intervention Society Database. *Circulation Cardiovascular interventions*. 2017 Sep;10(9). [\[Crossref\]](#)
64. Cohen BM, Weber VJ, Relsman M, Casale A, Dorros G. Coronary perforation complicating rotational ablation: the U.S. multicenter experience. *Catheterization and cardiovascular diagnosis*. 1996;Suppl 3:55-9.
65. Sharma SK, Tomey MI, Teirstein PS, Kini AS, Reitman AB, Lee AC, et al. North American Expert Review of Rotational Atherectomy. *Circulation Cardiovascular interventions*. 2019;12(5):e007448. [\[Crossref\]](#)
66. Sulimov DS, Abdel-Wahab M, Toelg R, Kassner G, Geist V, Richardt G. Stuck rotablator: the nightmare of rotational atherectomy. *EuroIntervention : journal of EuroPCR in collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*. 2013 Jun 22;9(2):251-8. [\[Crossref\]](#)
67. Sakakura K, Ako J, Momomura S. Successful removal of an entrapped rotablation burr by extracting drive shaft sheath followed by balloon dilatation. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2011 Oct 1;78(4):567-70. [\[Crossref\]](#)
68. Parikh K, Chandra P, Choksi N, Khanna P, Chambers J. Safety and feasibility of orbital atherectomy for the treatment of calcified coronary lesions. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2013 Jun 1;81(7):1134-9. [\[Crossref\]](#)
69. Chambers JW, Feldman RL, Himmelstein SI, Bhatheja R, Villa AE, Strickman NE, et al. Pivotal Trial to Evaluate the Safety and Efficacy of the Orbital Atherectomy System in Treating De Novo, Severely Calcified Coronary Lesions (ORBIT II). *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2014 May;7(5):510-8. [\[Crossref\]](#)
70. Ergene, Seyithanoglu, Tastan, Ergene, Kozan, Belgi, et al. Comparison of Angiographic and Clinical Outcome After Cutting Balloon and Conventional Balloon Angioplasty in Vessels Smaller than 3 mm in Diameter: A Randomized Trial. *The Journal of invasive cardiology*. 1998 Mar;10(2):70-5.
71. Okura H, Hayase M, Shimodozono S, Kobayashi T, Sano K, Matsushita T, et al. Mechanisms of acute lumen gain following cutting balloon angioplasty in calcified and noncalcified lesions: An intravascular ultrasound study. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2002 Dec;57(4):429-36. [\[Crossref\]](#)
72. Lee MS, Singh V, Nero TJ, Wilentz JR. Cutting balloon angioplasty. *The Journal of invasive cardiology*. 2002 Sep;14(9):552-6.
73. TAKEBAYASHI H, HARUTA S, KOHNO H, ICHINOSE H, TANIGUCHI M, SHIMAKURA T, et al. Immediate and 3-Month Follow-Up Outcome After Cutting Balloon Angioplasty for Bifurcation Lesions. *Journal of Interventional Cardiology*. 2004 Feb;17(1):1-7. [\[Crossref\]](#)
74. Mauri L, Bonan R, Weiner BH, Legrand V, Bassand J-P, Popma JJ, et al. Cutting balloon angioplasty for the prevention of restenosis: results of the Cutting Balloon Global Randomized Trial. *The American Journal of Cardiology*. 2002 Nov;90(10):1079-83. [\[Crossref\]](#)
75. Ozaki Y, Yamaguchi T, Suzuki T, Nakamura M, Kitayama M, Nishikawa H, et al. Impact of Cutting Balloon Angioplasty (CBA) Prior to Bare Metal Stenting on Restenosis A Prospective Randomized Multicenter Trial Comparing CBA With Balloon Angioplasty (BA) Before Stenting (REDUCE III). *Circulation Journal*. 2007;71(1):1-8. [\[Crossref\]](#)
76. Albiero R, Silber S, di Mario C, Cernigliaro C, Battaglia S, Reimers B, et al. Cutting balloon versus conventional balloon angioplasty for the treatment of in-stent restenosis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2004 Mar;43(6):943-9. [\[Crossref\]](#)
77. Izumi M, Tsuchikane E, Funamoto M, Kobayashi T, Sumitsuji S, Otsuji S, et al. Final results of the CAPAS trial. *American Heart Journal*. 2001 Nov;142(5):782-9. [\[Crossref\]](#)
78. Per Mølstad YMSG. The Barath Cutting Balloon Versus Conventional Angioplasty: A Randomized Study Comparing Acute Success Rate and Frequency of Late Restenosis. *Scandinavian Cardiovascular Journal*. 1998 Jan 12;32(2):79-85. [\[Crossref\]](#)
79. Montorsi P, Galli S, Fabbicchi F, Trabattini D, Ravagnani PM, Bartorelli AL. Randomized trial of conventional balloon angioplasty versus cutting balloon for in-stent restenosis. Acute and 24-hour angiographic and intravascular ultrasound changes and long-term follow-up. *Italian heart journal : official journal of the Italian Federation of Cardiology*. 2004 Apr;5(4):271-9.
80. Schlüter M, Tübler T, Lansky AJ, Kähler S, Berger J, Mathey DG, et al. Angiographic and clinical outcomes at 8 months of cutting balloon angioplasty and -brachytherapy for native vessel in-stent restenosis (BETACUT): Results from a stopped randomized controlled trial. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2005 Nov;66(3):320-6. [\[Crossref\]](#)
81. Bittl JA, Chew DP, Topol EJ, Kong DF, Califf RM. Meta-Analysis of randomized trials of percutaneous transluminal coronary angioplasty versus atherectomy, cutting balloon atherotomy, or laser angioplasty. *Journal of the American College of Cardiology*. 2004 Mar;43(6):936-42. [\[Crossref\]](#)
82. Bittl JA. Physical aspects of excimer laser angioplasty for undilatable lesions. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2008 May 1;71(6):808-9. [\[Crossref\]](#)

83. Noble S, Bilodeau L. High energy excimer laser to treat coronary in-stent restenosis in an underexpanded stent. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2008 May 1;71(6):803-7. [\[Crossref\]](#)
84. Deckelbaum LI, Natarajan MK, Bittl JA, Rohlf K, Scott J, Chisholm R, et al. Effect of intracoronary saline infusion on dissection during excimer laser coronary angioplasty: A randomized trial. *Journal of the American College of Cardiology*. 1995 Nov;26(5):1264-9. [\[Crossref\]](#)
85. Ahmed WH, Al-Anazi MM, Bittl JA. Excimer laser-facilitated angioplasty for undilatable coronary narrowings. *The American Journal of Cardiology*. 1996 Nov;78(9):1045-7. [\[Crossref\]](#)
86. Goldberg, Colombo, Akiyama. Stent Under-Expansion Refractory to Balloon Dilatation: A Novel Solution with Excimer Laser. *The Journal of invasive cardiology*. 1998 Jun;10(5):269-73.
87. Stone GW, de Marchena E, Dageforde D, Foschi A, Muhlestein JB, McIvor M, et al. Prospective, Randomized, Multicenter Comparison of Laser-Facilitated Balloon Angioplasty Versus Stand-Alone Balloon Angioplasty in Patients With Obstructive Coronary Artery Disease fn1fn1Funding for this study was provided in part by Eclipse Surgical Technologies, Inc., Sunnyvale, California. *Journal of the American College of Cardiology*. 1997 Dec;30(7):1714-1721. [\[Crossref\]](#)
88. Serruys P. Total occlusion trial with angioplasty by using laser guidewire. The TOTAL trial. *European Heart Journal*. 2000 Nov 1;21(21):1797-1805. [\[Crossref\]](#)
89. Appelman YEA, Piek JJ, David GK, Tijssen JGP, Koelemay MJ, Strikwerda S, et al. Randomised trial of excimer laser angioplasty versus balloon angioplasty for treatment of obstructive coronary artery disease. *The Lancet*. 1996 Jan;347(8994):79-84. [\[Crossref\]](#)
90. Reifart N, Vandormael M, Krajcar M, Göhring S, Preusler W, Schwarz F, et al. Randomized Comparison of Angioplasty of Complex Coronary Lesions at a Single Center. *Circulation*. 1997 Jul;96(1):91-98. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.4

KORONER ANJİYOPLASTİDE TEMEL BİLGİLER

Ümit Yaşar SİNAN
Sait Mesut DOĞAN

Koroner Anjiyoplastide Temel Bilgiler

Basic Principles of Coronary Angioplasty

BÖLÜM HAKKINDA

Perkütan koroner girişimler (PKG), koroner arter hastalığının tedavisinde önemli bir gelişme sağlayan bir prosedürdür. İlk olarak 1977'de gerçekleştirilen perkütan transluminal koroner anjiyoplasti (PTKA) işlemi, koroner arter by-pass greftleme (KABG) dışında bir seçenek sunmuştur. Günümüzde PKG, stentleme gibi daha sofistike tekniklerle birlikte yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu işlemler, tek ve iki damar lezyonlarında olduğu gibi kompleks revaskülarizasyon işlemlerinde de etkili olabilir. PKG teknikleri ayrıca periferik arter hastalıkları ve yapısal kalp hastalıklarının tedavisinde de kullanılabilir. Perkutan koroner girişimlerin temel mekanizmaları arasında plak ve damar duvarının bozulması, elastik geri çekilmenin kaybı ve plak bileşenlerinin yeniden dağılımı ve basısı bulunmaktadır. Perkutan koroner girişim endikasyonları ve kontraindikasyonları dikkate alınarak hastalar için en uygun tedavi seçeneği belirlenmelidir.

Anahtar kelimeler: Koroner anjiyoplasti, koroner arter hastalığı, perkutan koroner girişim

ABOUT the CHAPTER

Percutaneous coronary interventions (PCI) represent a significant advancement in the treatment of coronary artery disease. The first percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) procedure performed in 1977 offered an alternative to coronary artery bypass grafting (CABG). Today, PCI, including techniques like stenting, is widely practiced. These procedures can be effective not only in single and double-vessel lesions but also in complex revascularization procedures. Percutaneous coronary intervention techniques can also be applied in the treatment of peripheral artery diseases and structural heart diseases. Fundamental mechanisms of PCI include plaque and vessel wall disruption, loss of elastic recoil, and redistribution and compression of plaque components. Considering the indications and contraindications of PCI, the most suitable treatment option should be determined for patients.



Keywords: Coronary angioplasty, coronary artery disease, percutaneous coronary intervention

Giriş

İnsanda ilk kez perkutan transluminal koroner anjiyoplasti (PTKA) işlemi, 16 Eylül 1977'de, Zürih- İsviçre'de Andreas Grüntzig tarafından uygulandı. O zamana kadar, koroner arter hastalığı (KAH) tedavisinde koroner arter by-pass greftleme (KABG) tek tedavi seçeneğiydi. Son 35 yılda PTKA işlemleri, ağırlıklı olarak stentlemeyi içerecek şekilde daha sofistike bir hale evrilip, günümüzde perkutan koroner girişimler (PKG) olarak isimlendirilmeye başlandı. Bugün dünyanın pek çok yerinde koroner revaskülarizasyon amacıyla çok sayıda başarılı PKG işlemleri uygulanmaktadır. Diskret tek ve iki damar lezyonlarında PKG tercih edilen tedavi seçeneği olup, sol ventrikül fonksiyon bozukluğu eşlik eden veya etmeyen ciddi sol ana koroner arter (LMCA) hastalığını da içeren çok damar hastalarındaki kompleks revaskülarizasyon işlemlerinde de önemli bir tedavi seçeneğidir. Perkutan koroner girişimlerde kullanılan teknikler ve teknoloji, periferik arter hastalıklarında da kullanılabilir. Yapısal kalp hastalıklarının (kapak hastalıkları, septal defektler, vs.) tedavisinde PKG'nin uygulanması, girişimsel kardiyoloji içinde ayrı bir disiplin olarak ele alınmaktadır.¹

Perkutan koroner girişim terimi balon, stent, lazer, aspirasyon, filtre ve diğer araç gereçler olmak üzere çeşitli koroner teknikleri kapsar. İlk kez Andreas Grüntzig tarafından gerçekleştirilen, orijinal olarak balon şişirilmesi ile ilişkili tekniği ve sonuçları ifade ederken ise PTKA terimi kullanılır.¹



Ümit Yaşar Sinan 
Sait Mesut Doğan 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Prevatif ve Epidemiyolojik Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: sait.dogan@iuc.edu.tr
umit.sinan@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Sinan ÜY, Doğan SM. Koroner anjiyoplastide temel bilgiler. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 86-89.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

Temel Perkutan Koroner Girişim Yöntemlerine Genel Bakış

Perkutan koroner girişim, tanısal amaçlı kardiyak kateterizasyon ve anjiyografide kullanılan temel tekniklerden türetilmiştir. İşlemin ilk basamağı, Seldinger yöntemi ile (iğne ve kılavuz tel) koldan (radial arter) veya kasıktan (femoral arter), arteriyel vasküler kılıfın yerleştirilmesidir. Tanısal anjiyografinin aksine, özelleşmiş geniş lümenli kılavuz kateterlerle, aynı şekilde koroner arter lümeni kanüle edilir. Bu kılavuz kateterler, PKG işleminde kullanılacak ekipmanın taşınması için gerekli desteği sağlarlar.^{1,2}

Perkutan Koroner Girişim İşleminin Basamakları:

Perkutan koroner girişim, ilk olarak bir kılavuz kateterin koroner ostiyuma oturtulması ile başlar. İnce, yönlendirilebilir bir kılavuz tel, kılavuz kateter yoluyla koroner arter içine ilerletilir ve lezyon bu tel ile geçilerek, distal koroner yatağa ulaşılır. Oldukça küçük çapta bir balon anjiyoplasti kateteri, kateter içindeki kılavuz tel üzerine yerleştirilir ve tel üzerinden kaydırılarak koroner arter içindeki darlık bölgesine kadar ilerletilir. Tedavi edilmesi planlanan darlık bölgesinde doğru pozisyon sağlandıktan sonra, balon kısa sürelerde (10-60 sn.) birkaç kez şişirilir. Balonun şişirilip indirilmesi darlık bölgesini genişletip, bu damarın beslediği miyokart alanında yeterli kan akımını tekrar sağlar.^{1,2}

Balon darlık bölgesini genişlettikten sonra bu balon kateter, stent-taşıyan balon kateter ile değiştirilir. Stent başka bir balon kateter üzerine sıkıştırılmış bir biçimde monte edilmiş metal iskeleler ve lezyon bölgesine, ilk balon kateterin taşınmasına benzer şekilde ilerletilir. Dilatasyon aşamasındakine benzer şekilde balon şişirilerek stent damar duvarına yerleştirilir. Lezyon bölgesinde stent pozisyonu dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. Aynı basınç gösterge şırıngası (indeflatör) ile 10-20 sn. 8-16 atm. basınçta şişirilmelidir. Stent strutlarının damar duvarına tamamı ile yerleşeceği şekilde stentin iyice genişletilmesi, kısa ve uzun vadeli takip sonuçlarının iyi olması için önemlidir.^{1,2}

Stent strutları yeterince genişleyip damar duvarına yerleştikten sonra, balon indirilir ve taşıyıcı kateter ve tel koronerden uzaklaştırılır. Eğer ulaşılabilirse damar içi ultrason görüntüleme (IVUS-intravasküler ultrasound), stent damar uyumunu ve yeterli stent strut apozisyonunu (arada boşluk kalmadan stent strutunun damar duvarı ile teması) teyit etmek için kullanılabilir. Son anjiyografik kontrol ve eğer mevcutsa IVUS görüntüleme sonrası kılavuz kateter de çekilir. Antikoagülasyon durumuna göre femoral veya radial arteriyel kılıf da çekilebilir ve hemostaz laboratuvarında sağlanır. İşlem sonrası hasta önce derlenmeye ardından da odasına transfer edilebilir. Eğer herhangi bir komplikasyon gelişmezse hasta ertesi gün taburcu edilebilir. Başarılı PKG tanımı Tablo 1'de özetlenmiştir.³

Anjiyoplasti ve Stentleme Mekanizmaları^{4,5}:

1. Plağın ve damar duvarının bozulması

Şişirilen balon, plakta ve damar duvarında çatlamaya ve bölünmeye neden olan bir basınç uygular. Konsantrik lezyonlar, en zayıf ve güçsüz noktasından parçalanır ve yarılrken, egzantrik lezyonlar ise plak ile lezyonsuz normal damar duvarının birleşim bölgesinden parçalanır. Plağın damar duvarında parçalanması veya

ayrılması, aterosklerotik lezyonun neden olduğu darlığı ortadan kaldırır ve lümen çapı genişler. Bu balon anjiyoplastinin temel mekanizmasıdır.

Tablo 1. Başarılı Perkutan Koroner Girişim Tanımı^a

Anjiyografik Başarı

Stentli bir arterde anjiyografik başarı, minimum darlık çapının < %20'ye düşürülmesidir.

Prosedürel Başarı

Başarılı PKG, hastane içi major klinik komplikasyon (örneğin; ölüm, ME, acil KABG) olmadan anjiyografik başarılı işlemi ifade eder. ME, normalin üst referans sınırına göre kardiyak troponin değerinde 3 kat artışla birlikte EKG'de Q dalgası gelişimini ifade eder. Krdiyak troponin T ve I miyokart hasarını göstermede CK-MB'den daha özgül biyobelirteçlerdir.

Klinik Başarı

Klinik olarak başarılı PKG, işlem sonrası miyokardiyal iskemi semptom ve/veya bulgularında gerilemeyle birlikte, anatomik ve prosedürel başarı olarak tanımlanmaktadır. Uzun süreli klinik başarı ise, işlemden sonra en az 6 ay miyokardiyal iskemi semptom ve bulgularının olmaması olarak ifade edilir. Kısa vadede klinik başarı sağlanan hastalarda uzun dönem sonuçlarını olumsuz etkileyen en önemli faktör restenoz gelişimidir.

Kısaltmalar: CK-MB= kreatin kinaz miyokart bandı; EKG= elektrokardiyografi; KABG= koroner arter by-pass greftleme; ME= miyokart enfarktüsü; PKG= perkutan koroner girişim

^aAnderson HV, Shaw RE, Brindis RG. Et al. Relationship between procedure indications and outcomes of percutaneous coronary intervention by ACC/AHA Task Force Guidelines. Circulation. 2015;112:276-2791 kaynağından alınmıştır.³

2. Elastik geri çekilmenin (recoil) kaybı

Balon dilatasyonu, damar duvarının mediya tabakasında gerilmeye ve incelmeye neden olur. Gerilme geçici olarak damar duvarının elastik özelliklerinde (recoil-geri çekilme) kayba neden olur. Elastik geri çekilme derecesi balon/arter çap oranından etkilenir. Neredeyse tüm damarlarda bir miktar elastik geri çekilme mevcuttur. Stent yerleştirmenin başlıca önemli faydası, genişleyen lümen çapını zaman içerisinde de korumaktır.

3. Plak bileşenlerinin yeniden dağılımı ve basısı

Anjiyoplasti sırasında balon basıncı, damar duvar hattında (endotel) soyulmaya ve plak bileşenlerinde dışarı sızmaya neden olur. Bu durumda daha yumuşak lipit materyalde uzunlamasına bir miktar soyulma ve sızma görülebilir fakat total etkinin sadece sınırlı bir miktarını oluşturur.

Perkutan Koroner Girişim Endikasyonları

Çeşitli dernekler (AHA: American Heart Association, ACC: American College of Cardiology, ESC: European Society of Cardiology ve SCAI: Society of Cardiovascular Angiography) tarafından PKG endikasyonlarını içeren kılavuzlar ve tavsiye dökümanları yayınlanmıştır (3). Her hasta için özgül anatomik ve klinik özellikler başarı şansı, başarısızlık, komplikasyon riski (damarda ani tıkanma, restenoz, morbidite ve mortalite) açısından göz önünde bulundurulmalıdır. Restenoz ve tam olmayan revaskülarizasyon, KABG cerrahisinin getireceği faydaya karşı da ayrıca tartılmalı ve KABG opsiyonu da göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak PKG endikasyonları;

- Objektif iskemi kanıtı (anormal stres testi veya anormal stres talyum testi) olan medikal tedaviye yanıtız stabil anjina pektoris ve geniş bir miyokardiyal alanı besleyen bir koroner arter yatağında lezyon varlığı,
- Unstabil anjina (USAP),
- Akut miyokart enfarktüsü (AME),
- KABG sonrası anjina pektoris,
- PKG öyküsü olan hastalarda semptomatik restenoz.

Perkutan Koroner Girişim Kontrendikasyonları:

- Uygunuz koroner anatomi (çok sayıda ciddi kompleks lezyon veya difüz distal hastalık varlığı),
- Damar tıkanmasının ani ölümle sonuçlanabileceği yüksek riskli koroner anatomi varlığı,
- Kanama diyatezi (düşük platelet sayısı, peptik ülser hastalığı, koagülopati vs.),
- İşleme veya PKG sonrası prosedürlerle uyum sağlayamayacak veya ikili antiplatelet tedavi (asetilsalisiklik asit ve klopidogrel) alamayacak uyumsuz hasta,
- Çok sayıda stent restenozu³

Perkutan Koroner Girişim Komplikasyonları:

Çoğu elektif prosedürde;

- Ölüm (%0.1),
- AME (%1-3),
- Acil KABG cerrahisi (%0.5-2).

Tanısal koroner anjiyografide olabilecek tüm komplikasyonlar, PKG sırasında da görülebilir; giriş yeriyile ilgili kanamalar, özellikle de

antikoagülan tedavi ve daha geniş çaplı vasküler kılıf kullanımına bağlı (1/250 hasta), kontrast ajana bağlı reaksiyonlar, serebrovasküler olay, ME, vasküler hasar (femoral arter psödoanevrizması).^{1,2}

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Kern MJ. Angiography for percutaneous coronary interventions. In Kern MJ, eds. *Interventional Cardiac Catheterization Handbook* 3rd Edition. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2013; 1-37. [\[Crossref\]](#)
2. Baim DS. Percutaneous Balloon Angioplasty and General Coronary Intervention. In Baim DS, eds. *Cardiac Catheterization, Angiography and Intervention* 7th edition. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2006; 431-433.
3. Anderson HV, Shaw RE, Brindis RG. Et al. Relationship between procedure indications and outcomes of percutaneous coronary intervention by ACC/AHA Task Force Guidelines. *Circulation*. 2015;112:276-2791. [\[Crossref\]](#)
4. Garg S, Serruys PW. Coronary stents: current status. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56:1-42 [\[Crossref\]](#)
5. Garg S, Serruys PW. Coronary stents: looking forward. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56:43-78. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.5

SEGMENT ELEVASYONLU VE ST SEGMENT ELEVASYONU OLMAYAN AKUT MİYOKARD İNFARKTÜSÜNDE GİRİŞİMSEL TEDAVİ

Cem BOSTAN

ST Segment Elevasyonlu ve ST Segment Elevasyonu Olmayan Akut Miyokard İnfarktüsünde Girişimsel Tedavi

Invasive therapy in STEMI and NSTEMI

BÖLÜM HAKKINDA

Akut ST segment elevasyonlu miyokard infarktüsü (STEMI) genellikle yeterli kollateral akıma sahip olmayan majör epikardiyal koroner arterin trombotik tıkanması sonucu oluşan klinik tablodur. STEMI’de miyokardiyel reperfüzyonun mümkün olan en kısa zamanda sağlanması mortalite ve morbidite açısından en önemli faktördür. Günümüzde STEMI’de girişimsel tedavi altın standart olarak kabul edilebilir.

İnvaziv tedavinin ST segment elevasyonu olmayan akut miyokard infarktüsü (NSTEMI) hastalarında da morbidite ve mortalite açısından faydalı olduğu gösterilmiştir. İnvaziv tedavi zamanlamasında GRACE, TIMI gibi risk skorlamalarının kullanılması önerilmektedir. Hastanın hesaplanan kardiyak riski, mevcut comorbiditeleri ile koroner lezyonlarının yaygınlığı ve ciddiyeti revaskülarizasyonun gerekliliğini, tipini ve zamanının belirlemektir.

Anahtar kelimeler: STEMI, trombotik tıkanma, NSTEMI

ABOUT the CHAPTER

Acute ST segment elevation myocardial infarction (STEMI) is a clinical condition that usually occurs as a result of thrombotic occlusion of a major epicardial coronary artery that does not have adequate collateral flow. In STEMI, achieving myocardial reperfusion as soon as possible is the most important factor in terms of mortality and morbidity. Today, interventional treatment can be considered the gold standard in STEMI.

Invasive treatment has also been shown to be beneficial in terms of morbidity and mortality in patients with non-ST segment elevation acute myocardial infarction (NSTEMI). The use of risk scores such as GRACE and TIMI is recommended in the timing of invasive treatment. The patient’s calculated cardiac risk, existing comorbidities, and the extent and severity of coronary lesions determine the necessity, type, and timing of revascularization.


Keywords: STEMI, thrombotic occlusion, NSTEMI

Akut ST segment elevasyonlu miyokard infarktüsü (STEMI) genellikle yeterli kollateral akıma sahip olmayan majör epikardiyal koroner arterin trombotik tıkanması sonucu oluşan klinik tablodur. İnfarkt ile ilişkili arterin (İRA) hızlı, tam ve kalıcı olarak açıklığının sağlanması infarkt alanını sınırlar, sol ventrikül fonksiyonlarını korur ve mortaliteyi azaltır.¹

ST elevasyonlu akut miyokardiyel infarktüste miyokardiyel reperfüzyonun mümkün olan en kısa zamanda sağlanması (ağrı başlangıcından sonraki ilk 12 saat en değerli zamandır) mortalite ve morbidite açısından en önemli faktördür. Göğüs ağrısı veya angina eşdeğeri şikâyetleri ile tıbbi destek talep eden hastalarda 10 dk içinde STEMI tanısı konulmalıdır. Kalp pili veya dal bloğu varlığı tanı konulmasında zaman kaybı yaratabilmektedir. Yeni gelişen sol dal bloğu STEMI olarak değerlendirilmelidir.

Akut STEMI tedavisinde perkütan koroner girişimler (PKG) uygulamalara göre adlandırılır. Tanı konulduktan sonra direkt perkütan girişim yapılmasına **Primer Perkütan Koroner girişim (Primer PKG)** denilmektedir. Merkezde 24 saat hizmet verebilen kateter laboratuvarı varsa 60 dk içinde telin sorumlu lezyondan geçmesi sağlanmalıdır. Hastanın



Cem Bostan 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyolojik Temel Bilimler Ana Bilim Dalı İstanbul, Türkiye
E-posta: cbostan@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıyla / Cite this chapter as: Bostan C. ST Segment elevasyonlu ve ST segment elevasyonu olmayan akut miyokard infarktüsünde girişimsel tedavi. Eranlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 90-94.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

bulunduğu yerden primer PKG merkezine 120 dk içinde ulaşılabilirse primer tercih edilmeli ulaşamayacaksa en geç 10 dk içinde fibrinolitik tedavi başlanmalıdır. Fibrinolitik tedavi sonrasında da kateter yapılan merkeze hasta nakledilmelidir. Fibrinolitik tedavi başarısızsa hemen (buna **Kurtarıcı (rescue) PKG** denilir) ; başarılı kabul edilirse ilk 24 saat içinde koroner anjiyografi (KAG) planlanmalıdır. Hemodinamik bozukluğu olan (özellikle kardiyojenik şok) ve kardiak arrest geçiren hastalarda zaman en önemli mortalite ve morbidite belirleyicisidir. Günümüzde pek kullanılmayan PKG de gecikme olabileceği düşünülen durumlarda litik tedavi veya glikoprotein 2a/3b inhibitörleri kullanılarak yapılan farmakolojik tedavi ile birlikte uygulanan PKG 'e de **Kolaylaştırılmış PKG** denilir.

Semptom başlangıcından 12 saatten fazla geçmesine rağmen iskemi belirti-bulguları varsa, dinamik EKG değişiklikleri saptanıyorsa, hemodinamik bozukluk, mekanik komplikasyon veya ciddi aritmi izleniyorsa primer strateji uygulanmalıdır. İlk 48 saat içinde olmak kaydıyla semptomu olmayan, hemodinamik olarak stabil hastalarda da invaziv girişim önerilmektedir. Bu sürenin dışında iskemi ve canlılık araştırması yapmadan KAG yapılmamalıdır. Medikal tedaviye üstünlüğü gösterilememiştir.²

Aktif intrakranial, gastrointestinal veya ösefagal varis kanaması varlığı primer PKG için kontra endikasyondur.

Hastaların birçoğunda sorunlu lezyon dışında diğer damarlarda da kritik lezyonlar görülmektedir. Bu nedenle infarkla ilgili olmadığını düşündüğünüz damar için diagnostik kateterle anjiyoya başlanmalıdır. Böylece koroner arter hastalığının yaygınlığı ve İRA için kollateral akım varlığı hakkında bilgi edinilir. Günümüzde ventrikülografi yapılması gerekmemektedir. Nadiren sol ventrikül dolum basıncı hakkında bilgi almak faydalı olabilir. Daha sonra klavuz (guiding) kateterle işleme devam edilmelidir. Böylece anjiyo sonrası hızlıca girişimsel işleme devam edilir. Anjiyografi sırasında tüm ana damarlar ve büyük yan damarlar dikkatlice incelenmeli, klinik ile birlikte değerlendirilmelidir.³

Klinik değerlendirmede hastanın nabızı <100/dk sistolik kan basıncı >100 mmHg ise hastane içi mortalitenin düşük olduğu öngörülebilir. Ancak pulmoner ödem tablosunda olan medikal tedaviye hızlı cevap vermeyen hastalar vakit kaybetmeden entübe edilerek kateter laboratuvarına alınmalıdır. Özellikle inferior MI hastalarında bradikardi, hipotansiyon varlığında sıvı replasmanı ve hızlı geçici kalp pili takılabilmesi için femoral venöz vasküler kılıf konulabilir. Hastalar defibrilasyon ihtiyacına karşı göğüste yama (patch) konulmasında fayda vardır. Ayrıca hastalara işlem öncesi idrar sondası takılması önemlidir.⁴

İşlem öncesi ve işlem sırasında hastalar antiagregan ve antikoagulan tedavi açısından değerlendirilmelidir. Hastalara tanı konulduğunda 300 mg enterik kaplı olmayan asetil salisilik asit (ASA) çiğnetilmelidir. Beraberinde Ticagrelor 180mg oral (çiğnetilebilir) veya Prasugrel 60mg oral verilmelidir. Prasugrel inme veya geçici iskemik atak öyküsü olanlarda kullanılmamalıdır. Ticagrelor veya Prasugrel bulunmadığında, hastanın comorbidite sebebiyle oral antikoagulan kullanması gereken durumlarda Klopidoğrel 600 mg yükleme dozu verilmesi uygundur. Antikoagulan olarak merkezimizde unfraksiyone heparin (UFH) rutin kullanılmaktadır. 70-100U/kg IV önerilmektedir. Genellikle 100 U/kg IV tel gönderilmeden önce üçlü muslukta yapmaktayız. Aktive koagülasyon

zamanı (ACT) takip edebilme imkânı varsa buna göre heparin yapılabilir. ACT 250-350 sn arasında olmasına dikkat edilmelidir. Glikoprotein 2b/3a kullanılıyorsa 200-250 sn yeterlidir. Heparine bağlı trombositopeni varlığında Bivaluridin kullanılmalıdır. Dış merkezde hastalara SC düşük molekül ağırlıklı heparin (DMAH) yapılabilmektedir. Kılavuz önerisi olarak son12 saat içinde tedavi dozunda DMAH yapılmışsa kanama riski yüksek olacağı için UFH kontraendike olarak belirtilmektedir. Eğer son dozdan 8 saat geçmemişse ek doz yapılmasına gerek yoktur. 8-12 saat arasında bir süre ise 0,3 mg/kg iv DMAH ek olarak yapılmalıdır. Ayrıca tercihe bağlı 0,5-0.75 mg/kg IV DMAH antikoagulan olarak Primer PKG de kullanılabilir.^{3,4}

Warfarin kullanan hastalarda ASA veya klopidoğrel yükleme dozu aynı şekilde verilir. INR uygun seviyede ise (INR 2-3) heparin yapılmasına gerek yoktur. INR 2' nin altındaysa UFH yapılmalıdır. Periferik komplikasyonlardan korunmak için işlemin radial yolla yapılması önerilir.⁴

Primer PKG için kateter desteği çok önemlidir. Kateter damara koaxial yerleştirilmelidir. Genellikle İRA yumuşak, taze trombus ile tıkandığı için yumuşak (floppy) teller ile lezyon kolaylıkla geçilir. Kıvrımlı ve telin kolay ilerletilemediği durumlarda balon desteği faydalı olacaktır. Hidrofilik ve daha sert tellerden mümkün olduğunca sakınmakta fayda vardır. Tel geçtikten sonra distal akım sağlanmamışsa balonu küçük hareketlerle ileri geri yapmak veya lezyonda balonu şişirmek etkili olacaktır. Lezyon sınırları belli basit lezyonlarda direkt stentleme distal mikro embolizasyonları ve no flow riskini azaltabilir ancak sık kullanılmamalıdır. Küçük balonla (2,0 veya 2,5 mm) predilatasyon yapılarak ve mümkünse 100-200 µg nitrogliserin ic sonrası lezyon değerlendirilmelidir. Kıvrımlı damarlarda, kompleks veya bifürkasyon lezyonlarında kesinlikle direkt stentleme düşünülmemelidir. Stent tüm lezyonu ve varsa diseksiyonu kaplamalı, damarla birebir boyutta olmalıdır. Damardan büyük olması (oversize) distal embolizasyona, kenar diseksiyonuna ve distal vazospazma sebep olabilir. Mümkün olan en basit şekilde işlem sonlandırılmalıdır. Bifürkasyon lezyonlarında yan dal telle korunmalı, plak kaymalarında yan dalda akım etkileniyorsa kissing balon ile işlem sonlandırılması yeterli olacaktır. Yan dal stentlemesi subakut stent trombozu riskini artırır. İşlem ortogonal iki açıdan telsiz görüntü alınarak sonlandırılmalıdır.

Distal akımın sağlanamadığı no reflow geliştiğinde adenosin, nikorandil, kalsiyum kanal blokleri, nitroprusid veya seyreltilmiş adrenalin intra koroner kullanılabilir. Özellikle lezyon distaline uygun kateter veya balonla verilirse daha etkili olmaktadır.

Yapılan çalışmalar ve meta-analizler neticesinde sorumlu lezyon dışında aynı seansta diğer lezyonlara girişim yapılmasının mortalite ve tekrarlayan MI açısından faydasının olmadığını göstermektedir. Özellikle kardiyojenik şokta varsayılan strateji sorumlu lezyona girişimdir. Diğer lezyon girişimleri 30 günlük mortalite ve renal komplikasyonlarda artışa sebep olmaktadır. Kademeli girişimlerin zamanlaması açısından fikir birliği yoktur. Genellikle aynı hastane yatışında gerçekleştirilmektedir. Klinisyen klinik verileri, lezyonların ciddiyeti ve kompleksitesini (Kronik total oklüzyon, bifürkasyon vb), hemodinamik stabiliteyi, volüm yüklenme riskini ve kontast nefropati gelişme riskini birlikte değerlendirerek mümkünse kalp takımı kararı ile çok damar primer PKG gerçekleştirilmelidir.⁴

Primer PKG de yeni nesil ilaç salınımlı stentler (Biolimus, Everolimus salınımlı) kullanılmalıdır. Zaman zaman cerrahinin daha iyi olacağını düşündüğümüz hastalarda balon anjiyoplasti ile akımı sağlayıp acil veya elektif bypassa verdiğimiz vakalarda mevcuttur (Ana koroner, LAD osteal içeren çok damar hastaları vb). PKG başarısızsa, büyük bir alanda iskemi devam ediyorsa, komplikasyon geliştirse acil cerrahi uygulanabilir.

Her lezyonun mutlaka stentlenmesi gerekmemektedir. Lezyon proksimalinde damar kıvrımlı ve/veya kalsifikasyon nedeniyle stent ilerletilemiyorsa, damar çapı küçükse, ikili anti agregan alamayacaksa stentleme gerekmez. Balon anjiyoplasti (POBA) ile %30' un altında rezidüel darlık kalması, diseksiyon veya rezidüel trombus olmaması, distal TIMİ 3 akım olması, balondan 5-10 dk sonrası elastik recoil görülmemesi, açıklığın aynen devam etmesi başarılı işlem olarak kabul edilir. Elastik recoil, akımı etkileyen trombus veya diseksiyon varlığında lezyon mutlaka stentlenmelidir.³

Radiyel yol deneyimli operatörlerce femoral yola tercih edilmelidir. Girişim yeri komplikasyonları (hematom, psödo anevrizma, retroperitoneal kanama, fistül) femoral girişimlerde anlamlı olarak yüksektir.³

Vazoaktif, inflamatuvar ve trombojenik faktörlerin STEMİ sırasında yoğun olması nedeniyle gerçek damar ve stent çapını belirlemede zorluk, yaratması, mikrovasküler yatakta yeterli akım sağlamada sorunlar yaşanması (no reflow) stentlemenin daha sonraya bırakılmasının faydalı olabileceği yorumuna sebep olmuştur. Bu amaçla yapılan DANAMI 3-DEFER çalışması [The Third DANish Study of Optimal Acute Treatment of Patients with ST-segment Elevation Myocardial Infarction: DEFERred stent implantation in connection with primary PCI] sonucunda primer sonlanım noktalarında bir fark saptanmamıştır.²

Trombus aspirasyonu ile STEMİ girişimlerinde klinik fayda gösterilememiştir ancak uygun hastalarada anjiyografik olarak iyi sonuçlar aldığımız bir uygulamadır. Aspirasyon sonrası stente gerek kalmadan glikoprotein (GP) 2b/3a infüzyonu ile takip ettiğimiz kontrol KAG ile lezyon görülmeyen vakalarımız mevcuttur. Klinik pratiğimizde teli geçtikten sonra trombus yükü fazla lezyonlarda GP 2b/3a intra koroner bolus ve iv başladıktan sonra tel üzerinde aspirasyon kateterini lezyona kadar gönderiyorum. Enjektörü negatifte olan kateteri trombus içine gönderirken valfi açıyorum. Lezyonda ilerletirken enjektöre kan dolmaktadır. Enjektör dolduğunda veya pıhtı ile tıkanması sonrası kan gelmesi durduğunda aspirasyon kateterini çekiyorum. Dışarıda pıhtı gelip gelmediğini kontrol edip, sistemi serum ile yıkayarak 2-3 kez işlemi tekrarlıyorum. Sonrasında alınan çekimlerde lezyonun daha net olduğu görülmektedir. Yoğun trombuslu lezyonlarda imkânım varsa balon öncesi aspire etmeyi tercih etmekteyim. Klavuz önerisi olarak rutin aspirasyon kontrendikedir.²

Intraaortik balon pompası kullanılmasının kardiyojenik şok dahil STEMİ de kullanılmasının faydası gösterilememiştir. Bunun yanında kanama artışına sebep olmaktadır. Ciddi mitral yetersizliği, ventriküler septal defekt gibi mekanik komplikasyon varlığında kullanılabilir.

Anjiyografik olarak TIMİ 3 akımın görülmesi yanında ST segment yükselmesindeki gerileme mikro vasküler reperfüzyonun ve iyi

prognozun göstergesidir. Belirgin gerileme görülmemesi (başlangıç elevasyonunun %30' dan daha fazla elevasyonun kalması) hastane içi ve uzun dönem mortalite ve morbidite için kötü göstergedir.²

İnvaziv tedavinin ST segment elevasyonu olmayan akut miyokard infarktüsü (NSTEMİ) hastalarında da morbidite ve mortalite açısından daha faydalı olduğu gösterilmiştir. İnvaziv tedavi zamanlamasında GRACE, TIMİ gibi risk skorlamalarının kullanılması önerilmektedir. Birçok çalışmada GRACE 2.0 risk hesaplaması kullanılmıştır. Hastanın hesaplanan kardiyak riski, mevcut comorbiditeleri ile koroner lezyonlarının yaygınlığı ve ciddiyeti revaskülarizasyonun gerekliliğini, tipini ve zamanının belirlemektedir.

Anjiyografi ve revaskülarizasyonun zamanlaması hastanın risk profiline göre ayarlanmalıdır (Şekil 1). Şok, pulmoner ödem, kontrol altına alınamayan ağrı ve ciddi ventriküler aritmi varlığı NSTEMİ'de çok yüksek riske sahip hastalar olarak kabul edilir. Acil (<2 saat) olarak koroner anjiyografi yapılmalıdır. GRACE risk skoru >140, TIMI risk skoru >3 veya en az bir yüksek risk kriteri olan hastalara (yaş (>75y) , diyabet, geçirilmiş Mİ, ST-segment çökmesi, hipertansiyon, beden kitle indeksi (<25 kg/m² veya > 35 kg/m²) erken dönem invaziv strateji (ilk 24 saat içinde) uygulanmalıdır. Yinelenen semptomları olmayan düşük riskli hastalarda hastane içi tetiklenebilir iskeminin invaziv olmayan yöntemlerle değerlendirmesi gerekir.

Tablo 1. NSTEMİ' de risk değerlendirmesine göre invaziv değerlendirme

| ÇOK YÜKSEK RİSK | YÜKSEK RİSK | ORTA RİSK |
|---|--|---------------------------------------|
| - Kardiyojenik şok | - Troponin yüksekliği | - DM |
| - Hemodinamik bozukluk | - Semptom bağımsız ST-T değişiklikleri | - Kronik böbrek yetmezliği |
| - Medikal tedaviye cevapsız devam eden ağrı | - GRACE skor >140 | -Konjestif kalp yetmezliği |
| - Kardiyak arrest | | -EF <40 |
| - Ciddi aritmi varlığı | | -PKG veya bypass öyküsü |
| - Akut kalp yetmezliği | | - GRACE skor 109-140 arasında olması |
| - Mekanik komplikasyon | | - Noninvasiv testlerde iskemi varlığı |
| - Geçici ST elevasyon | | |
| Acil girişim (< 2 saat) | Erken girişim (< 24 saat) | Girişim (<72 saat) |

NSTEMİ geçiren çok damar hastalarında klinik duruma, lezyonların ciddiyetine ve comorbiditelere göre kalp takımı ile karar verilmelidir. Prognostik değeri NSTEMİ'de gösterilememesine rağmen lezyon ciddiyetinin mümkünse FFR ile değerlendirilmesi önerilmektedir.⁵

Trombektomi yapılmasının ek faydası hakkında veri bulunmamak-

tadır.

STEMİ de olduğu gibi kanıt bulunmamasına rağmen yeni nesil ilaç salınlı stent kullanımı ve radial girişim önerilmektedir.

Anti agregan ve antikoagulan önerileri STEMİ ile benzerdir. Özellikle erken invaziv strateji uygulanacak hastalarda koroner anatomi görülmeden aspirin dışında anti agregan verilmesi önerilmemektedir. İnvaziv işlem yapılacak hastalarda prasugrel öncelikle önerilmekte, işlem yapılmayan medikal takip kararı alınan hastalarda ise tikagrelor veya klopidogrel verilebilir. Atriyel fibrilasyon gibi özellikle yeni nesil oral antikoagulan ihtiyacı olan hastalarda kısa süreli (1 hafta) üçlü tedavi sonrası tercihen klopidogrel ile birlikte ikili tedaviye geçmek önerilmektedir. Stent trombozu riski orta veya yüksek hastalarda tikagrelor veya prasugrel ile birlikte oral antikoagulan kullanma önerisi de bulunmaktadır.

Şok kliniğindeki hastalarda STEMİ⁺de olduğu gibi sorumlu lezyon dışında girişim yapılmamalıdır. Başarısız PKG sonrası veya girişime uygun olmayan lezyonlarda iskemi devam ediyorsa, hemodinamik bozukluk varsa acil cerrahi yapılabilir. Cerrahi girişim planlanan hastalarda mekanik dolaşım desteği cihazları kullanılabilir. Cerrahi kararı ve zamanlaması kalp takımı tarafından verilmelidir.^{5,6}

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Nguyen TN, Colombo A, Hu D, Grines CL, Saito S; *Practical Handbook of Advanced Interventional Cardiology Tips and Tricks, Third Edition*, Chapter 2 Angiographic Views, 2008 Blackwell Publishing. [\[Crossref\]](#)
2. Ibanez B, Stefan James S, Stefan Agewall S et al; 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC); *Eur Heart J*. 2018 Jan 7;39(2):119-177.
3. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A et al; 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019 Jan 7; 40(2):87-165. [\[Crossref\]](#)
4. Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S et al; 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization. *J Am Coll Cardiol*. 2022 Jan 18; 79(2):e21-e129. [\[Crossref\]](#)
5. Collet JP, Thiele H, Barbato et al; 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur Heart J*. 2021 Apr 7; 42(14):1289-1367. [\[Crossref\]](#)
6. Amsterdam EA, Wenger NK, Brindis RG et al; 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Non-ST-Elevation Acute Coronary Syndromes. *Circulation*. 2014 Dec 23; 130(25):2354-94. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.6

STENT RESTENOZU OLUŞUMU VE TEDAVİSİ

Ümit Yaşar SİNAN
Alev Arat ÖZKAN

Stent Restenozu Oluşumu ve Tedavisi

The Main Mechanism and Management of Stent Restenosis

BÖLÜM HAKKINDA

Restenoz, daha önce girişim yapılan damar yatağında tekrar daralma meydana gelmesi olup, koroner girişimlerin hala yumuşak karnı olmaya devam etmektedir. Stent teknolojisindeki ilerlemelere ve ilaç salımlı stentlere rağmen, restenoz oranları hala %10'u civarında görülmektedir. Restenoz mekanizmaları arasında negatif yeniden şekillenme ve aterosklerotik materyalin birikimi yer almaktadır. Çeşitli faktörler, biyolojik, mekanik, operatör ve hasta ile ilgili faktörler, restenozda rol oynamaktadır. İlaç salınımı stentlerde erken ve geç restenoz, homojen neointimal hiperplazi ile geç aterosklerotik plak gelişimi arasında farklı patofizyolojik özellikler sunar.

Anahtar kelimeler: Restenoz, koroner stentleme, ilaç salımlı stentler, ateroskleroz

ABOUT the CHAPTER

Restenosis is the re-narrowing that occurs in the vessel bed where intervention was previously performed, and it continues to be a challenge in coronary interventions. Despite advancements in stent technology and the introduction of drug-eluting stents, restenosis rates still remain around 10%. Among the mechanisms of restenosis are negative remodeling and the accumulation of atherosclerotic material. Various factors, including biological, mechanical, operator-related, and patient-related factors, play a role in restenosis. Early and late restenosis in drug-eluting stents present different pathophysiological features between homogeneous neointimal hyperplasia and late atherosclerotic plaque development.

Keywords: Restenosis, coronary stenting, drug eluting stents, atherosclerosis

Restenoz

Restenoz, daha önce girişim yapılan darlık bölgesinde tekrar darlık oluşmasıdır. Balon anjiyoplasti döneminde çok yüksek olan restenoz oranları, çıplak metal stentlerin devreye girmesiyle bir miktar gerilemiş, ilaçlı stentlerin geliştirilmesiyle %5-10 düzeyine inmiştir.¹ İkinci nesil stentlerdeki tasarım, ilaç ve polimer gelişmeleri ve daha ince strütlü stentlerin devreye girmesi stent performansını iyileştirse de, hala tüm girişimlerin %10'u restenotik lezyonlara yapılmaktadır.²

Restenoz Mekanizması / Patogenez

Restenoz genellikle 2 mekanizma ile oluşur; negatif yeniden şekillenme (elastic recoil: gerilme sonrası damarın büzülmesi) veya lümen içerisinde (veya stent içinde) aterosklerotik materyalin yeniden birikmesi. Anjiyoplasti sonrası restenoz sıklığı, stent kullanılmayan hastalarda çok değişkendir ve değişik kaynaklarda %15-55 arasında bildirilmektedir.³ Gerek çıplak gerekse ilaç salımlı stent restenozunda rol oynayan biyolojik, mekanik, operatöre ve hastaya bağlı faktörler ortaktır.

Hüresel materyalin yeniden birikimi (neointimal proliferasyon), damar hasarına ikincil salınan trombojenik, vazoaktif ve mitojenik faktörler tarafından tetiklenir. Endotelde ve daha derin tabakalarda meydana gelen hasar; trombosit kümeleşmesini, trombüs oluşumunu, inflamasyonu, düz kas hücrelerinin ve makrofajların aktivasyonunu uyarır. Büyüme faktörlerinin ve sitokinlerin üretilmesi ve salınımı, bu moleküllerin daha fazla sentezini ve bağlı buldukları hücrelerden salınımını uyarır. Bu faktörler, daha fazla düz kas hücrelerinin yerleştikleri arterlerin mediya tabakasından endovasküler lümen göçüne neden olur. Bu göç sonrası düz kas hücreleri ekstraselüler matriks üreterek,



Ümit Yaşar Sinan¹

Alev Arat Özkan²

¹Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Preventif ve Epidemiyolojik Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Koc Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: umit.sinan@iuc.edu.tr
alevarat@hotmail.com

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Sinan ÜY, Arat Özkan A. Stent restenozu oluşumu ve tedavisi. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 95-101.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

hücrel proliferasyona ve buna bağlı damar lümeninde mekanik obstrüksiyona neden olan, salgı yapan tipte (sekretuar) hücrelere dönüşürler.

Restenozun ikinci bileşeni olan damar duvarında geri çekilme (recoil) ve negatif yeniden şekillenme stent tarafından baskılanır. Çıplak metal stentlerin (ÇMS) kullanıldığı perkutan transluminal koroner anjiyoplasti (PTKA) işlemleri sonrası restenoz oranları, balon anjiyoplastiye kıyasla daha azdır (%20 & %40-50). İlaç salınımlı stentler (İSS), çoğu hasta grubunda bu riski %10'nun altına kadar düşürmüştür. Restenoz çoğunlukla stent içinde (in-stent restenoz-ISR) oluşur ve altta yatan başka bir neden yoksa ağırlıklı olarak endotel hücre proliferasyonuna bağlı gelişir. Nadiren damar duvarında geriye doğru esneme (recoil) katkıda bulunur fakat ISR lezyonlarının tedavisinde bu durum da akıldan bulundurulmalıdır.

Çıplak metal stentler ve İSS'ler restenoz açısından önemli farklılıklar gösterirler. Çıplak metal stentlerde restenoz en sık 6. ayda görülürken, İSS'lerde bu süre ilacın intima proliferasyonunu baskılaması nedeniyle >12 aydır.⁴ Çıplak metal stentlerde restenoz genelde daha yaygın iken, çok daha geç görülen İSS restenozu daha fokal olup, stent kenarlarında daha sık görülür.⁵ İlaç salınımlı stentlerde neointimal proliferasyonun asıl tetikleyicileri ilaç ve polimere karşı aşırı duyarlılık ve lokal inflamasyondur.⁶ İlaç salınımlı stentlerde erken ve geç restenoz da farklılıklar gösterir. Erken İSS restenozunda homojen neointimal hiperplazi görülürken, geç İSS restenozunda ise yeniden aterosklerotik plak gelişimi yani neoateroskleroz söz konusudur.⁷

Restenoz Tanımı

Klinik ve anjiyografik olmak üzere birbiriyle ilişkili 2 tip restenoz tanımlaması vardır:

I-Anjiyografik Restenoz:

Restenoz için altın standart tanı, perkutan koroner girişim (PKG) sonrası lümen içerisinde gelişen yeniden daralmanın anjiyografik olarak gösterilmesidir. Anjiyografik restenoz kesintisiz bir süreçtir ve restenoz gelişenlerle gelişmeyenlere ayırt edebilecek bir eşik değeri yoktur. Çalışmalar balon anjiyoplasti sonrası takip çalışmalarında darlık yüzdesinin veya minimal lümen çapının Gauss (normal) dağılımına yakın olduğunu göstermiştir. Bu nedenle restenoz ölçmenin en iyi yöntemi devamlı değişken gibi davranmaktır. Bununla birlikte pratik olması nedeniyle en sık dikotom değerler (örneğin çapta %50 daralma) restenoz tanısında kullanılmakta ve evrensel olarak stent içi ve stent kenarlarındaki 5 mm'lik alanda görülen %50 ve üzeri darlık restenoz olarak kabul edilmektedir.

Bazı hastalarda örtüşen farklılıklar göstermekle birlikte, birkaç farklı anjiyografik restenoz tanımı yapılmıştır. Çoğu çalışmada, başlangıç girişiminde elde edilen kazancın %50'den fazlasının kaybı veya takip anjiyogramında %50 ve üzerindeki mutlak lezyon darlığı, anjiyografik restenoz olarak tanımlanmıştır. Balon anjiyoplasti için, akut lümen genişlemesinin geç dönem kaybı veya tedavi sonrası 6. Ayda kantitatif anjiyografi ile ölçülen lezyon bölgesinde milimetre bazında net kazanç, 0.7 mm civarında olmalıdır.

Geç kayıp indeksi, lezyon bölgesindeki kaybın akut kazanç miktarına bölünmesiyle elde edilir. Kayıp indeksi uygulanan tekniğin etkinliğini ölçen en hassas yöntem olup, balon anjiyoplasti için 0.4-

0.6 mm arasında değişmektedir. Kayıp indeksi ne kadar küçük ise, restenoz önleyici tedavi o kadar etkili olacaktır.

Restenoz hem lümenle hem de damar duvarıyla ilişkili bir olgudur. Kullanılan cihaz tipinden bağımsız olarak, girişim yapılan bir hastada akut lümenal kazancın %40-60'nın kaybedilmesiyle ortaya çıkar. Aynı miktarda bir intimal kalınlaşma (*duvar ölçümüyle restenoz*), her hastada/lezyonda aynı ölçüde ciddi bir lümen daralmasına (*lümen ölçümüyle restenoz*) neden olmayabilir. Beklendiği üzere tek başına damar çapı, takipteki minimal lümen çapı üzerinde önemli bir pozitif etki yaratır ve geç kaybı negatif etkiler. Geniş bir damar takipte geniş bir lümenle sahip olacaktır ve küçük çaplı bir arter için de tam tersi geçerlidir. Mutlak lümen çapından ziyade yüzde darlık kullanımı, arter çapını otomatik olarak düzelterek bu etkiyi ortadan kaldırır.

İntrakoroner görüntüleme yöntemleri olarak gerek intravasküler ultrason (IVUS) gerek optik koherens tomografi (OCT), anjiyografik restenozun hem mekanik hem de biyolojik mekanizmalarına ışık tutabilir.⁸ Her iki si de anatomik ve morfolojik restenoz tanısında anjiyografiye üstündür. Güncel IVUS çalışmaları restenozun önemli bir bileşeninin, stentlenme ile önlenilecek damar geri çekilmesi olduğunu göstermiştir. Normal damar şekillenmesi koroner lümenin devamlılığını sürdürür. Hasarlanan damar bölgesinde gelişen geç negatif yeniden şekillenme de stent yerleştirilmesiyle önlenilebilir.

II- Klinik Restenoz:

Klinik restenoz, PKG sonrası gelişen tekrarlayan anjina veya anjina eşdeğeri semptomlar olarak tanımlanır. Olguların %10-15'inde, PKG sonrası geç dönemde girişim yapılmayan arteriyel segmentte veya başka bir damar yatağında gelişen yeni hastalık da klinik restenoz ile karıştırılabilecek benzer semptomlara yol açabilir. Ayrıca hastaların yaklaşık %10'unda yetersiz revaskülarizasyon da semptomlara neden olabilir. Anjiyoplastiyi takip eden asemptomatik bir dönemin ardından gelişen tekrarlayan tipik anjina, restenozun çok özgül bir klinik göstergesidir. Diğer taraftan atipik göğüs ağrısı kötü bir göstergedir. Ayrıca asemptomatik olguların %15'inde de restenoz olduğu gösterilmiştir.

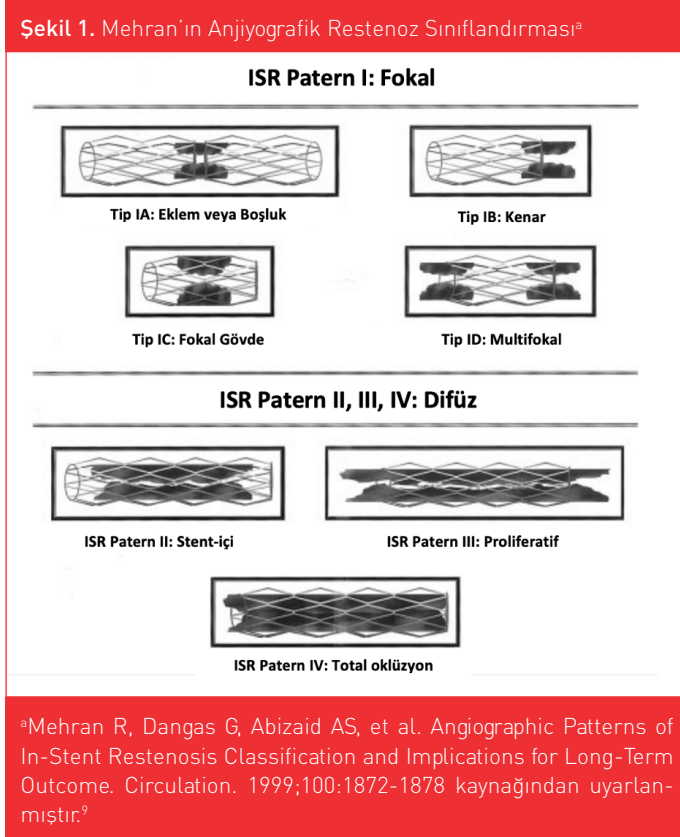
Koroner anjiyoplasti olan her hastada takipte kontrol anjiyosu yapmak mümkün değildir. Buna karşın sadece semptomatik hastalarda yapılan anjiyografi, bir seçim hatası yaratmakta ve dolayısıyla restenoz sıklığı olduğundan fazla hesaplanmaktadır. Aynı zamanda asemptomatik restenoz hastaları da klinik olarak fark edilmemektedir. Bu yaklaşım, gerçek anjiyografik restenoz oranını olduğundan az göstermektedir. Hedef damar revaskülarizasyon (TVR: Target Vessel Revaskularization) oranı, anjiyografik restenoz oranı için diğer bir dolaylı göstergedir.

Balon anjiyoplasti (PTKA) sonrası erken dönemde yapılan (<1 ay) egzersiz testi, sıklıkla inatçı pozitif olup gelecek restenozu ve tekrarlayan olayları öngörmeye başarısız olmuştur. Klinik olay tekrarı olmayan hastalarda 6. ayda yapılan egzersiz testi, orta düzeyde pozitif kestirim gücüne sahiptir. Girişim sonrası hemen erken dönemde egzersiz testi önerilmez. Perkutan girişim sonrası geç dönemde gelişen restenoz şüphesi yaratan semptomlarda kesin tanı için anjiyografi önerilmektedir. Anjiyografik olarak darlığın ciddiyeti belirsiz ise (%40-70 darlık), fraksiyone akım rezervi (FFR) gibi fonksiyonel testler, tekrar girişim kararını vermede önemli

yöntemlerdir.

Restenoz Sınıflaması

Stent teknolojisinin ilk kullanılmaya başlandığı zamanlarda, restenoz anjiyografik olarak fokal ve diffüz diye sınıflandırılırken, daha sonra tanımlanan Mehran sınıflaması fokal ve diffüz tipleri de alt gruplara ayırarak, daha ayrıntılı bir sınıflandırma yapmış ve değişik anjiyografik restenoz tiplerinin prognostik önemini de göstermiştir (Şekil 1).⁹



Ancak Mehran Sınıflaması ÇMS'ye özgü olduğu gibi, sadece anjiyografik bir sınıflamadır. İntrakoroner görüntüleme yöntemlerinin yaygın kullanımı restenozların sadece anatomik/anjiyografik olarak değil altta yatan mekanizmaya göre de sınıflandırılmasının hem tedavi hem prognoz açısından önemli olduğunu göstermiştir. Buna göre yapılan Waksman stent içi restenoz sınıflaması; mekanik, biyolojik, mikst tip, kronik total oklüzyon ve daha önce >2 stentle tedavi edilmiş İSS restenozu olmak üzere tedavi seçimini de kolaylaştırabilecek beş ana grup içermektedir.⁵

Restenoz Gelişimi İçin Risk Faktörleri:

Stent içi restenoz gelişiminde biyolojik, mekanik, hastayla ve operatörle ilişkili faktörler rol oynamaktadır. En önemli mekanik faktörler stentin yetersiz açılımı (underexpansion) ve stent kırılmasıdır. Her ikisi de intrakoroner görüntüleme yöntemleri ile kolaylıkla tanınabilir.⁸ Hangi hastada restenoz gelişeceğini kesin olarak tahmin etmek mümkün değildir.

Restenoz Sınıflandırması (Zamansal)

Stent implantasyonu, akut elastik geri çekilmeyi engelleyerek, çok

erken (<24saat) restenoz gelişimini engeller. Restenoz sıklığı zamanla artarak 6. ay civarında pik yapar. Geç restenoz (12. aydan sonra) daha nadiren görülür. Anjiyoplasti sonrası restenoz sıklığı, stent kullanılmayan hastalarda çok değişkendir ve değişik kaynaklarda %15-55 arasında bildirilmektedir.

Tablo 1. Waksman In-Stent Restenoz Sınıflandırması^a

| Tip | Tanım | Tedavi Seçeneği |
|-----|--|---|
| I | Mekanik | Yetersiz açılma (Tip 1A) |
| | | Stent Fraktürü (Tip 1B) |
| II | Biyolojik | İntimal Hiperplazi (Tip IIA) |
| | | Neoateroskleroz, non-kalsifiye (Tip IIB) |
| | | Neoateroskleroz, kalsifiye (Tip IIC) |
| III | Mikst patern: kombine mekanik ve biyolojik etiyoloji | Yüksek basınçlı balon, İKB, İSS ve VBT |
| IV | Kronik total oklüzyon | İKB veya İSS, çok katman için VBT, ihtiyaç halinde KABG |
| V | >2 stent katmanı | Balon, İKB, VBT ve KABG |

ELKA: excimer laser koroner atarektomi, İKB: ilaç kaplı balon, İSS: ilaç salınımlı stent, KABG: koroner by-pass greftleme, RA: rotasyonel atarektomi, VBT: vasküler brakiterapi.

^aShlofmitz E, Iantorno M, Waksman R. Restenosis of Drug-Eluting Stents. A New Classification System Based on Disease Mechanism to Guide Treatment and State-of-the-Art Review. Circ J. 2019;83:313-319 kaynağından alınmıştır.⁵

Zaman bağımlı bir minvalde restenozu neden olabilecek değişik mekanizmalar bildirilmiştir. Erken restenoz trombüs gelişimiyle ilişkili iken, geç restenoz daha çok yeniden şekillenme ile alakalıdır.

Restenoz için Yüksek Riskli Hasta Grupları

Diyabetes Mellitus:

Diyabetik hastalarda PKG sonrası sağ kalım, diyabetik olmayanlara göre daha kötüdür. Altıncı ayda anjiyografik takibin yapıldığı, 418 diyabetik ve 2672 diyabetik olmayan hastanın dahil edildiği bir çalışmada, restenoz oranı diyabetik olmayan hastalarda 550/2672 (%20.6) iken, diyabetik grupta 130/418 (%31.1) olarak saptanmıştır (p=0.01).¹⁰ Diyabetik hastalarda damar çapı, stent uzunluğu, düşük vücut kitle indeksi (VKİ) ISR için risk faktörü olarak öne çıkmışlardır. 1288 hastanın dahil edildiği başka bir çalışmada (263 diyabetik, %21), ilk 1 yılda stentlenen lezyon bölgesinde tekrarlayan revaskülarizasyon oranı diyabetik hastalarda daha yüksek bulunmuştur (%16 & %10.9, p=0.01).¹¹ Ayrıca kardiyak ölüm ve miyokart enfarktüsü (ME) sıklığı da diyabetik hastalarda daha yüksek saptanmış (5 yıllık oranlar, %25.4 & %17.9, p=0.008) ve grupların bazal özellikleri eşleştirildikten sonra da bu fark devam etmiştir.

Kronik Böbrek Yetersizliği:

Kronik böbrek yetersizliği (KBY) olan hastalarda, PKG sonrası yüksek restenoz (>%30) oranları bildirilmiştir. Başlangıç anjiyog-

rafik başarı benzer olmasına karşın son dönem böbrek yetersizliği (SDBY) olan hastalarda uzun dönem takiplerde KBY olmayan hastalara göre artmış olay sıklığı görülmektedir. Bir çalışmada ılımlı böbrek yetersizliği olan ve AME nedeniyle primer anjiyoplastiye giden hastalarda ciddi restenoz oranı, normal renal fonksiyonu olan hastalar göre daha yüksek bulunmuştur (%20.6 & %11.8, p=0.024).¹²

Transplantasyon hastaları :

Kardiyak allograft vaskülopatisi (KAV), aterosklerozun hızlı ilerleyen bir formudur ve ortotopik kalp transplantasyonu yapılan hastalarda, uzun süreli sağ kalımın önündeki en büyük engellerden biridir. Kardiyak allograft vaskülopatisi olanlarda PKG, en önemli palyatif tedavi yöntemlerinden biri olmakla birlikte, nativ koroner artere uygulanan PKG'ye göre, bu grupta hem klinik sonuçları daha kötü hem de restenoz oranı daha yüksektir. Çeşitli çalışma sonuçlarına göre, KAV hastalarında İSS ile PKG, ÇMS'ye göre daha güvenlidir ve anjiyografik restenoz riskini azaltmaktadır. Ancak KAV İSS ile tedavi edilse bile, hastalığın doğal kötü seyri düzeltilmemektedir.

Akut Miyokart Enfarktüsü (AME):

Pek çok çalışmada mortalite, tekrarlayan ME ve TVR'yi azaltmada, PKG'nin fibrinolitik tedaviye üstün olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte başarılı balon anjiyoplasti sonrası %40-50, stent sonrası %20-30 restenoz riski devam etmektedir. Akut ME (STEMI) hastalarında PKG sırasında İSS veya ÇMS seçimi, damar çapına ve takip eden yıl içerisinde ikili antiplatelet tedavi gereksinimine göre yapılır.

Kronik Total Oklüzyon (KTO):

Kronik total oklüzyon (KTO) içeren lezyonlar, diğer lezyonlara göre restenozla daha yakındırlar. Ancak KTO lezyonlarında kollateral dolaşımın varlığı nedeniyle, tekrarlayan olaylar daha az ME ile sonuçlanır.

Güncel ACROSS/TOSCA-4 çalışmasında KTO lezyonlarında İSS ile revaskülarizasyonun anjiyografik ve klinik sonuçları irdelenmiştir.¹³ Kronik total oklüzyonu olan 200 hasta İSS ile tedavi edilmiş ve tedavi edilen segmentte 6. ayda restenoz sıklığına bakılmıştır. Hastaların %99.5'i (199 hasta) İSS ile tedavi edilmiş ve işlem başarısı %90 olarak kaydedilmiştir. 6. ayda ISR oranı %9.5, in-segment restenoz oranı %12.4 ve çalışma alandaki tüm segmenti ('working length') yansıtan restenoz oranı ise %22.6 olarak bulunmuştur. 1 yıllık hedef lezyon revaskülarizasyonu (TLR: Target Lesion Revascularization), ME ve hedef damar başarısızlığı (TVF: Target Vessel Failure) sırasıyla %9.8, %1.0 ve %10.9'dü.

Safen Ven Greft Lezyonları:

Safen ven grefti (SVG) lezyonları, yüksek restenoz riskiyle ilişkili olup, bu risk özellikle proksimal anastomozda ve greftin gövdesinde en yüksektir. Distal anastomoz bölgesindeki darlıklar ise anjiyoplastiye daha iyi yanıt vermektedirler. Restenoz için zaman çizelgesi SVG'lerde nativ koroner arterlerden farklı olup, 6 ay sonrasında da artarak devam etmektedir. Medikal tedavideki ilerlemeler ile birlikte SVG'lerin uzun dönem açıklık oranları artmakla birlikte, hala istenilen seviyede değildir.

İnternal Meme Arteri (İMA) Greft Lezyonları:

İnternal meme arteri greftinin anastomoz bölgesi, anjiyoplastiye çok iyi yanıt verir ve restenoz oranı %10-15 düzeyindedir. Safen ven greftleri ile İMA'yı karşılaştıran bir çalışmada 10 yıllık açıklık oranları sırasıyla %57 ve %90 İMA lehine bulunmuştur ancak bu çalışmada açıklık olarak tam tıkanıklık olmaması temel alınmıştır.¹⁴

Restenozun Tedavisi ve Intrakoronar Görüntüleme-nin Rolü

IVUS, Balon anjiyoplasti ve Tekrar Stentleme

Stent içi restenoz; ilk implantasyon sırasında stentin hedef damar çapına uygun biçimde yeterince açılmaması, aşırı neo-intimal hiperplazi veya bu ikisinin kombinasyonu ile oluşur. Stent içi restenoz tedavisi damar/stent ilişkisinin mümkünse IVUS ile değerlendirilmesi ile başlar. Ardından stenti genişletmek ve hiperplaze dokuyu baskılamak için uygun çapta bir balon kullanılır. Bu aşamanın başarısını değerlendirmek için tekrar IVUS yapmak faydalı olacaktır. Yakın zamanda optik koherens tomografinin (OCT) kullanımına girmesi, ISR tedavisi için balon anjiyoplasti uygulanan hastalarda, doku parçalanmasını tespit ederek, operatöre bu materyali kaplamak üzere ikinci bir stentin seçimi için yol göstermiş olur. Operatörün takdirine bağlı olmakla birlikte, bu yaklaşımın rutin olarak kullanımının faydalı olduğuna dair kanıtlar sınırlıdır.

Stentin yerleştirildiği ilk prosedüre göre, bu aşamada başarı ve komplikasyon oranları daha düşüktür. Çünkü restenoz, aterosklerotik plaktan ziyade esasen fibroproliferatif değişikliklerle oluşmaktadır. Restenotik lezyonun tekrar stentlenmesi kolayca uygulanabilmesine rağmen, uzun vadede problemi çözmemektedir. Çünkü iç içe geçen çok sayıda stent varlığı, metal yükü artırarak, yüksek subakut tromboz oranına neden olmaktadır.

Takipte rutin anjiyografi, potansiyel yanlış pozitif restenoz riski (klinik açıdan ciddiyeti önemli olmayan daralma) nedeniyle önerilmemektedir. Orta derecede ciddi ISR lezyonlarında (%40-70) iske-mi kanıtı aranmalıdır. Tedavi öncesi stres testi veya FFR yapılması uygun olacaktır. Altta yatan mekanizmayı (damar çapına uygun olmayan stent ekspansiyonu veya endotel proliferasyonu) ortaya çıkarmak ve ilave stent gereksinimini değerlendirmek için, işlem öncesi IVUS yapılması önemlidir. Kesici (cutting) balon kullanımı düşünülmelidir. Çünkü bıçaklar, şişirme sırasında stent içerisinde mükemmel bir balon stabilitesi sağlamaktadır.

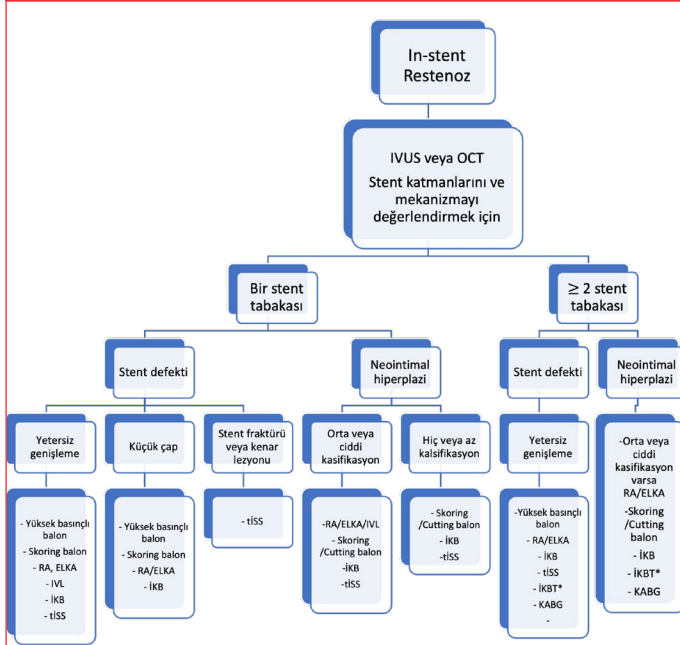
Tedavi yaklaşımımız özetleyecek olursak;

- **ISR paternini tanımlayın.** Çıplak metal stentlerde ve İSS'lerde İSR paterni farklıdır. Mehran sınıflamasına göre ÇMS ile ilişkili ISR neointimal hiperplaziye bağlı olup, yaygın olma eğiliminde iken, İSS ilişkili ISR daha fokal ve oluşumunda hem neointimal hiperplazi hem de neoateroskleroza rol oynamaktadır.^{9,15-17}
- **Altta yatan mekanizmayı görüntüleyin.** Tüm in-stent lümen kayıpları restenozla ilişkili değildir. Stent yetersiz genişlemiş veya olması gerekenden küçük çapta stent seçilmiş olabilir. Intravasküler ultrason ve OCT yetersiz açılma, neo-intimal hiperplazi, neoateroskleroz ve kalsifikasyon gibi altta yatan nedeni ortaya koyup, uygun tedavi yöntemine karar vermede

yardımcı olur.

- Genel olarak ISR tedavisinde ISS'lerin kullanımı, balon anjiyoplasti, ÇMS kullanımı ve brakiterapiye kıyasla daha üstün sonuçlar ortaya koymuştur.¹⁸⁻²⁰ İlaç kaplı balonlar da metal yükünü artırmadan ISR tedavisinde olumlu sonuçlanım sağlamışlardır.²¹

Şekil 2. In-stent restenozu tedavisinde önerilen güncel algoritma.⁹



*Tekrarlayan İKBT, 12-36 aylık inatçı şiddetli ISR için 6-12 ayda bir veya herhangi bir kontrendikasyon yoksa ömür boyu ikili antitrombosit tedaviyle birlikte kullanılabilir. ELKA: excimer lazer koroner anjiyoplasti, İKB: ilaç kaplı balon, İKBT: intrakoronar brakiterapi, IVL: intravasküler litotropsi, IVUS: intravasküler ultrason, KABG: koroner arter by-pass greftleme, OCT: optik koherens tomografi, RA: rotasyonel atarektomi, tİSS: tekrar ilaç salımlı stent implantasyonu.

⁹Waksman R, Iantorno M. Refractory In-Stent Restenosis: Improving Outcomes by Standardizing Our Approach. *Curr Cardiol Rep.* 2018;20(12):140; Marjan B, Magdalena O. In-Stent Restenosis in Drug-Eluting Stents: Issues and Therapeutic Approach. *J Cardiol Curr Res.* 2016;6(3):00206 kaynaklarından uyarlanmıştır.^{15,16}

- a) **Balon anjiyoplasti:** Fokal lezyonlarda, stent yetersiz açılımında veya kısa süreli ikili antiplatelet kullanımına bağlı gelişen restenozlarda balon anjiyoplasti tercih edilebilir. "Karpuz ekimi" (Watermelon effect) olarak da bilinen balon kayması, balon şişirme sırasında bazen karşılaşılabılır ve damar duvarında hasara neden olabilir. Balon kaymasını engellemek için; 'buddy wire', non-kompliyan balon kullanımı, daha kısa balon kullanımı, balonun yavaş şişirilmesi veya skoring/cutting balon kullanımı uygulanabilecek yöntemlerdir.¹⁵ Stent yetersiz genişlemesine bağlı oluşan ISR olgularında yüksek basınçlı non-kompliyan balonlarla tedavi tercih edilen tekniktir.
- b) **Skoring/cutting balon:** Bir çalışmada ISR tedavisinde İKB öncesi skoring balon kullanımının, konvansiyonel balon anjiyoplastiye üstün olduğu gösterilmiştir.²² Skoring/cutting balon kullanımı balon kaymasını engeller ancak ağır profilleri ne-

deniyle lezyon bölgesine taşınabilirliği sınırlıdır.

- c) **Rotasyonel atarektomi (RA):** ISR tedavisinde RA kullanımıyla balon anjiyoplastiye kıyasla çelişkili sonuçlar elde edilmiştir.^{23,24} Neoaterosklerotik plakta kalsiyum varlığı IVUS ve OCT çalışmalarında gösterilmiştir. Bu nedenle yüksek basınçlı balon tedavisine dirençli restenozlarda RA düşünülebilir. Yine dilate edilemeyen, yetersiz genişlemiş stent restenozu tedavisinde RA kullanılabilir.²⁵
- d) **Excimer lazer koroner anjiyoplasti (ELKA):** Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından ISR tedavisinde ELKA kullanımı onaylanmıştır. Gözlemsel çalışmalarda yüksek basınçlı balon şişirilmesine dirençli, stent yetersiz açılımına bağlı ISR tedavisinde, kontrast enjeksiyonuyla yapılan ELKA tedavisinin daha iyi stent açılımını sağladığı gösterilmiştir.²⁶
- e) **İlaç kaplı balon (İKB):** Bir çok çalışmada ve meta-analizde ISR tedavisinde İKB kullanımı İSS kullanımı kadar etkin bulunmuş, everolimus salımlı İSS'ler ise biraz daha üstün bulunmuştur. Avrupa kılavuzlarında (ESC/EACTS) ISR tedavisinde İKB kullanımı sınıf I endikasyonla önerilmektedir. Balon şişirme süresinin >60 sn. tutulması ve balon:arter oranının >0.91 olarak hedeflenmesi ile İKB sonuçları iyileştirilebilir.²⁷⁻²⁹
- f) **Brakiterapi:** Çıplak metal stentlerle ilişkili ISR tedavisinde İSS'ler ile üstün sonuçlar alınması üzerine brakiterapi kullanımı azalmıştır.^{30,31} Bununla birlikte, yakın zamanda yayınlanan birkaç gözlemsel ve ileriye dönük çalışmada, tekrarlayan ISR tedavisinde brakiterapinin alternatif olabileceği gösterildi.
- g) **Koroner arter by-pass greftleme (KABG):** Restenoz için risk faktörü olan veya tekrarlayan ISR yaşayan hastalarda Kalp Takımı önerisiyle KABG tedavisi düşünülebilir.
- h) **Safen ven greftinde (SVG) ISR:** Safen ven greftinde tekrarlayan ISR gelişirse, ISS veya brakiterapi düşünülebilir. Ancak eğer mümkünse nativ koroner arterdeki KTO lezyonunun açılması daha iyi bir opsiyon olabilir.³²

Restenoz Prognozu:

ABD kaynaklı retrospektif bir analizde 2017 yılına kadar 10 yıllık bir süreçte restenoz nedeniyle girişim yapılan hastalar incelenmiş, restenoz hastalarının %25'inin AKS ile başvurduğu ve bu hastaların yatış süreleri ve hastane içi komplikasyonlarının yeni lezyonlu hastalarla benzer olduğu gösterilmiştir.³³

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Bona KH, Mannsverk J, Wiseth R, et al. Drug-Eluting or Bare-Metal Stents for Coronary Artery Disease. *N Engl J Med.* 2016;375:1242-1252. [Crossref]
2. Cutlip DE, Chhabra AG, Baim DS, et al. Beyond Restenosis. Five-Year Clinical Outcomes From Second-Generation Coronary Stent Trials. *Circulation.* 2004;110:1226-1230. [Crossref]

3. Agostoni P, Valgimigli M, Biondi-Zoccai GG, et al. Clinical effectiveness of bare-metal stenting compared with balloon angioplasty in total coronary occlusions: insights from a systematic overview of randomized trials in light of the drug-eluting stent era. *Am Heart J*. 2006;151:682-689. [\[Crossref\]](#)
4. Kim MS, Dean LS. In-stent restenosis. *Cardiovas Ther*. 2011;29(3):190-198. [\[Crossref\]](#)
5. Shlofmitz E, Iantorno M, Waksman R. Restenosis of Drug-Eluting Stents. A New Classification System Based on Disease Mechanism to Guide Treatment and State-of-the-Art Review. *Circ J*. 2019;83:313-319. [\[Crossref\]](#)
6. Lee SY, Hong MK, Jang Y. Formation and Transformation of Neointima after Drug-eluting Stent Implantation: Insights from Optical Coherence Tomographic Studies. *Korean Circ J*. 2017;47(6):823-832. [\[Crossref\]](#)
7. Jinnouchi H, Kuramitsu S, Shinozaki T, et al. Difference of Tissue Characteristics Between Early and Late Restenosis After Second-Generation Drug-Eluting Stents Implantation - An Optical Coherence Tomography Study. *Circ J*. 2017;81(4):450-457. [\[Crossref\]](#)
8. Goto K, Zhao Z, Matsumura M, et al. Mechanisms and Patterns of Intravascular Ultrasound In-Stent Restenosis Among Bare Metal Stents and First- and Second-Generation Drug-Eluting Stents. *Am J Cardiol*. 2015;116(9):1351-1357. [\[Crossref\]](#)
9. Mehran R, Dangas G, Abizaid AS, et al. Angiographic Patterns of In-Stent Restenosis Classification and Implications for Long-Term Outcome. *Circulation*. 1999;100:1872-1878. [\[Crossref\]](#)
10. West NEJ, Ruygrok PN, Disco CMC, et al. Clinical and angiographic predictors of restenosis after stent deployment in diabetic patients. *Circulation*. 2014;109(7):867-873. [\[Crossref\]](#)
11. Lee TT, Feinberg L, Baim DS, et al. Effect of diabetes mellitus on five-year clinical outcomes after single-vessel coronary stenting (a pooled analysis of coronary stent clinical trials). *Am J Cardiol*. 2006;98(6):718-721. [\[Crossref\]](#)
12. Sadeghi HM, Stone GW, Grines CL, et al. Impact of Renal Insufficiency in Patients Undergoing Primary Angioplasty for Acute Myocardial Infarction. *Circulation*. 2003;10:2769-2775. [\[Crossref\]](#)
13. Kandzari DE, Rao SV, Moses JV, et al. Clinical and angiographic outcomes with sirolimus-eluting stents in total coronary occlusions: the ACROSS/TOSCA-4 (Approaches to Chronic Occlusions With Sirolimus-Eluting Stents/Total Occlusion Study of Coronary Arteries-4) trial. *JACC Cardiovasc Int*. 2009;2(2):97-106. [\[Crossref\]](#)
14. Goldman S, Zadina K, Moritz T, et al. Long-term patency of saphenous vein and left internal mammary artery grafts after coronary artery bypass surgery: results from a Department of Veterans Affairs Cooperative Study. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44(11):2149-2156. [\[Crossref\]](#)
15. Waksman R, Iantorno M. Refractory In-Stent Restenosis: Improving Outcomes by Standardizing Our Approach. *Curr Cardiol Rep*. 2018;20(12):140. [\[Crossref\]](#)
16. Marjan B, Magdalena O. In-Stent Restenosis in Drug-Eluting Stents: Issues and Therapeutic Approach. *J Cardiol Curr Res*. 2016;6(3):00206. [\[Crossref\]](#)
17. Alfonso F, Byrne RA, Rivero F, and Kastrati A. Current Treatment of In-Stent Restenosis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014;63:2659-2673. [\[Crossref\]](#)
18. Alfonso F, Perez-Vizcayno MJ, Hernandez R, et al. A Randomized Comparison of Sirolimus-Eluting Stent With Balloon Angioplasty in Patients With In-Stent Restenosis: Results of the Restenosis Intra-stent: Balloon Angioplasty Versus Elective Sirolimus-Eluting Stenting (RIBS-II) Trial. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;47:2152-2160. [\[Crossref\]](#)
19. Kastrati A, Mehilli J, von Beckerath N, et al. Sirolimus-Eluting Stent or Paclitaxel-Eluting Stent vs Balloon Angioplasty for Prevention of Recurrences in Patients With Coronary In-Stent Restenosis: A Randomized Controlled Trial. *JAMA*. 2005;293:165-171. [\[Crossref\]](#)
20. Mehilli J, Byrne RA, Tiroch K, et al. Randomized Trial of Paclitaxel-Versus Sirolimus-Eluting Stents for Treatment of Coronary Restenosis in Sirolimus-Eluting Stents: The ISAR-DESIRE 2 (Intracoronary Stenting and Angiographic Results: Drug Eluting Stents for In-Stent Restenosis 2) Study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010;55:2710-2716. [\[Crossref\]](#)
21. Kokkinidis DG, Prouse AF, Avner SJ, Lee JM, Waldo SW, Armstrong EJ. Second-generation drug-eluting stents versus drug-coated balloons for the treatment of coronary in-stent restenosis: A systematic review and meta-analysis. *Catheterization and Cardiovascular Interventions: Official Journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2018;92:285-299. [\[Crossref\]](#)
22. Kufner S, Joner M, Schneider S, et al. Neointimal Modification With Scoring Balloon and Efficacy of Drug-Coated Balloon Therapy in Patients With Restenosis in Drug-Eluting Coronary Stents: A Randomized Controlled Trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:1332-1340. [\[Crossref\]](#)
23. Sharma SK, Kini A, Mehran R, et al. Randomized Trial of Rotational Atherectomy Versus Balloon Angioplasty for Diffuse In-Stent Restenosis (ROSTER). *American Heart Journal*. 2004;147:16-22. [\[Crossref\]](#)
24. vom Dahl J, Dietz U, Haager PK, et al. Rotational Atherectomy Does Not Reduce Recurrent In-Stent Restenosis: Results of the Angioplasty Versus Rotational Atherectomy for Treatment of Diffuse In-Stent Restenosis Trial (ARTIST). *Circulation*. 2002;105:583-588. [\[Crossref\]](#)
25. Ferri LA, Jabbour RJ, Giannini F, et al. Safety and efficacy of rotational atherectomy for the treatment of undilatable underexpanded stents implanted in calcific lesions. *Catheterization and Cardiovascular Interventions: Official Journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2017;90:E19-E24. [\[Crossref\]](#)
26. Latib A, Takagi K, Chizzola G, et al. Excimer Laser LESion Modification to Expand Non-Dilatable Stents: The ELLEMENT Registry. *Cardiovasc Revasc Med*. 2014;15:8-12. [\[Crossref\]](#)
27. Alfonso F, Perez-Vizcayno MJ, Cardenas A, et al. A Prospective Randomized Trial of Drug-Eluting Balloons Versus Everolimus-Eluting Stents in Patients With In-Stent Restenosis of Drug-Eluting Stents: The RIBS IV Randomized Clinical Trial. *Journal of the American College of Cardiology*. 2015;66:23-33. [\[Crossref\]](#)
28. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, and Group ESCSD. 2018 ESC/EACTS Guidelines on Myocardial Revascularization. *Eur Heart J*. 2019;40:87-165. [\[Crossref\]](#)
29. Rhee TM, Lee JM, Shin ES, et al. Impact of Optimized Procedure-Related Factors in Drug-Eluting Balloon Angioplasty for Treatment of In-Stent Restenosis. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018;11:969-978. [\[Crossref\]](#)
30. Varghese MJ, Bhatheja S, Baber U, et al. Intravascular Brachytherapy for the Management of Repeated Multimetal-Layered Drug-Eluting Coronary Stent Restenosis. *Circ Cardiovasc Interv*. 2018;11:e006832. [\[Crossref\]](#)
31. Negi SI, Torguson R, Gai J, et al. Intracoronary Brachytherapy for Recurrent Drug-Eluting Stent Failure. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016;9:1259-1265. [\[Crossref\]](#)
32. Britakis ES, Rao SV, Banerjee S, et al. Percutaneous Coronary Intervention in Native Arteries Versus Bypass Grafts in Prior Coronary Artery Bypass Grafting Patients: A Report From the National Cardiovascular Data Registry. *JACC Cardiovasc Interv*. 2011;4:844-850. [\[Crossref\]](#)
33. Moussa ID, Mohanane D, Saucedo J, et al. Trends and Outcomes of Restenosis After Coronary Stent Implantation in the United States. *J Am Coll Cardiol*. 2020;76(13):1521-1531. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.7

STENT TROMBOZU OLUŞUM VE TEDAVİSİ

Hasan Ali BARMAN
Mustafa YILDIZ

Stent Trombozu Oluşum ve Tedavisi

Mechanism and Management of Stent Thrombosis

BÖLÜM HAKKINDA

Stent trombozu, koroner stent yerleştirme implantasyonu sonrasında oluşan ve ciddi klinik sonuçlara yol açabilen bir durumdur. Bu bölümde, stent trombozunun mekanizmaları, risk faktörleri ve etkili tedavi stratejileri detaylı bir şekilde incelenmektedir. Trombozun mekanizmaları, trombosit aktivasyonu, trombosit-stent etkileşimi, endotel hasarı, kan akımı bozuklukları ve inflamasyon gibi bir dizi kompleks süreçten kaynaklanır. Bu mekanizmaların anlaşılması, tromboz riskini azaltmak için önemli bir temel oluşturur. Stent trombozunun önlenmesi ve tedavisi için farmakolojik ve invaziv müdahaleler kullanılmaktadır. Antiplatelet ajanlar, antikoagülanlar, trombolitikler ve yeni nesil stentler gibi farmakoterapötik yaklaşımların yanı sıra, perkütan koroner girişimler ve stent revaskülarizasyonu gibi invaziv müdahaleler de önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, stent trombozuyla ilişkili risk faktörleri ve bu faktörlerin yönetimi de ele alınmaktadır. Diyabet, hipertansiyon, hiperlipidemi, sigara içme alışkanlığı gibi metabolik faktörlerin yanı sıra, stent tipi, stent yerleşim yeri ve hasta özellikleri gibi teknik faktörler de tromboz riskini etkileyebilir. Bu bölüm, klinik uygulamalarda standart olan ve güncel araştırma alanlarını içeren kapsamlı bir bakış sunar.

Anahtar kelimeler: Stent trombozu, tromboz mekanizması, stent trombozu tedavisi, antiplatelet ajanlar, antikoagülanlar

ABOUT the CHAPTER


Stent thrombosis is a critical complication in interventional cardiology procedures, with potential serious clinical consequences. This book chapter provides an in-depth exploration of the mechanisms, risk factors, and effective treatment strategies related to stent thrombosis. The mechanisms of thrombosis involve a complex interplay of processes including platelet activation, platelet-stent interaction, endothelial damage, impaired blood flow, and inflammation. Understanding these mechanisms forms a crucial basis for reducing thrombosis risk. Prevention and treatment of stent thrombosis involve both pharmacological and invasive interventions. Pharmacotherapeutic approaches include antiplatelet agents, anticoagulants, thrombolytics, and newer generation stents, while invasive interventions such as percutaneous coronary interventions and stent revascularization also play a significant role. Additionally, this chapter addresses the risk factors associated with stent thrombosis and their management. Metabolic factors like diabetes, hypertension, hyperlipidemia, and smoking, along with technical factors such as stent type, location, and patient characteristics, can influence thrombosis risk. The chapter provides a comprehensive overview of established clinical practices and current research areas in stent thrombosis.


Keywords: Stent thrombosis, thrombosis mechanism, stent thrombosis treatment, antiplatelet agents, anticoagulants.

Giriş

Stent trombozu, koroner arter stentli segmentinin trombotik tıkanması olarak tanımlanır. Stent trombozu, perkütan koroner girişimin (PCI) ölümcül komplikasyonlarından biridir. Stent trombozu, ani kardiyak ölüm veya miyokard enfarktüsüne (MI) neden olan yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkilidir.^{1,2} Genellikle anjinal semptomlar ile seyreden stent içi restenoz ile karşılaştırıldığında, stent trombozu tipik olarak akut koroner sendromla (ACS) sonuçlanan akut bir süreçtir. Diyabetes mellitus (DM), ACS ve azalmış sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) varlığı gibi çeşitli risk faktörleri stent trombozu ile ilişkilendirilmiştir. Stent trombozu sınıflandırmasına ilişkin Akademik Araştırma Konsorsiyumu (ARC) kılavuzu 2008 yılında yayınlanmıştır.³ Sınıflandırma, altta yatan stent tipine, klinik senaryoya ve ilk stent implantasyonundan sonraki zamanlamaya göre bö-



Hasan Ali Barman 

Mustafa Yıldız 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-posta: hasan.barman@iuc.edu.tr
mustafa.yildiz@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıyla / Cite this chapter as:
Barman HA, Yıldız M. Stent Trombozu Oluşum ve Tedavisi. Ersanlı M, (Ed.) *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 102-108.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

lünmüştür. Altta yatan stent türüne göre stent trombozu, çıplak metal stent (BMS), birinci nesil ilaç kaplı stent (DES) ve ikinci nesil DES kategorilerine de ayrılmaktadır. Zamanlama açısından, stent trombozu akut, subakut, erken, geç ve çok geç olarak ayrılabilir. Erken stent trombozu, akut veya subakut olarak ikiye ayrılır (Tablo 1). Kullanılan stent türünden bağımsız olarak en sık erken dönem stent trombozu izlenir.

Tablo 1. Stent trombozu zamana göre sınıflaması

| |
|--|
| Erken stent trombozu, stent implantasyonundan sonraki bir ay içinde |
| Akut stent trombozu, stent implantasyonundan sonraki ilk 24 saat içinde |
| Subakut stent trombozu, stent implantasyonundan >24 saat ile bir ay arasında |
| Geç stent trombozu, stent implantasyonundan 1 ila 12 ayları arasında |
| Çok geç stent trombozu, stent implantasyonundan 12 ay sonra ortaya çıkar. |

Kesin stent trombozu tanısı anjiyografik veya otopsi ile konulur. Anjiyografik olarak stent içi veya stentin 5 mm proksimal/distal bölgede trombüs ile birlikte 48 saat içerisinde akut iskemik semptomlar, EKG değişikliği ve kardiyak belirteçlerde anlamlı değişiklik stent trombozu tanısı koydurur. Yine otopside trombotik materyalin patolojik incelenmesi ile de kesin tanı konulabilir. Erken dönemde izlenen akut stent trombozu mekanik sorunlardan, trombosit adezyon/agregasyonunun baskılanmasındaki başarısızlıktan, yavaş koroner akımın devamından ve protrombotik bileşenlerden kaynaklanır. Geç stent trombozu ve çok geç stent trombozu gecikmiş reendotelizasyon ve neointimal kaplamanın sonucu olarak ortaya çıkar.⁴

Vasküler düz kasların proliferasyonu, migrasyonu ve proteoglikan birikimi ile neo-endotelial oluşum restenoza neden olur. Restenoz, strut türüne ve işleme bağlı olarak çoğunlukla implantasyondan sonraki ilk 6-9 ay içerisinde ortaya çıkabilir. DES'ten salınan ilaç, vasküler düz kas hücrelerinin proliferasyonunun ve migrasyonunun sinyal iletim yollarını inhibe eder. DES reendotelizasyonu geciktirmekle birlikte protrombojenik olaylardan korunmasını sağlar. DES, BMS'ye kıyasla restenozu önemli ölçüde azaltır.⁵

Etyoloji

Stent trombozu multifaktöriyel mekanizmalar sonucu ortaya çıkar.⁶ Stent trombozu ilişkili risk faktörleri Tablo 2'de verilmiştir. Tüm bu risk faktörleri içinde en önemli neden ikili antiplatelet tedavinin erken sonlandırılmasıdır. CHAMPION-PHOENIX çalışmasında, ST elevasyonlu olmayan miyokard enfarktüsünü (NSTEMI) ve ST elevasyonlu miyokard enfarktüsünü (STEMI) hastalarında trombüs yükü ve toplam stent uzunluğu akut stent trombozunun bağımsız prediktörü olarak tanımlanmıştır.⁷ Erken stent trombozu ile ilişkili bağımsız faktörler olarak diyabetes mellitus, böbrek yetmezliği, Duke skoru, minimum lümen çapı, prosedür öncesi tienopiridin kullanımı, başlangıç hemogloblin düzeyi ve koroner arter hastalığının yaygınlığı gösterilmiştir.⁸ Horizon AMI (akut miyokard enfarktüsü) çalışmasının intravasküler ultrason (IVUS) alt grup analizinde, stent strutlarının malapozisyonu, plak prolapsusu veya protrüzyonu, köşe diseksiyonu ve rezidüel stenoz varlığı erken stent trombozunun ön görmede önemli rol oynadığı gösterilmiştir.

tir.⁹ Ayrıca, bifurkasyon stentlemenin de stent trombozu riskini arttırdığı gösterilmiştir. Triton TIMI 38 çalışması, STEMI hastalarının stent türünden bağımsız olarak yüksek stent trombozu riski altında olduğunu ve prasugrel gibi güçlü antiplatelet tedavinin bu riski %50 oranında azalttığını göstermiştir.¹⁰

Stent implantasyonundan sonra, takip eden ilk yıl için rutin olarak ikili antitrombosit tedavi önerilir. İkili antiplatelet tedavi kullanımıyla, stent trombozu yaklaşık %1 azalmış olmakla birlikte acil stentleme vakaları ile kompleks lezyonlarda daha yüksek olabilir.¹¹ Kliniğe, yapılan işleme ve lezyona özgü faktörler stent trombozu gelişimini indükler. İkili antiplatelet tedavinin erken kesilmesi hala bu hastaların çoğunluğunu oluşturmaktadır.¹² Bunun yanında uyumsuzluk, klopidogrel veya asetilsalisilik asit direnci ve hiperkoagülasyon bozuklukları stent trombozu gelişimine zemin hazırlar. Klinikle ilgili diğer risk faktörleri arasında diyabetes mellitus, konjestif kalp yetmezliği, böbrek yetmezliği, akut MI sırasında implantasyon sayılabilir. Lezyona özgü faktörler uzun lezyon, küçük damar çapı, çok damar hastalığı ve bifurkasyon lezyonlarıdır. Köşe diseksiyonu, stentin yetersiz ekspansiyonu, birden fazla stent implantasyonu, overlap stentler, crush tekniği, yavaş akım ve polimer malzemelerin türü işlem ilişkili risk faktörleri olarak tanımlanır.¹³ (Tablo 2).

Tablo 2. Stent trombozu ilişkili risk faktörleri

| Stent trombozu risk faktörleri | | |
|---|---|--|
| Hasta ilişkili nedenler | İşlem ve lezyon ilişkili nedenler | Stent ilişkili nedenler |
| -Sigara | -Diffuz koroner arter hastalığı | -Yetersiz stent açılımı |
| -Diyabetes mellitus | -Uzun stentlenen segment | -Akımı sınırlayan köşe diseksiyonu |
| -Kronik böbrek hastalığı | -Küçük damar çapı | -Gecikmiş veya yetersiz stent endotelizasyonu |
| -Düşük sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu | -Bifurkasyon hastalığı | -Kalın stent struti |
| -Akut koroner sendrom | -Trombüs içeren lezyon | -Stentte hipersensitivite reaksiyonu |
| -Trombositoz | -Yüksek platelet reaktivitesi | -Strut kırılması |
| -Düzensiz antiplatelet kullanımı | -Stent distal veya proksimalinde lezyon varlığı | -Geç malapozisyon ve anevrizmal dilatasyon |
| -Non-kardiyak cerrahi işlem | | -Stent içinde neoateroskleroz gelişimi ve plak rüptürü |

Epidemiyoloji

Stent trombozu, stent implantasyonu sonrası yapılan ilk dönem çalışmalarında %16'ya varan yüksek bir insidans ile izlenmiş olup bu hastaların %15-30'u olaydan sonraki ilk 30 gün içinde ölmüştür.⁸ Asetilsalisilik asit (ASA), dipiridamol, warfarin gibi moleküller bu dönemde stent trombozunu önlemek için denenmiştir. Günümüz pratiğinde kullanılan mevcut ikili antitrombosit tedavilerin uygulanması ve stent implantasyonun yüksek basınç ile yapılması, stent trombozu sıklığını bir yıl içinde önemli ölçüde azaltarak %0.7'ye ve sonraki yılda da %0.2-0.6'ya düşürmüştür. Elektif perkütan girişim (PCI) yapılan hastalarda stent trombozu daha düşük olup (%0.3-0.5), akut koroner sendrom için %3.4'e kadar çıkmaktadır.¹¹ Çıplak metal stentler ile ilaçlı stentler arasında stent trombozu açısından sıklık olarak önemli bir fark yoktur. Ancak olayın zamanlaması değişir. Çıplak metal stentlerde, stent trombozu sıklıkla 30 günde (çoğunlukla ilk 24 saatte) görülürken, ilaç kaplı

stentlerde stentin türüne göre değişmekle birlikte üçüncü aydan sonra stent trombozu izlenir.^{14,15} İlk nesil DES (paklitaksel ve sirolimus salımlı stentler), BMS ile karşılaştırıldığında daha yüksek oranda geç ve çok geç dönem stent trombozu riskine sahiptir, bunun nedeni DES'lerin gecikmiş reendotelizasyon, arteriyel iyileşmenin bozulması ve uzun süreli inflamasyona neden olmasıyla açıklanmaktadır. DES'de stent trombozu riski 5 yıla kadar devam eder. Yeni nesil DES'de geç stent trombozu riski BMS ile benzer olup, birinci nesilden daha düşüktür.

İşveç merkezli BMS veya DES ile PCI uygulanan 42.150 hastanın dahil edildiği SCAAR çalışması sonuçlarına göre, 661 günlük takip sonrası stent trombozu oranı %1.2 olup bunların yarısını akut ve subakut stent trombozunun oluşturduğu gözlenmiştir. Birinci yıldan sonraki oranlar 3 yıla kadar sürekli olarak yılda %0,3-0,4'e düşmektedir. Stent implantasyonundan sonraki ilk 6 ay ve sonrasında, DES'de stent trombozu riski BMS ile karşılaştırıldığında daha yüksek (düzeltilmiş risk oranı (HR):2.02;%99GA,1.30-3.14) izlenmiştir. DES ile BMS karşılaştırıldığında, ilk bir ayda BMS ile daha yüksek stent trombozu izlenirken, ilk aylardan sonra DES ile stent trombozu riski daha yüksek saptanmıştır.¹⁶ Bern-Rotterdam kayıtlarına göre, sirolimus veya paklitaksel salımlı stentler ile perkütan koroner girişim uygulanan 8146 hastanın 4 yıllık takip sonuçlarına göre yıllık stent trombozu oranı %0.4-0.6 idi. Diyabet varlığı erken stent trombozunun bağımsız bir öngördürücüsü olup, akut koroner sendrom, genç yaş ve paklitaksel kaplı stent implantasyonu ise geç stent trombozu ile ilişkilidir.¹⁷ Yeni nesil DES kullanımı önemli ölçüde daha düşük restenoz ve stent trombozu riskine sahiptir; DES'ler kronik damar iltihabını ve fibrin birikimini tetiklemekle birlikte medial hücre kaybına neden olurlar, stent strut endotelizasyonunu geciktirir, bu nedenle de çok geç stent trombozu riskini artırır.¹⁸

Patofizyoloji

Virchow'un üçlüsü, stent trombozuna yol açan başlıca faktörleri gösterir.¹⁹ Stentin yeterli düzeyde expanse olmaması, damar çapının küçük olması veya uzun bir lezyonun neden olduğu staz ve türbülansa bağlı stent trombozu meydana gelmektedir. İkincil olarak, köşe diseksiyonunun neden olduğu endotelial hasar stent trombozuna neden olmaktadır. Son olarak, doğuştan veya edinsel veya tedaviye yanıtız hastaların neden olduğu aşırı pıhtılaşmaya bağlı stent trombozu oluşabilmektedir.²⁰ Von Willebrand faktörünün faktör VIII, glikoprotein Ib ve Ia/IIb ve kollajen ile bağlanması, stent strutlarına trombositlerin yapışmasını sağlar. Glikoprotein Ib, IIb/IIIa ile serotonin ve fibrinojen bir araya gelerek trombosit agregasyonuna bağlı tromboza neden olur.²¹

İntraprosedürel Stent Trombozu

PCI tamamlanmadan meydana gelen trombus oluşumu intraprosedürel stent trombozu olarak tanımlanmaktadır. Klopidoğrel ve kangrelorü karşılaştıran CHAMPION-PHOENIX çalışması analizlerinde intraprosedürel stent trombozu sıklığı %0,8 olarak saptanmıştır. Akut koroner sendrom (özellikle STEMI), bazalde trombus varlığı, bifurkasyon lezyon, yüksek trombosit sayısı ve antikoagulan olarak sadece bivaluridin kullanımı olan hastalarda intraprosedürel stent trombozu daha sık saptanmıştır.⁷ Intraprosedürel stent trombozu 1 yıllık mortalitenin bağımsız prediktörü olduğu gösterilmiştir. Akut koroner sendrom ve yoğun trombus varlığında

intraprosedürel stent trombozunu engellemek için işlem başarısı arttırılmaya çalışılmalı, kanama riskine göre daha güçlü antiagregan tedaviler kullanılmalıdır.²²

Erken Stent Trombozu

Stent implantasyonundan sonraki bir ay içinde gerçekleşen stent trombozunu tanımlar. Stent türünden bağımsız olarak en sık görülen stent trombozu tipidir. Gerek erken gereksede geç stent trombozunun en önemli nedeni ikili antiagregan tedaviye uyumsuzluk veya tedavinin erken sonlandırılmasıdır. İlk 30 gün stent reendotelizasyonu henüz gerçekleşmediğinden ikili antiagregan tedavinin alınmaması bu dönemde stent trombozuna neden olmaktadır. Bunun dışında prosedürel özellikler (stent undersizing kalması, rezidüel diseksiyon, akımın bozulması, proksimal/distalde rezidüel hastalık kalması), akut koroner sendrom, kompleks lezyon, düşük ejeksiyon fraksiyonu, Diabetes mellitus ve ADP reseptör antagonistlerine bireysel direnç diğer ana risk faktörleridir.²³ Daha potent antiplatelet (prasugrel, tikagrelor) ajanların kullanımı ile antiagregan direnci olan hastalarda stent trombozu riski azaltılabilir.^{24, 25}

Geç Stent Trombozu

Erken stent trombozu gelişiminde rol oynayan risk faktörleri geç stent trombozunda da rol oynamaktadır.²³ Özellikle hasta ilişkili DM varlığı ve düşük sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu geç stent trombozu riskini arttırmaktadır.²³ İlk jenerasyon ilaç kaplı stentler ile oluşan geç stent trombozunda (paklitaksel, sirolimus) ana patofizyolojik mekanizma, devamlı polimer yapısına bağlı, damar duvarı iyileşmesinin gecikmesi, persistan fibrin birikimi ve devam eden damar duvarı infilamasyonudur.²³ Geç stent trombozu görülen hastaların IVUS görüntülemesinde stent malapozisyonu (stent strutları ile damar duvarı arasında temasın yetersiz olması) sıklıkla saptanmaktadır.²⁶ Yeni jenerasyon ilaç kaplı stentlerde ince strut ile damar duvarı inflamasyonu azaltılır. Daha düşük doz ilaç içeren yeni jenerasyon stentler ile reendotelizasyon ve damar duvarı iyileşmesi hızlandırılmış olup stent trombozu riski azaltılmıştır.²⁷

Çok Geç Stent Trombozu

Çok geç stent trombozu için spesifik risk faktörleri net tanımlanmamış olmakla birlikte gecikmiş neointimal kaplanma ve damar duvarı inflamasyonu ana neden olarak düşünülmektedir.²⁸ İlk jenerasyon DES'ler, BMS ile karşılaştırdığında gecikmiş neointimal kaplanma ve damar duvarı inflamasyonu nedeniyle çok geç stent trombozu oranı daha yüksek saptanmıştır. Yeni jenerasyon DES'ler ile bu sorun giderilmiş ve çıplak metal stente benzer oranda çok geç stent trombozu oranları bildirilmiştir.¹⁸ Anjiyografinin neointimal kaplanmayı göstermedeki sınırlılıkları OCT ve IVUS aşılımaya çalışılmıştır. OCT kullanılarak yapılan DES implante edilen çok geç stent trombusü saptanan 64 hastanın incelendiği bir çalışmada malapozisyon, neoateroskleroz, strutların kaplanmaması ve stentin yetersiz ekspansiyonu ilişkili faktörler olarak saptanmıştır.²⁹ Çok geç stent trombozu için en önemli prediktörü endotelial kaplanmanın tam olmaması histolojik çalışmalarda gösterilmiştir.²⁸

Tanısal Yaklaşım

Stent trombozunda yüksek klinik şüphe, anjina ile başvuran ve ya-

kın zamanda koroner stentleme öyküsü olan hasta için en önemli değerlendirmedir. Yakın zamanda perkütan koroner girişim geçiren ve anjina ile başvuran hastalarda kapsamlı anamnez, ilaç uyumun incelenmesi, fizik muayene, P2Y12 direncinin araştırılması, EKG, ekokardiyografi (yeni oluşan duvar hareket bozukluğu) ve kardiyak enzim düzeylerinin saptanması ilk değerlendirmede için önerilmektedir.³⁰ Stent trombozu olan hastaların %60'ı STEMI, %40'ı ise NSTEMI veya kararsız angina ile başvurur. STEMI ile başvuran stent trombozu hastaları, yüksek hastane içi mortalite oranlarına sahiptir (%17.4). Erken stent trombozu gelişen hastalarda kardiyojenik şok gelişme riski, geç veya çok geç stent trombozu olan hastalara göre daha yüksektir.

Önlem / Tedavi / Yönetim

Trombüs oluşumunda trombositler kritik bir rol oynadığından stent trombozunu önlemek için optimal bir ikili antitrombosit tedavisi esastır.³¹ Öncelikle hasta ilişkili olabilecek faktörlere dikkat edilmeli ve düzeltilebilir olan risk faktörleri düzeltilmelidir. Stent trombozu risk skorları kullanılarak daha yoğun antiagregan tedavi kişisel riske göre belirlenebilir. Hastaların ikili antiplatelet tedavi uyumları, nonkardiyak cerrahi ihtiyacı, klopidogrel direnci ve ilaç alerjisi göz önünde bulundurulmalıdır. Stent teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, daha ince strut yapısı, biyo-uyumlu polimer kullanımı, yeni antineoplastik ilaçlar ile de erken ve geç stent trombozu sıklığında azalma izlenmiştir. 49 çalışmanın dahil edildiği bir metaanalizde ikinci jenerasyon evorilimus kaplı stentin, birinci jenerasyon DES ve BMS'ye göre daha düşük oranda stent trombozuna neden olduğu gösterilmiştir.³² 3. Jenerasyon DES'ler polimer ilişkili komplikasyonları azaltmak için geliştirilmiş olmasına rağmen yapılan çalışmalarda 1. ve 2. jenerasyon DES'e üstünlüğü gösterilememiştir.³³ Biyoeriyebilen stent (BVS) ile yapılan 3738 hastanın Xience ve Absorb stentlere randomize edildiği 6 çalışmanın metaanalizde BVS implantasyonu sonrası stent trombozu sıklığı anlamlı olarak daha sık görülmüştür.³⁴ 147 çalışmadan, 126526 hastanın analiz edildiği bir metaanalizde diğer analizlere benzer şekilde evorilimus kaplı stentlerin tümüyle BVS'e göre daha az stent trombozuna neden olduğu gösterilmiştir.³⁵ Uygulanan işlemin optimal düzeyde olması stent trombozu riskini belirgin ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle stentin yeteri kadar ekpanse olması, apozisyonu, lezyonu tam kapsamı ve residüel diseksiyon olmamasına dikkat edilmeli, uzun ve gereksiz stent kullanımından kaçınılmalıdır. Bifurkasyon lezyonlarına yapılacak girişimlerde culotte, crush, T stent gibi teknikler rutinden çıkarılmalı, provizyonel stentleme tercih edilmelidir. Stent trombozu olan hasta stabilize edildikten sonra görüntüleme teknikleri olan IVUS ve OCT kullanılarak altta yatan patofizyolojik mekanizma ortaya çıkartılabilir. IVUS ve OCT ile yetersiz stent açılımı, malapozisyon, disseksiyon, neoateroskleroz plak rüptürü ve stent kırılması gibi komplikasyonlar anjiyografiye göre OCT ve IVUS ile daha net saptanabilir ve hedefe yönelik tedavi uygulanabilir.

Stent teknolojisindeki gelişmeler ve önleme girişimleri yanında stent trombozu için en önemli neden ikili antiagregan tedaviye uyumsuzluk veya erken sonlandırmak olduğu bilinmektedir. Klopidogrel metabolizmasında bireyler arası farklılık olması ve klopidogrel direnci nedeniyle klopidogrel'den daha potent antiagregan etkileri olan Prasugrel ve Ticagrelor geliştirilmiştir.^{24,25} Akut koroner sendrom ve/veya daha önce stent trombozu öyküsü olan

hastalarda prasugrel ve ticagrelor kullanımı önerilmektedir (36). Uzatılmış ikili antiplatelet tedavi ile yapılan DAPT çalışmasında stent trombozu ve major kardiyovasküler sonlanımlarda azalma izlenmiştir.³⁷

Akut koroner sendroma neden olan stent trombozunun esas tedavisi acil PCI'dir. Stent trombozu tedavisi de novo STEMI ile benzerdir (38). PCI imkanı olmayan merkezlerde fibrinolitik tedavi alternatif olabilir. Anjiyografi sırasında, tromboze koronerin açıklığını sağlamak için mümkün olan en kısa sürede girişim yapılmalıdır. Balon anjiyoplasti ile birlikte aspirasyon ve mekanik trombektomi ek yaklaşım olarak uygun hastalarda uygulanabilir.³⁶ Bu hastalarda akut dönemde glikoprotein IIb/IIIa inhibitörlerinin belirgin faydası gösterilmiş ve kılavuzlar tarafından da önerilmektedir.^{36,39} Hastalarda ikili antiagregan süresini belirlemek için precise-DAPT ve DAPT skorları hesaplanmalıdır.⁴⁰ Hastanın iskemik riski, trombojeniteye yakınlığı ve kanama riskine göre ikili antiagregan tedavinin süresi belirlenmektedir.

Tedaviye uyum ve ilaç direnci değerlendirilmelidir. Klopidogrel direnci varlığında Prasugrel veya Ticagrelor gibi daha güçlü antiplatelet tedaviler düşünülmelidir.⁴¹ Mekanik neden bulunamayan hastalarda hematolojik değerlendirme (hiperkoagülopati, trombositoz) yapılmalıdır. Hasta stabilize edildikten sonra stent yerleşimini, ekspansiyonu ve köşe diseksiyonu varlığını belirlemek için intravasküler ultrason (IVUS) veya optik koherens tomografi (OCT) ile değerlendirilmelidir. Uygun postdilatasyon ile stent optimizasyonu veya köşe diseksiyonu varlığında ek stent implantasyonu uygulanabilir. Stent uzunluğu stent trombozu olasılığını arttırdığından, mümkünse ilave stent implantasyonundan kaçınılmalıdır.

Prognoz

Stent trombozu, sıklıkla kardiyak ölüm veya non-fatal miyokard enfarktüsüne (MI) neden olan yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkilendirilmiştir. Stent trombozu, de novo STEMI'ye oranla daha ağır bir klinik tablo ile seyreder. Mortalite oranı %20-40 ile arasında değişmektedir. Anjinal tip semptomlara yol açan stent içi restenoz ile karşılaştırıldığında, stent trombozu tipik olarak akut koroner sendrom (AKS) ile sonuçlanan akut bir süreçtir. Erken teşhis ve müdahale ile prognoz büyük ölçüde iyileşir. Yüksek klinik şüphe ve ayrıntılı öykü alma, doğru tanı için çok önemlidir.²⁰ Stent trombozuna bağlı akut MI, ciddi ventriküler disfonksiyon ile kardiyojenik şoka yol açabilir.

Komplikasyonlar

Stent trombozu, stent implantasyonu ile ilişkili önemli bir komplikasyondur. Tedavi edilmemiş stent trombozu ile ilişkili komplikasyonlar arasında ölüm, miyokard enfarktüsü ve kardiyojenik şok yer alır. Stent trombozunun tedavisi ile ilgili komplikasyonlar PKG ile benzerdir. Bunlar arasında işlem bölgesinde hematoma veya psödoanevrizma, retroperitoneal kanama, aritmi, kontrast nefropatisi, trombüs oluşumu, enfeksiyon, iskemik inme ve miyokard enfarktüsünü görülebilir.⁴² Hastalar, PCI sonrası taburculuk döneminde stent trombozu ile ilişkili riskler konusunda eğitilmelidir. Tipik anjinal veya akut koroner sendrom semptomları gelişirse, ileri değerlendirme için acil servise başvurmaları talimatı verilmelidir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

- Longobardo L, Mattesini A, Valente S, Di Mario C. OCT-guided percutaneous coronary intervention in bifurcation lesions. *Interventional Cardiology Review*. 2019;14(1):5. [\[Crossref\]](#)
- Piranavan P, Kaur NJ, Marmoush F, Burton A, Hannan J. Ticagrelor-induced Angioedema After Percutaneous Coronary Intervention in a Patient with a History of Ischemic Stroke and Low Response to Clopidogrel: A Rare Dilemma. *Cureus*. 2018;10(12). [\[Crossref\]](#)
- Cutlip DE, Nakazawa G, Krucoff MW, Vorpahl M, Mehran R, Finn AV, et al. Autopsy validation study of the academic research consortium stent thrombosis definition. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2011;4(5):554-9. [\[Crossref\]](#)
- Nakazawa G, Finn AV, Joner M, Ladich E, Kutys R, Mont EK, et al. Delayed arterial healing and increased late stent thrombosis at culprit sites after drug-eluting stent placement for acute myocardial infarction patients: an autopsy study. *Circulation*. 2008;118(11):1138-45. [\[Crossref\]](#)
- Stolker JM, Cohen DJ, Kennedy KF, Pencina MJ, Arnold SV, Kleiman NS, et al. Combining clinical and angiographic variables for estimating risk of target lesion revascularization after drug eluting stent placement. *Cardiovascular Revascularization Medicine*. 2017;18(3):169-76. [\[Crossref\]](#)
- Lüscher TF, Steffel J, Eberli FR, Joner M, Nakazawa G, Tanner FC, et al. Drug-eluting stent and coronary thrombosis: biological mechanisms and clinical implications. *Circulation*. 2007;115(8):1051-8. [\[Crossref\]](#)
- Généreux P, Stone GW, Harrington RA, Gibson CM, Steg PG, Brener SJ, et al. Impact of intraprocedural stent thrombosis during percutaneous coronary intervention: insights from the CHAMPION PHOENIX Trial (Clinical Trial Comparing Cangrelor to Clopidogrel Standard of Care Therapy in Subjects Who Require Percutaneous Coronary Intervention). *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(7):619-29. [\[Crossref\]](#)
- Noaman S, O'Brien J, Andrianopoulos N, Brennan AL, Dinh D, Reid C, et al. Clinical outcomes following ST-elevation myocardial infarction secondary to stent thrombosis treated by percutaneous coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2020;96(4):E406-e15. [\[Crossref\]](#)
- Dangas GD, Claessen BE, Mehran R, Xu K, Stone GW. Stent thrombosis after primary angioplasty for STEMI in relation to non-adherence to dual antiplatelet therapy over time: results of the HORIZONS-AMI trial. Eurointervention: *Journal of EuroPCR in Collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*. 2013;8(9):1033-9. [\[Crossref\]](#)
- Husted S, Boersma E. Case study: ticagrelor in PLATO and Prasugrel in TRITON-TIMI 38 and TRILOGY-ACS trials in patients with acute coronary syndromes. *American Journal of Therapeutics*. 2016;23(6):e1876. [\[Crossref\]](#)
- Iakovou I, Schmidt T, Bonizzi E, Ge L, Sangiorgi GM, Stankovic G, et al. Incidence, predictors, and outcome of thrombosis after successful implantation of drug-eluting stents. *Jama*. 2005;293(17):2126-30. [\[Crossref\]](#)
- Schouten O, van Domburg RT, Bax JJ, de Jaegere PJ, Dunkelgrun M, Feringa HH, et al. Noncardiac surgery after coronary stenting: early surgery and interruption of antiplatelet therapy are associated with an increase in major adverse cardiac events. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;49(1):122-4. [\[Crossref\]](#)
- Cheneau E, Leborgne L, Mintz GS, Kotani J-i, Pichard AD, Satler LF, et al. Predictors of subacute stent thrombosis: results of a systematic intravascular ultrasound study. *Circulation*. 2003;108(1):43-7. [\[Crossref\]](#)
- Kim YH, Her A-Y, Jeong MH, Kim B-K, Hong S-J, Ahn C-M, et al. A comparison of the impact of current smoking on 2-year major clinical outcomes of first-and second-generation drug-eluting stents in acute myocardial infarction: Data from the Korea Acute Myocardial Infarction Registry. *Medicine*. 2019;98(10). [\[Crossref\]](#)
- Zhao XY, Li JX, Tang XF, Xu JJ, Song Y, Jiang L, et al. Validation of Predictive Value of Patterns of Nonadherence to Antiplatelet Regimen in Stented Patients Thrombotic Risk Score in Chinese Population Undergoing Percutaneous Coronary Intervention: A Prospective Observational Study. *Chin Med J (Engl)*. 2018;131(22):2699-704. [\[Crossref\]](#)
- Lagerqvist B, Carlsson Jr, Fröbert O, Lindbäck J, Scherstén F, Stenstrand U, et al. Stent thrombosis in Sweden: a report from the Swedish Coronary Angiography and Angioplasty Registry. *Circulation: Cardiovascular Interventions*. 2009;2(5):401-8. [\[Crossref\]](#)
- Wenaweser P, Daemen J, Zwahlen M, van Domburg R, Jüni P, Vaina S, et al. Incidence and correlates of drug-eluting stent thrombosis in routine clinical practice: 4-year results from a large 2-institution cohort study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(14):1134-40. [\[Crossref\]](#)
- Sarno G, Lagerqvist B, Fröbert O, Nilsson J, Olivecrona G, Omerovic E, et al. Lower risk of stent thrombosis and restenosis with unrestricted use of 'new-generation drug-eluting stents: a report from the nationwide Swedish Coronary Angiography and Angioplasty Registry (SCAAR). *European heart journal*. 2012;33(5):606-13. [\[Crossref\]](#)
- Yahagi K, Kolodgie FD, Otsuka F, Finn AV, Davis HR, Joner M, et al. Pathophysiology of native coronary, vein graft, and in-stent atherosclerosis. *Nature Reviews Cardiology*. 2016;13(2):79-98. [\[Crossref\]](#)
- Ge J, Yu H, Li J. Acute coronary stent thrombosis in modern era: etiology, treatment, and prognosis. *Cardiology*. 2017;137(4):246-55. [\[Crossref\]](#)
- Croce K, Libby P. Intertwining of thrombosis and inflammation in atherosclerosis. *Current opinion in hematology*. 2007;14(1):55-61. [\[Crossref\]](#)
- Brener SJ, Cristea E, Kirtane AJ, McEntegart MB, Xu K, Mehran R, et al. Intra-procedural stent thrombosis: a new risk factor for adverse outcomes in patients undergoing percutaneous coronary intervention for acute coronary syndromes. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2013;6(1):36-43. [\[Crossref\]](#)
- van Werkum JW, Heestermaas AA, Zomer AC, Kelder JC, Suttorp MJ, Rensing BJ, et al. Predictors of coronary stent thrombosis: the Dutch Stent Thrombosis Registry. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(16):1399-409. [\[Crossref\]](#)
- Wiviott SD, Braunwald E, McCabe CH, Montalescot G, Ruzyllo W, Gottlieb S, et al. Prasugrel versus clopidogrel in patients with acute coronary syndromes. *N Engl J Med*. 2007;357(20):2001-15. [\[Crossref\]](#)
- Wallentin L, Becker RC, Budaj A, Cannon CP, Emanuelsson H, Held C, et al. Ticagrelor versus clopidogrel in patients with acute coronary syndromes. *N Engl J Med*. 2009;361(11):1045-57. [\[Crossref\]](#)
- Attizzani GF, Capodanno D, Ohno Y, Tamburino C. Mechanisms, pathophysiology, and clinical aspects of incomplete stent apposition. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(14):1355-67. [\[Crossref\]](#)
- Lee CW, Kang SJ, Park DW, Lee SH, Kim YH, Kim JJ, et al. Intravascular ultrasound findings in patients with very late stent thrombosis after either drug-eluting or bare-metal stent implantation. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(18):1936-42. [\[Crossref\]](#)
- Joner M, Finn AV, Farb A, Mont EK, Kolodgie FD, Ladich E, et al. Pathology of drug-eluting stents in humans: delayed healing and late thrombotic risk. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(1):193-202. [\[Crossref\]](#)

29. Taniwaki M, Radu MD, Zaugg S, Amabile N, Garcia-Garcia HM, Yamaji K, et al. Mechanisms of Very Late Drug-Eluting Stent Thrombosis Assessed by Optical Coherence Tomography. *Circulation*. 2016;133(7):650-60. [\[Crossref\]](#)
30. Godschalk TC, Willemsen LM, Zwart B, Bergmeijer TO, Janssen PWA, Kelder JC, et al. Effect of Tailored Antiplatelet Therapy to Reduce Recurrent Stent Thrombosis and Cardiac Death After a First Episode of Stent Thrombosis. *The American Journal of Cardiology*. 2017;119(10):1500-6. [\[Crossref\]](#)
31. Yildiz M, Sahin Yildiz B, Aydin E, Akin I. Stent Thrombosis-Myth and Facts. *Cardiovascular & Haematological Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Cardiovascular & Hematological Disorders)*. 2014;14(3):231-4. [\[Crossref\]](#)
32. Palmerini T, Biondi-Zoccai G, Della Riva D, Stettler C, Sangiorgi D, D'Ascenzo F, et al. Stent thrombosis with drug-eluting and bare-metal stents: evidence from a comprehensive network meta-analysis. *Lancet*. 2012;379(9824):1393-402. [\[Crossref\]](#)
33. Bangalore S, Toklu B, Amoroso N, Fusaro M, Kumar S, Hannan EL, et al. Bare metal stents, durable polymer drug eluting stents, and bio-degradable polymer drug eluting stents for coronary artery disease: mixed treatment comparison meta-analysis. *Bmj*. 2013;347:f6625. [\[Crossref\]](#)
34. Cassese S, Byrne RA, Ndrepepa G, Kufner S, Wiebe J, Repp J, et al. Everolimus-eluting bioresorbable vascular scaffolds versus everolimus-eluting metallic stents: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Lancet*. 2016;387(10018):537-44. [\[Crossref\]](#)
35. Kang SH, Chae IH, Park JJ, Lee HS, Kang DY, Hwang SS, et al. Stent Thrombosis With Drug-Eluting Stents and Bioresorbable Scaffolds: Evidence From a Network Meta-Analysis of 147 Trials. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016;9(12):1203-12. [\[Crossref\]](#)
36. Windecker S, Kolh P, Alfonso F, Collet JP, Cremer J, Falk V, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J*. 2014;35(37):2541-619. [\[Crossref\]](#)
37. Mauri L, Kereiakes DJ, Yeh RW, Driscoll-Shempp P, Cutlip DE, Steg PG, et al. Twelve or 30 months of dual antiplatelet therapy after drug-eluting stents. *N Engl J Med*. 2014;371(23):2155-66. [\[Crossref\]](#)
38. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019;40(2):87-165. [\[Crossref\]](#)
39. Stéphane Rinfret S, Katsiyiannis PT, Ho KK, Cohen DJ, Baim DS, Carrozza Jr JP, et al. Effectiveness of rheolytic coronary thrombectomy with the AngioJet catheter. *The American journal of cardiology*. 2002;90(5):470-6. [\[Crossref\]](#)
40. Valgimigli M, Bueno H, Byrne RA, Collet J-P, Costa F, Jeppsson A, et al. 2017 ESC focused update on dual antiplatelet therapy in coronary artery disease developed in collaboration with EACTS: The Task Force for dual antiplatelet therapy in coronary artery disease of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal*. 2017;39(3):213-60. [\[Crossref\]](#)
41. Capodanno D, Alfonso F, Levine GN, Valgimigli M, Angiolillo DJ. ACC/AHA versus ESC guidelines on dual antiplatelet therapy: JACC guideline comparison. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;72(23 Part A):2915-31. [\[Crossref\]](#)
42. Torrado J, Buckley L, Durán A, Trujillo P, Toldo S, Valle Raleigh J, et al. Restenosis, stent thrombosis, and bleeding complications: navigating between Scylla and Charybdis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;71(15):1676-95. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.8

KALSİFİK LEZYONLARA YAKLAŞIM

Mehmet Tugay YUMUK
Okay ABACI

Kalsifik Lezyonlara Yaklaşım

Management of Calcific Lesions

BÖLÜM HAKKINDA

Koroner kalsifikasyon aterosklerotik plak oluşumuyla yakın ilişkili biyolojik olarak aktif dinamik ilerleyici bir süreçtir. Kalsifik lezyonlarda kalsiyum tabakasının miktarı arttıkça damarların kompliyansı azalır bu nedenle balon anjiyoplasti sonrası prosedürel başarısızlık artar. Koroner arterin kalsifikasyon varlığını belirlemek için her ne kadar floroskopi yardımcı olsa da kalsifikasyon ciddiyetini değerlendirmede yetersiz kalabilir. IVUS kalsifikasyon derecesini ve yaygınlığını belirlemede önemli bilgiler verebilir. Kalsifik lezyonlar, kalsifik olmayan lezyonlara oranla balon dilatasyona cevabı çok değişken olabiliyor. Kompliyant balonların, semi-kompliyant balonlara göre diseksiyon ve rüptür riski daha düşüktür. Balon dilatasyonu sonucunda herşeye rağmen kalsifikasyon tam anlamıyla kırılmadıysa stentleme işlemine geçmeden önce scoring balon, cutting balon, aterektomi veya litotropsi denenebilir. Cutting ve angiosculpt scoring balonlar kalsifik plaklarda ayrı ayrı kesiler oluşturarak kompliyansı artırarak, lezyonun daha fazla dilate olmasını sağlar. Rotasyonel aterektomi ise koroner kalsiyumu ablate ederek temizler. Rotasyonel aterektomi özellikle lezyon distaline balonun geçirilemediği veya geçirilse bile balon ile açılmayan yoğun kalsifiye lezyonlarda değerlidir.

Anahtar kelimeler: Koroner kalsifikasyon, aterektomi ,revaskülarizasyon

ABOUT the CHAPTER

Coronary calcification is a biologically active dynamic progressive process closely associated with atherosclerotic plaque formation. In calcific lesions, as the amount of calcium increases, the compliance of the vessels decreases. Therefore procedural failure increases after balloon angioplasty. Although fluoroscopy is helpful in determining the presence of calcification in the coronary artery, it may be insufficient to evaluate the severity of calcification. IVUS can provide important information in determining the degree and extent of calcification. Calcific lesions may respond very differently to balloon dilation compared to non-calcific lesions. Compliant balloons have a lower risk of dissection and rupture than semi-compliant balloons. If the calcification cannot be completely broken as a result of balloon dilatation, scoring balloon, cutting balloon, atherectomy or lithotropy can be tried before proceeding with stenting. Cutting and angiosculpt scoring balloons create separate incisions in calcific plaques, increasing compliance and allowing the lesion to dilate further. Rotational atherectomy removes coronary calcium by ablating it. Rotational atherectomy is especially valuable in densely calcified lesions where a balloon cannot be passed distal to the lesion or cannot be opened with a balloon even if it is passed.

Keywords: Coronary calcification, atherectomy, revascularisation

Koroner kalsifikasyon aterosklerotik plak oluşumuyla yakın ilişkili biyolojik olarak aktif dinamik ilerleyici bir süreçtir. Kardiyovasküler hastalığı olan hemen hemen tüm hastalarda bir dereceye kadar kalsifikasyon vardır ve asemptomatik yetişkinlerde koroner kalsifikasyon prevalansı yaşla birlikte artmaktadır. Bununla birlikte kronik böbrek hastalığı ve tip 2 diabetes mellitusu olan hastalarda erken yaşlarda koroner kalsifikasyon görülmektedir.¹ Koroner arter kalsifikasyonun artmasıyla birlikte vasküler kompliyansın azalmasına, anormal vazomotor tepkilere ve miyokardiyal perfuziyonun bozulmasına yol açar. Kalsiyum içeriği yüksek olan kalsifik lezyonlar, gelişen teknolojiye rağmen girişimsel kardiyologlar için hala birçok zorluklar içermektedir. Günümüzde yaşam standartlarının yükselmesiyle başlayan yaşam süresinin uzaması ve buna bağlı olarak daha yaşlı hastalara perkütan koroner girişim ihtiyacının artmasıyla daha sık olarak kalsifiye koroner lezyonlarla karşılaşmaktadır. Kalsifiye lezyonların perkütan tedavisi standart lezyonlara göre daha zor ve komplikasyon riski yüksektir. Kalsifik lezyonlarda lezyonun geçilememesi, yeterli lezyon hazırlığının yapılamaması, balon dilatasyonunun sağlana-



Mehmet Tugay Yumuk¹

Okay Abacı²

¹Siirt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

²Biruni Üniversitesi, Tıp Fakültesi Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-posta: m.tugayyumuk@gmail.com
info@okayabaci.com

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Abacı O, Yumuk MT. Kalsifik lezyonlara yaklaşım. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 109-114.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

maması, stentin tam ekspansiyon edilememesi kötü klinik sonuçlara neden olmaktadır. Yine kalsifiye lezyonların standart lezyonlara oranla diseksiyon, rüptür, stent sıyırılması gibi komplikasyonlara daha açık olması bu tür lezyonlara işlem yapılırken daha dikkatli olunmasını gerektirmektedir. Stentin tam açılmaması ilerleyen dönemlerde stent restenozuna neden olarak tekrarlayan perkütan müdahalelere neden olmaktadır. Koroner arter kalsifikasyonu için risk faktörleri genel olarak tablo 1 de özetlenmiştir.² Özellikle diyabet ve kronik böbrek yetmezliği (kby) olan hastaların koroner arterleri daha kalsifik ve diffüz olarak lezyonlu olma eğilimindedir. Kby olan hastalar aynı yaş ve cinsiyetteki hasta grupları ile karşılaştırıldıklarında ; koronerlerin daha kalın tunika mediaya, daralmış damar lümenine ve çok daha yüksek düzeyde kalsiyum skoruna sahip oldukları gözlenmiştir.³

Tablo 1. Koroner Arter Kalsifikasyonu Risk Faktörleri

| RISK FAKTÖRÜ | İNTİMAL KALSİFİKASYON | MEDİAL KALSİFİKASYON |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| İleri Yaş | EVET | EVET |
| Dislipidemi | EVET | HAYIR |
| Diyabetes Mellitus | EVET | EVET |
| Hipertansiyon | EVET | HAYIR |
| Cinsiyet | EVET | HAYIR |
| Sigara | EVET | HAYIR |
| Böbrek yetmezliği | HAYIR | EVET |
| Hiperkalsemi | HAYIR | EVET |
| Hiperfosfatemi | EVET | EVET |
| Paratiroid anormallliği | HAYIR | HAYIR |
| Diyaliz süresi | HAYIR | EVET |

Kalsifik Lezyonlardaki Zorluklar, Komplikasyonlar ve Çözüm Önerileri

Kalsifik lezyonlarda kalsiyum tabakasının miktarı arttıkça damarların kompliyansı azalır bu nedenle balon anjiyoplasti sonrası prosedürel başarısızlık artar ayrıca yeterli açıklık sağlamak için daha yüksek basınçlar gerekmektedir ancak damar boyunca değişken kalsifikasyonlar olduğundan damarın her bölgesine eşit miktarda basınç uygulanamamaktadır bu durumda diseksiyon, tromboz veya rüptür ihtimalini arttırmaktadır. Ek olarak lezyondan balon geçirilmesi stent ilerletilmesi durumlarında da kalsifikasyon varlığı lezyondan geçişleri zorlaştırır bu sebeplerden ötürü hem destek gerektiren kataterlerin seçimi hem de iyi bir lezyon hazırlığı gerekmektedir.

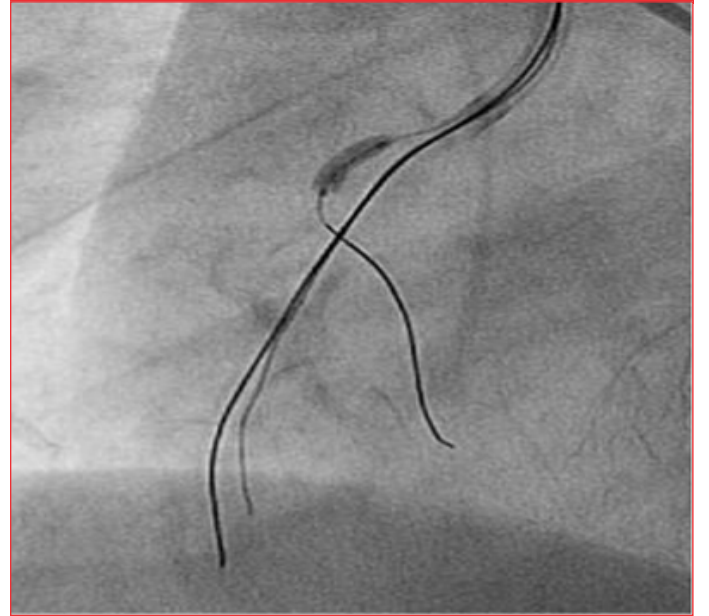
Kalsifiye lezyonlarda balon anjiyoplasti ile çıplak metal stent (BMS) karşılaştırıldığında hafif-orta kalsifiye lezyonlarda kısa ve uzun dönem damar açıklığının patensi BMS kolunda daha iyi olmasına karşın ağır kalsifiye lezyonlarda BMS'nin underexpansiyonu, asimetrik ekspansiyonu veya malapozisyonu sıklıkla görülebilmektedir.⁴ Underexpand stentlerin restenoz ve stent trombozu gibi komplikasyon riskini arttırmaktadır.⁴

Yapılan bazı çalışmalarda kalsifiye veya kalsifiye olmayan lezyonlarda ilaç kaplı stentlerin (DES) çıplak metal stentlere oranla daha az restenoz, tromboz ve tekrarlayan revaskülarizasyon ilişkili

bulunmuştur.⁵

Kalsifiye lezyonlara müdahale kararı alındıysa, işlem başarısını artıracak temel basamaklardan biri de desteği iyi olabilecek kılavuz (guiding) kateter tercihi olmalıdır. Kalsifik lezyonlarda iyi bir katater desteği operatörün elini rahatlatacaktır. 7F guiding kataterin destek gücü 6F guiding katatere göre daha iyidir. Sol sisteme işlem yapılacaksa extra-backup kateter (EBU), XB, Voda veya sol Amplatz (AL) katater, sağ sisteme işlem yapılacaksa sağ Amplatz (AR) veya koronerin çıkış açısına göre sol Amplatz (AL) guiding kataterleri bu konuda yardımcı olacaktır. Asendan aorta genişliğine göre guiding kataterlerin boyutu seçilmelidir, asendan aortaya göre seçilecek olan daha büyük guiding kataterin koroner ostiuma angajmanı zor olsada angajman sağlandıktan sonraki süreçte desteği daha iyi olacaktır. Bu destek kataterlerine ek olarak katater desteği artırılmak isteniyorsa bazen çapalama (anchore) tekniği ile destek bir miktar daha artırılabilir. (Resim 1)

Resim 1. Kronik Total Oklude Lezyonda Çapalama Tekniği

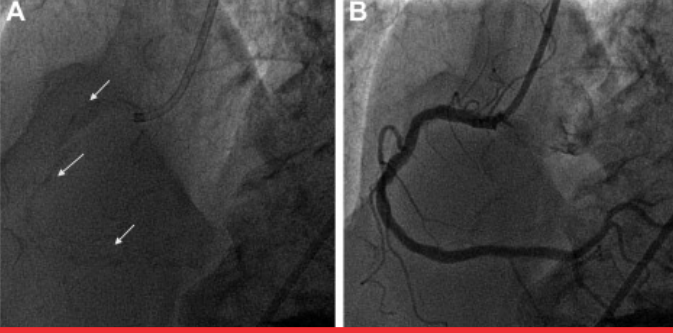


Kalsifiye lezyonlarda kılavuz tel tercihi önem arz etmektedir. Non-hidrofilik teller kalsifiye lezyonlardan geçerken daha güvenli olarak lezyon geçebilsede zaman zaman lezyonlardaki kalsiyum yoğunluğundan dolayı damar distaline ilerletilmesi zor olabiliyor. Bu sebepten polimer kaplı hidrofilik kılavuz teller lezyondan geçiş aşamasını hızlandırabilir ancak bu tellerinden özellikle kalsifik alanlardan geçerken subintimal ilerleyip diseksiyon yapma hatta telin ucuna bağlı distal uç perforasyonu yapabileceği unutulmamalıdır. Bu sebeplerden ötürü lezyon geçildikten sonra daha güvenli işlem yapılabilmesi için mikrokatater kullanılarak standart tellerle ex-change edilmelidir.

İntravasküler Ultrasonografi (IVUS)

Koroner arterin kalsifikasyon varlığını belirlemek için her ne kadar floroskopi yardımcı olsada kalsifikasyon ciddiyetini değerlendirmede yetersiz kalabilir ve tedavi aşamasında istenmeyen sonuçlarla karşılaşılabilir (Resim 2) .

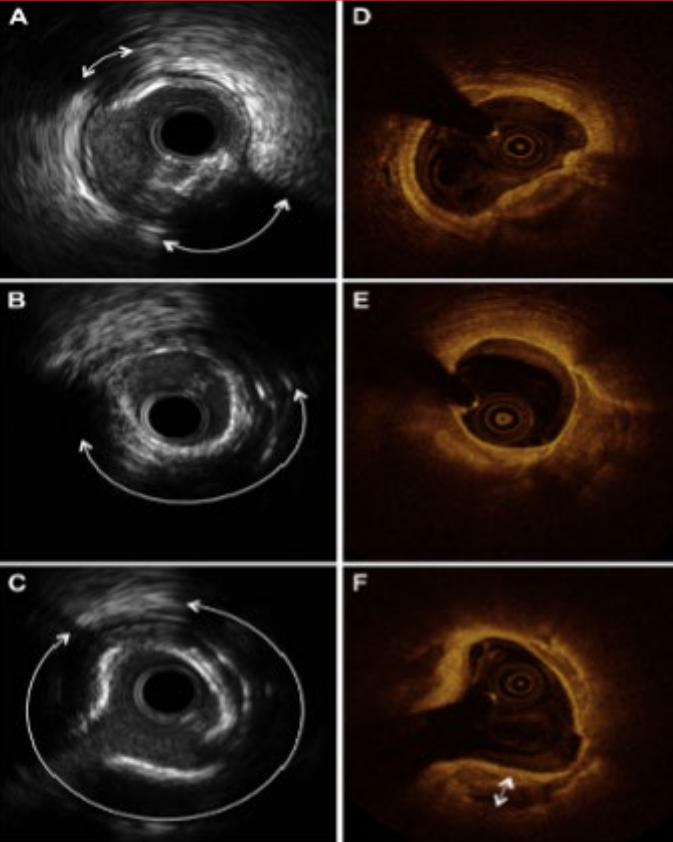
Resim 2A. Kontrast Enjeksiyonu Öncesinde Floroskopi ile Gözlenen Kalsifikasyon B: Kontrast Enjeksiyonu Sonrası Görülen Kalsifik Sağ Koroner Arter^a



^aMotwani, Joseph G et al. "Effectiveness of rotational atherectomy of right coronary artery ostial stenosis." The American journal of cardiology 85 5 (2000): 563-567 kaynağından alınmıştır.⁵

IVUS kalsikasyon derecesini ve yaygınlığını belirlemede çok önemlidir. IVUS ile en kolay tanınabilen doku tipi kalsifiye dokudur. Ses dalgalarının kalsifiye dokudan geçememesine bağlı olarak kalsifik plağın gerçek derinliğini gizleyen akustik gölgelenme ile kalsifik plak tanınır (Resim 3).

Resim 3. A-C Arası IVUS Görüntüleri, D-F Arası OCT Görüntüleri^a



^aOkura, M. Hayase, S. Shimodozono, et al. Mechanisms of acute lumen gain following cutting balloon angioplasty in calcified and noncalcified lesions: an intravascular ultrasound study Catheter Cardiovasc Interv, 57 (2002), pp. 429-436 kaynağından alınmıştır.⁴

IVUS ile hedef lezyon kalsiyum lokalizasyonu yüzeysel veya derin olarak tanımlama yapılabilir. Bu sayede kalsifikasyonun derecesi belirlenerek yardımcı yöntemlere ihtiyaç olup olmadığı belirlenebilir. Ek olarak hedef damar çapını ölçerek implante edilecek stentin çapını belirlemede ve stent implantasyonu sonrası stent strutlarının tam açılmasının değerlendirilmesinde yardımcı olur.

Balon Dilatasyonu

Kalsifik lezyonlar, kalsifik olmayan lezyonlara oranla balon dilatasyona cevabı çok değişken olabiliyor. Özellikle orta yüksek kalsifikasyon içeren lezyonlarda tam açıklık sağlayabilmek için yüksek atmosferde basınçlar gerekebiliyor. Bu durumda olası diseksiyon ve rüptür riskini arttırıyor. Komplian, semi-komplian balonlara göre non-komplian balonlarda bu risk daha düşüktür çünkü komplian balonlarda kalsifikasyonu kırmak adına yüksek atmosfer basınçlara çıkılınca daha az hastalıklı bölgede referans damar çapının üstüne çıkılması gibi problemler olabiliyor ve bu durum komplikasyon riskini arttırabiliyor. Non-komplian balonlarda ise basınç özellikli hastalıklı bölgeye uygulandıktan daha iyi sonuçlar elde edilebiliyor. Yine kalsifik olduğunu düşündüğümüz lezyona balon dilatasyonu öncesinde lezyondan ikinci bir tel ile geçilip balonun yanında ikinci bir tel olması kısmi olarak cutting balon etkisi oluşturabileceğinden kalsifikasyonu kırmak açısından etkili bir yöntem olabilir. Balon dilatasyonu sonucunda tüm bu uygulamalara rağmen kalsifikasyon tam anlamıyla kırılmadıysa bu aşamada stent yerleştirmenin yarardan çok zarar getirebileceği unutulmamalıdır. Underexpanse stentin restenoz ve tromboz riskinden dolayı stentleme işlemine geçmeden önce scoring balon, cutting balon, aterektomi veya litotropsi denenebilir.

Angiosculpt Scoring ve Cutting Balonlar

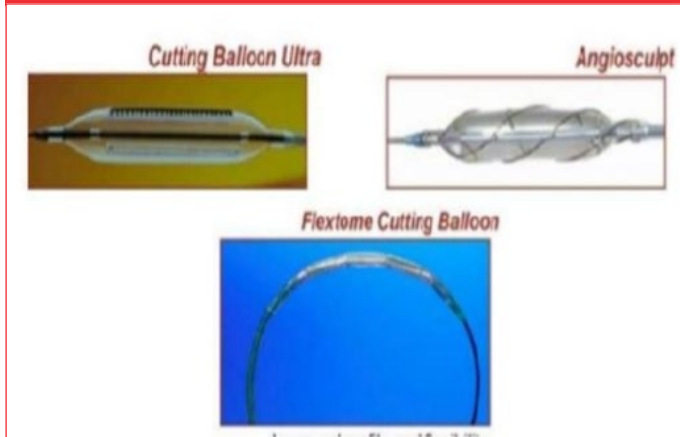
Cutting ve angiosculpt scoring balonlar lezyondaki kalsiyumu uzaklaştırmaz (resim 4) Bu balonlar kalsifik aterosklerotik plaklarda ayrı ayrı kesiler oluşturarak kompliansı arttırır, lezyonun daha fazla dilate olmasını sağlar, kontrolsüz diseksiyonu önleyerek recoili azaltır. Cutting balon şişirildiği zaman üzerinde aktive olan küçük bıçakların bulunduğu non-komplian balon çeşididir. Balon üzerindeki mikro bıçaklar kalsifik plakların parçalanmasını sağlar. Cutting balonların lezyondan geçirilmesi sırasında zorlanabilir ancak genellikle cutting balonun geçtiği lezyondan stentte geçirilebilmektedir. Okura ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada cutting balon ile predilate edilen lezyonlarda daha büyük lümen alanı oluşturduğu gözlenmiş ancak daha fazla diseksiyon olduğu izlenmiştir.⁴ Anjiyosculpt scoring balon ise yarı komplian bir balon üzerine lazer ile kesilmiş helikal olarak nitinol teller yerleştirilmiştir.

Rotasyonel Aterektomi

Cutting ve scoring balonların aksine rotasyonel aterektomi koroner kalsiyumu ablate ederek temizler. Aterosklerotik plağın mekanik olarak küçültülmesi amaçlanır. Rotasyonel aterektomi cihazı ucunda elmas kaplı eliptik yapıya sahip bir başlık bulunan, dakikada 200.000 devir hızına ulaşabilen kalsifik alanları küçük parçalara (<10 µm) ayıran bir cihazdır (resim 5). Rotasyonel aterektomi özellikle lezyon distaline balonun geçirilemediği veya geçirilmesi bile balon ile açılmayan yoğun kalsifiye lezyonlarda değerlidir. Rotasyonel aterektominin kullanımının yararlı olduğu durumlardan birisi de sağ koroner arterin kalsifik ostium lezyonlarıdır.⁵

Güncel klavuzlara göre korumasız sol ana koroner ostium ostium lezyonlarında koroner arter by-pass cerrahisi gerekmektedir ancak Garcia ve arkadaşları koroner by-pass cerrahisine uygun olmayan yüksek riskli hastalarda perkutan müdahalede yoğun kalsifikasyon olması durumunda rotasyonel aterektomiden faydalanabileceği gösterilmiştir.⁶ Rotasyonel aterektomi uygulanırken özellikle düşük ejeksiyon fraksiyonlu hastalarda dikkatli olunmalıdır. İşlem sırasında gelişebilecek distal embolizasyon sol ventrikül fonksiyonlarında ani bozulmalara yol açabilir. Keskin dönüşleri olduğu kıvrımlı koroner arterlerde diseksiyon riski nedeniyle rotasyonel aterektomi önerilmemektedir. Seçilecek burr boyutu genel olarak referans arter çapının 0.6-0.7 sinden büyük olmamalıdır. Bu oranın 0.7 nin üstü ve altının kıyaslandığı 500 hastalık bir çalışmada agresif stratejinin uygulandığı hasta grubunda restenoz riskinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir.⁷ Yine benzer olarak bir çalışmada daha testere boyutunun yüksek seçildiği hasta grubunda yavaş akım veya no-reflow ve perforasyon gibi komplikasyonların daha yüksek olduğu gözlenmiştir.⁸ Kobayashi ve arkadaşlarının 126 hasta üzerinde yapmış olduğu bir çalışmada testere/arter çapı 0.8 üstü ve altı olan hastalar karşılaştırılmış. Testere/arter çapı oranı 0.8 in altında olan grupta komplikasyon oranı daha düşük olarak izlenmiştir.⁹ Genel olarak önerilen testere arter çapı oran 0.5 olarak belirlenmiştir.

Resim 4. Cutting ve Angiosculp Scoring Balonlar^a



^aOkura, M. Hayase, S. Shimodozono, et al. Mechanisms of acute lumen gain following cutting balloon angioplasty in calcified and noncalcified lesions: an intravascular ultrasound study Catheter Cardiovasc Interv, 57 (2002), pp. 429-436 kaynağından alınmıştır.⁴

Rotablasyonda burr hızı da komplikasyonlarının gelişmesi açısından önemli bir faktördür. Yüksek hızda distal embolizasyon ve presedural MI riskinin artmış olduğu gözlenmiştir bunun sebebi olarak sistemin kendisinin damar duvarına uyguladığı dik kuvvet ve testere dönerken kan bileşenlerinin döndürmesi ve sonuçta trombosit aktivasyonuna neden olması gösterilmiştir. Yapılan çalışmada 70.000-180.000 dönme hızı arasında trombosit sayısı anlamlı olarak artarken; 5000 dönme hızında anlamlı artış gözlenmemiştir.⁷

Rotablatör cihazının kullanım endikasyonları ve kontrendikasyonları tablo 2'de özetlenmiştir.

Lazer Koroner Aterektomi

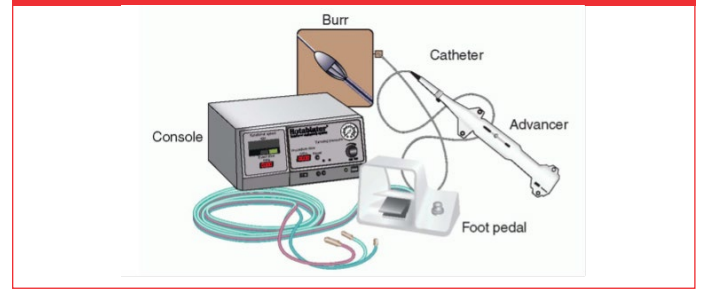
Pulsed eximer ve holmium lazer enerjisi fotoakustik bir mekaniz-

ma aracılığıyla geçici yüksek basınç dalgaları yayarak kalsifik dirençli lezyonları dilate edebilen bir yöntemdir. İşlem sırasında minimalde olsa termal doku hasarı olabilmektedir. Fiyatının yüksek olması ve kullanımının rotasyonel aterektomiden daha zor olması dolayısıyla yaygın kullanıma girmemiştir. Ayrıca yapılan bir çalışmada IVUS ile lazer koroner aterektomi yapılan lezyonlarda kalsiyum ablasyonunun kalitatif ve kantitatif kanıtı gösterilememiştir.¹⁰

Orbital Aterektomi

Rotasyonel aterektomiye benzer şekilde orbital aterektomide kalsifik ateresklerotik plaklar üzerinde farklı bir ablatif etki uygulanarak etki eder. Uç kısmında küçük bıçakların bulunduğu ince fleksible bir kateterin arter lümeninde ilerletilmesi ile plağın parçalanması işlemidir. Bu parçalanmış plaklar kateter yoluyla dışarı alınır. Bu işlemi yaparken temel sorun cihazın lezyondan geçmesindeki zorluktur.

Resim 5. Rotasyonel Aterektomi Cihazı



Tablo 2. Rotablatör Cihazının Kullanım Endikasyon ve Kontrendikasyonları^a

| ENDİKASYONLAR | KONTRENDİKASYONLAR | GÖRECE KONTRENDİKE |
|--|--|--|
| Kalsifik lezyonlar (balonla geçilemeyen veya predilate edilemeyen) | Klavuz tel ile geçilememiş lezyonlar | By-pass ameliyatı olmuş hastalar |
| Ostium lezyonları | Sol ventrikül sistolik disfonksiyonu olan ve kalan tek damardaki lezyonlar | İleri çok damar hastalığı |
| Bifurkasyon lezyonları | Safen ven greft lezyonları | Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun %35 altında olması |
| 25mm'den kısa lezyonlar | Trombus varlığı | Korumasız ana koroner lezyonu |
| Perkütan balon ile dilate edilmiş ancak recoil olmuş lezyonlar | Diseksiyon varlığı | 25mm'den uzun lezyonlar |
| | | Tortiyoz damarlar |

^aR D Safian 1, T Feldman, D W Muller, D Mason, T Schreiber, B Haik, M Mooney, W W O'Neill. Coronary angioplasty and Rotablator atherectomy trial (CARAT): immediate and late results of a prospective multicenter randomized trial 001. CCI Catheterization & Cardiovascular Interventions. Jun;53(2):213-20 kaynağından uyarlanmıştır.⁸

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Leopold JA. Vascular calcification: Mechanisms of vascular smooth muscle cell calcification. *Trends Cardiovasc Med.* 2014;25(4):267-74. [\[Crossref\]](#)
2. Kerstin Amann, Geoffrey A Block, Cecilia Giachelli, Keith A Hruska, Markus Ketteler, Adeera Levin, Ziad Massy, David A McCarron, Paolo Raggi, Catherine Mary Shanahan, Noriaki Yorioka, Vascular calcification in chronic kidney disease William G Goodman 1, Gerard London, *Vascular Calcification Work Group* 2004 Mar;43(3):572-9. [\[Crossref\]](#)
3. Rainer Wunsch, Martin Turzer, Malte Bahner, Paolo Raggi, Uwe Querfeld, Otto Mehls, Advanced coronary and carotid arteriopathy in young adults with childhood-onset chronic renal failure Jun Oh 1,
4. Okura, M. Hayase, S. Shimodozono, et al. Mechanisms of acute lumen gain following cutting balloon angioplasty in calcified and noncalcified lesions: an intravascular ultrasound study *Catheter Cardiovasc Interv*, 57 (2002), pp. 429-436 [\[Crossref\]](#)
5. Motwani, Joseph G et al. "Effectiveness of rotational atherectomy of right coronary artery ostial stenosis." *The American journal of cardiology* 85 5 (2000): 563-567.
6. Juan Garcia-Lara 1, Eduardo Pinar, Raul Valdesuso, Javier Lacunza, Juan R Gimeno, José A Hurtado, Mariano Valdés-Chávarri Percutaneous coronary intervention with rotational atherectomy for severely calcified unprotected left main: immediate and two-years follow-up results *CCI Catheterization&Cardiovascular Interventions.* 2012 Aug 1;80(2):215-20. [\[Crossref\]](#)
7. P L Whitlow 1, T A Bass, R M Kipperman, B L Sharaf, K K Ho, D E Cutlip, Y Zhang, R E Kuntz, D O Williams, D M Lasorda, J W Moses, M J Cowley, D S Eccleston, M C Horrigan, R M Bersin, S R Ramee, T Feldman Results of the study to determine rotablator and transluminal angioplasty strategy. *The American Journal of Cardiology.* 2001 Mar 15;87(6):699-705. [\[Crossref\]](#)
8. R D Safian 1, T Feldman, D W Muller, D Mason, T Schreiber, B Haik, M Mooney, W W O'Neill. Coronary angioplasty and Rotablator atherectomy trial (CARAT): immediate and late results of a prospective multicenter randomized trial 001. *CCI Catheterization&Cardiovascular Interventions.* Jun;53(2):213-20. [\[Crossref\]](#)
9. Y Kobayashi 1, J De Gregorio, N Kobayashi, T Akiyama, B Reimers, I Moussa, C Di Mario, L Finci, A Colombo Lower restenosis rate with stenting following aggressive versus less aggressive rotational atherectomy. *CCI Catheterization&Cardiovascular Interventions.* 1999 Apr;46(4):406-14. [\[Crossref\]](#)
10. G S Mintz 1, J A Kovach, S P Javier, A D Pichard, K M Kent, J J Popma, L F Salter, M B Leon Mechanisms of lumen enlargement after excimer laser coronary angioplasty. An intravascular ultrasound study. *Circulation.* 1995 Dec 15;92(12):3408-14. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.9

SOL ANA KORONER ARTER GİRİŞİMLERİ

Ahmet BÜYÜK
Ahmet YILDIZ

Sol Ana Koroner Arter Girişimleri

Intervention for Left Main Coronary Artery

BÖLÜM HAKKINDA

Sol ana koroner arter (LMCA) hastalığı, önemli mortalite ve morbidite ile ilişkilidir. Koroner arter bypass greftleme (CABG), LMCA hastalığında revaskülarizasyon için geleneksel tedavidir. Perkütan koroner girişimler (PKG), özellikle yüksek cerrahi riski veya diğer spesifik faktörleri olan hastalarda makul bir alternatiftir. Stent teknolojisindeki dikkate değer gelişmeler, stentleme tekniklerinin gelişmesi, gelişmiş antiplatelet tedavi seçenekleri, aterektomi teknikleri, intravasküler ultrason (IVUS) rehberliği ve gelişmiş operatör deneyimi gibi etkenlerden dolayı, korumasız LMCA'ya PKG'nin sonuçlarının iyileşmesine yol açmıştır. Bu nedenle korumasız LMCA'ya PKG, birçok hastada güvenli, uygulanabilir ve etkili bir revaskülarizasyon yöntemi haline gelmiştir.

Anahtar kelimeler: Sol ana koroner arter hastalığı; miyokardiyal revaskülarizasyon; perkütan koroner girişim.

ABOUT the CHAPTER

Left main coronary artery (LMCA) disease is associated with significant mortality and morbidity. Coronary artery bypass grafting (CABG) is the conventional treatment for revascularization in LMCA disease. Percutaneous coronary interventions (PCI) are a reasonable alternative, especially in patients with high surgical risk or other specific factors. Significant advances in stent technology have led to improved PCI outcomes of unprotected LMCA due to factors such as improved stent techniques, improved antiplatelet therapy options, atherectomy techniques, intravascular ultrasound (IVUS) guidance, and improved operator experience. Therefore, PCI of the unprotected LMCA has become a safe, feasible and effective revascularization method in many patients.

Keywords: left main coronary artery disease; myocardial revascularization; percutaneous coronary intervention.

Giriş

Sol ana koroner arter (LMCA) hastalığı ilk olarak 1912 yılında James Herrick tarafından akut miyokard enfarktüsünden (MI) sonra kardiyojenik şoktan ölen bir hastada tanımlanmıştır.¹ Klinik olarak anlamlı LMCA hastalığı, koroner anjiyografi yapılan tüm hastaların %3 ile %5'inde ve koroner arter bypass greftleme (CABG) ameliyatı geçiren hastaların %10 ile %30'unda saptanmıştır.² Risk altındaki miyokardın geniş bir alan olması nedeniyle, LMCA hastalığı yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkilidir. Bu yüksek riskten dolayı CABG standart revaskülarizasyon stratejisi olarak benimsendi. Bununla birlikte son zamanlarda perkütan koroner girişimlerle (PKG) ilgili önemli gelişmeler olmuştur.

Stent teknolojisindeki dikkate değer gelişmeler, stentleme tekniklerinin gelişmesi ve ek tıbbi tedavilerin kullanıma girmesi gibi etkenlerden dolayı, korumasız LMCA'ya PKG'nin sonuçlarının iyileşmesine yol açmıştır. İlaç salınımlı stentlerin (DES) yaygın olarak kullanılması, LMCA lezyonlarına PKG'nin uygulanabilirliğini arttırdığı gibi olumlu uzun dönem sonuçlarla ilişkilendirilmiştir. Son zamanlarda birinci ve ikinci nesil DES kullanılan birkaç klinik çalışma, PKG ve CABG'nin benzer sağ kalım oranları sahip olduğunu gösterdi.³⁻⁶ Bu nedenle korumasız LMCA'ya PKG, birçok hastada güvenli, uygulanabilir ve etkili bir revaskülarizasyon yöntemi haline gelmiştir.⁷

Anatomi

LMCA, aort kökünün sinotübüler bileşkesinin hemen altındaki sol aortik sinüsten kay-



Ahmet Büyük¹

Ahmet Yıldız²

¹Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, Gaziantep, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Temel Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: ahmetbuyuk@hotmail.com
drayildiz@yahoo.com

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Büyük A, Yıldız A. Sol ana koroner arter girişimleri. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 115-124.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

naklanır. Hastaların yaklaşık üçte ikisinde LMCA, sol ön inen (LAD) ve sol sirkumfleks (Cx) arterlere ayrılır; hastaların üçte birinde ise LMCA, LAD, Cx ve ramus intermedius (IMA) olarak üçe ayrılır. LMCA, sol ventrikülün ortalama %75'ini besler.⁸ Yapılan bir postmortem çalışmada, incelenen 100 otopsi vakasının sonucunda, LMCA'nın ortalama uzunluğu 10.8 mm (± 5.2 mm, aralık 2 ile 23 mm), ortalama çapı 4.9 (± 0.8) mm ve ortalama dal açısı 86.7 derece (± 28.8 , aralık 40 ile 165 derece) olarak bulunmuştur.⁹

Patoloji

LMCA darlığı anatomik olarak üç bölgeye ayrılır: Ostium, orta şaft ve distal bifurkasyon. Histolojik olarak, ostial kısım aorta benzer. Aort, düz kas hücreleri ve elastik lifler bakımından zengindir. Distal bifurkasyon bölgesi, LMCA'nın aterosklerotik lezyon gelişimine en duyarlı kısımdır. Özellikle bifurkasyonda, yan duvar, yani akış bölücünün karşısındaki duvar, aterosklerotik plak birikiminin en sık görüldüğü yerdir. Oysa akış bölücü kısım (bifurkasyon karina) genellikle yüksek kayma gerilimi (shear stress) nedeniyle korunur.¹⁰

LMCA darlığının en sık nedeni aterosklerozdur. Daha nadir sebepler olarak, radyasyon, Takayasu arteriti, sifilitik artrit, romatoid artrit, aort kapak hastalığı, Kawasaki hastalığı, kardiyak cerrahi veya transkateter aort kapak implantasyonu, koroner girşim sırasında LMCA'nın iatrojenik olarak hasarlanması sayılabilir.

LMCA hastalığının patolojik plak bileşimi, patolojik intimal kalınlaşmadan plak rüptürü olan veya olmayan ince başlıklı (ince fibröz cap) fibroateroma kadar değişir.¹¹ Minimal LMCA hastalığı vakalarında, en sık altta yatan plak tipi patolojik intimal kalınlaşmadır (%64). Bunu erken veya geç çekirdekli fibroaterom (%17) takip eder. Bununla birlikte, %50'den fazla daralma olarak tanımlanan belirgin LMCA darlığı yapan lezyonların çoğu, geç çekirdekli fibroateromlar, ince başlıklı fibroaterom, yüzey rüptürleri, fissürler ve plak içi kanama gibi daha karmaşık plaklar olduğu görülmüştür. Ek olarak, intravasküler ultrason (IVUS) analizi, hastaların %90'ında LMCA'dan LAD'ye, %62'sinde Cx'e uzanan LMCA hastalığının yaygın yapısını göstermiştir.¹²

Bifurkasyon lezyonları (distal), tüm LMCA darlıklarının %50'sini temsil eder.¹³ Distal LMCA lezyonlarına yapılan PKG, ostial ve mid şaft lezyonlarına yapılan PKG'ye göre daha yüksek majör kardiyak olaylarla (MACE) ilişkili olduğu sınırlı çalışmalarda gösterilmiştir. DELTA kayıt çalışması bu konuyu inceleyen en büyük çalışmadır.¹⁴ Çalışmaya dahil edilen 1612 LMCA hastasının, 1130'unda bifurkasyon lezyonu vardı. 3.4 yıllık ortalama takipte distal bifurkasyon hastalığı olan hastalarda ostial/mid-şaft lezyonlarına kıyasla daha yüksek MACE oranı ($p = 0.001$) saptandı. Palmerini ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir kayıt çalışmasında ise, 1111 hastanın 2 yıllık takibinde distal bifurkasyon lezyonlarının ostial/orta şaft lezyonlarına kıyasla daha düşük MACE oranlarına (%72 vs %80; $p = 0.03$) sahip olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, iki stent stratejisi ile tedavi edilen distal bifurkasyon lezyonları olan hastalarda daha kötü sonuçlar olurken, provizyonel tek stent yaklaşımla tedavi edilen distal bifurkasyon lezyonları olan hastaların klinik sonuçları, ostial ve mid şaft sol ana koroner arter lezyonlarının klinik sonuçlarına benzerdi.

Tanı ve Görüntüleme

Geleneksel olarak, %50'lik bir anjiyografik darlık çapı, önemli

LMCA darlığı için sınır olarak kabul edilmiştir.⁸ Koroner anjiyografi tanıda altın standarttır. Ancak anjiyografinin lezyon morfolojisini ve LMCA'nın gerçek lümen boyutunu değerlendirmede bazı kısıtlılıklar mevcuttur. LMCA'yı içeren lezyon şiddetinin anjiyografik değerlendirmesi genellikle zordur. Çünkü kısmen LMCA'da yaygın, konsantrik hastalığın tespiti, karşılaştırma için hastaliksiz bir referans segmentinin olmaması nedeniyle zordur. Ayrıca damar örtüşmesi, ostial açılma ve deformite, 2 boyutlu görüntülemeye kısalma (foreshortening) ve kateter ucundan kontrast madde akışı, en deneyimli klinisyenler tarafından bile sol ana koroner arter segmentinin doğru bir şekilde değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Çalışmalarda özellikle anjiyografik olarak orta dereceli lezyonlarda, anjiyografi ile hem IVUS¹⁵ hem de FFR¹⁶ arasında önemli uyumsuzluk olduğunu gösterilmiştir. Bu nedenle, orta dereceli LMCA lezyonlarının revaskülarize edilip edilmeyeceğine ilişkin nihai karar sadece koroner anjiyografiye dayanmamalıdır. IVUS/FFR ile ek değerlendirme, fonksiyonel olarak önemsiz lezyonların revaskülarizasyonunu ve buna bağlı komplikasyonları ve maliyetleri önleyebilir.

Orta şiddette bir LMCA lezyonunda 0.80'in altındaki bir fraksiyonel akım rezervi (FFR) varlığında ciddi LMCA darlığı olduğu kabul edilir. Önceki çalışmalarda anlamsız FFR değeri olan ve medikal takip edilen hastalar, CABG olan hastalarla karşılaştırıldığında bu eşik değerleri güvenli olduğu gösterilmiştir.¹⁵ LAD ve Cx distalinde lezyon olması, LMCA lezyonlarını değerlendirmede FFR'in yeterli bilgi vermesine engel olabilir. Bununla birlikte, yapılan bir in vivo çalışmada, distaldeki darlık çok önemli olmadıkça etkisinin klinik olarak ihmal edilebilir olduğu bulunmuştur.¹⁷

IVUS, LMCA darlığının önemini belirlemek için başka bir yararlı araçtır. PKG öncesinde IVUS, darlık şiddetini, lezyon boyutunu (yan dal tutulumu dahil), lümen boyutlarını, plak dağılımını ve kalsifikasyonu objektif olarak değerlendirmek için kullanılabilir. Abizaid ve arkadaşları lezyon şiddetinin, anjiyografik ve IVUS değerlendirmesi arasındaki önemli korelasyon eksikliğini ilk vurgulayanlar arasındaydılar.¹⁸ Ayrıca, ileride oluşabilecek iskemik olayların tahmininde minimal lümen çapının (MLÇ) önemini de gösterdiler. Jasti ve arkadaşları, altın standart olarak FFR ile karşılaştırıldığında, $< 5,9 \text{ mm}^2$ 'lik bir minimal lümen alanının (MLA) ve $< 2.8 \text{ mm}^2$ 'lik bir MLÇ'nin anlamlı bir LMCA darlığını belirlemede en yüksek duyarlılık ve özgüllüğe (sırasıyla %93 ve %95) sahip olduğunu bildirdiler.¹⁹ Park ve arkadaşları daha yakın zamanda, 0.80'in altında bir FFR'ye karşılık gelen IVUS MLA kriterlerini belirlemek için, girişim öncesi IVUS ve FFR ölçümleri yapılan, izole ara LMCA darlığı olan daha düşük vücut yüzey alanına sahip 112 hastayı ele aldılar. Anlamlı LMCA darlığı için sınır MLA'yı 4.5 mm^2 olarak buldular.¹²

Daha sonraki çalışmalarla, LMCA lezyonlarına revaskülarizasyon karar verme sürecini güvenli bir şekilde yönlendirmek için bir IVUS MLA eşik değeri belirlemeye çalışılmıştır. LITRO çalışması¹⁴, orta seviye (ara lezyon) LMCA darlıklarının revaskülarizasyonunu yönlendirmek için güvenli bir MLA parametresi olarak IVUS'tan türetilen 6 mm^2 eşik değerini doğrulayan çok merkezli bir prospektif çalışmadır. Çalışmaya 354 hasta dahil edildi. $MLA > 6 \text{ mm}^2$ olan 179 hasta medikal takip edilirken, $MLA < 6 \text{ mm}^2$ olan 152 hasta revaskülarize (%45 PKG, %55 CABG) edildi. 2 yıllık takipte her iki grupta ölüm ve MI oranlarında bir farklılık gözlenmedi. 6 mm^2 MLA değeri, revaskülarizasyonun güvenli bir şekilde erte-

lenebileceği, IVUS eşiği olarak geniş çapta kabul edilse de, Asya kohortunda klinik kullanıma sahip olarak gösterilen 4,5 mm² değeri ile optimal MLA eşiği hala bir tartışma konusu olmaya devam etmektedir.²⁰

Optik koherans tomografi (OCT), IVUS'tan daha yüksek çözünürlüğe sahip yeni bir intrakoronar görüntüleme yöntemidir. Lümen ve intima daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilebilir. LMCA değerlendirmesinde IVUS ile karşılaştırıldığında OCT'nin dezavantajı, daha düşük penetrasyon derinliğini ve LMCA lümenini yeterli bir yıkama ile temizlemedeki zorluğu içerir.

Güncel Çalışmalar

LMCA darlıklarının tedavisinde geleneksel olarak ilk tercih CABG olsa da PKG'nin yapılabilirliği hep tartışılmış ve çalışmalara konu olmuştur. Zamanla stent teknolojisinin gelişmesi, tekniklerin ve deneyimin artması ve antiplatelet tedavideki gelişmeler PKG'yi daha yapılabilir ve mantıklı kılmıştır.

Bu konuyu irdeleyen ilk randomize kontrollü çalışma (RKÇ) LE-MANS çalışmasıdır.³ %50'den fazla LMCA darlığı olan 105 semptomatik hasta alınmış, primer sonlanım olarak 1 yıl sonra eko-kardiyografi ile sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) değişimi kabul edilmiştir. Sekonder sonlanım olarak, majör kardiyak ve serebral olay (MACCE), tüm nedenli ölüm, MI, inme ve hedef damar revaskülarizasyonu (TVR) belirlenmiştir. İlk 30 günde PKG kolunda MACCE daha düşük (%3'e karşı %13, p=0.03) ve daha kısa hastane yatışı (6.8 ± 3.7'ye karşı 12.0 ± 9.6 gün; p = 0.0007) görülmüştür. 1 yılda, LVEF PKG kolunda CABG'ye göre daha anlamlı yükselmiştir (3.3 ± %6.7'ye karşı %0.5 ± 0.8; p = 0.047), bu da PKG grubunda daha yüksek LVEF ile sonuçlandı (p=0.01). Tüm nedenlere bağlı ölümlerde fark yoktu ve 1 yıllık MACCE oranları her iki grupta da benzerdi. 28 ± 9.9 aylık takipte, PKG grubunda daha az ölüm eğilimi vardı (p=0.08). Bu çalışmanın başlıca kısıtlamaları, küçük boyutlu olması, CABG kolunda beklenenden daha az oranda LIMA kullanılması (%72) ve PKG kolunda daha fazla BMS kullanılmış (%65) olmasıdır.³

SYNTAX çalışması, sol ana koroner arter hastalığı olan hastalarda optimal revaskülarizasyon stratejisini (PKG ve CABG) değerlendirmek için yapılan ilk büyük RKÇ'dir. 3 damar hastalığı ya da LMCA hastalığı olan 1800 hasta, ilk nesil ilaç kaplı stent olan TAXUS (paklitaksel salınımlı) marka ile PKG ve CABG olarak randomize edildi. Sadece LMCA hastalığı olan 705 hastadan oluşan alt grup analizinde 1 yıllık MACCE benzer saptandı (PKG'de %5.8, CABG'de %13.7 ; p = 0.44). 1 yıllık hedef damar revaskülarizasyonu (TVR) PKG kolunda daha fazla idi (%11.8'e karşı %6.5; p = 0.02); inme ise CABG kolunda daha fazlaydı (%2.7'ye karşı %0.3; p = 0.009); tüm nedenli ölüm ve MI her iki grupta da benzer saptandı. PKG ile CABG karşılaştırıldığında, izole LMCA veya LMCA + tek damar koroner arter hastalığı (KAH) olan hastalarda 1 yıllık MACCE oranı CABG grubunda daha yüksekti (sırasıyla %7.5 ve %13.2), ancak LMCA + iki damar veya LMCA + üç damar KAH olan hastalarda PKG grubunda MACCE daha yüksekti (sırasıyla %19.8'e karşı %14.4 ve %19.3'e karşı %15.4). SYNTAX skorları ile hastalar gruplandırıldığında [0-22, 22-32, >32] ilk iki grupta primer sonlanım benzer çıksa da SYNTAX skoru >32 olan grupta CABG'ye oranla PKG kolunda MACCE anlamlı yüksek saptanmıştır. 5 yıllık MACCE oranları her iki grupta da benzer saptanmıştır (PKG'de %36.9, CABG'de %31; p = 0.12). SYNTAX skorlarına göre gruplandırıldığında MACCE ilk 2 grupta benzer çıkmasına rağmen SYNTAX skoru >32

olan grupta PKG kolunda MACCE daha yüksek saptanmıştır.²¹

PRECOM-BAT çalışmasında ise LMCA hastalığı olan 600 hasta, CABG'ye karşı birinci nesil Cypher marka sirolimus kaplı stentler (SES) ile PKG randomize edildi. Primer sonlanım 1 yıllık majör kardiyak olay (tüm nedenli ölüm, MI, İnme, ve iskemi sonra hedef damar revaskülarizasyonu toplamı) olarak belirlendi. 1 yıllık sonuçlarda PKG, CABG'ye göre noninferior saptanmıştır (PKG %8.7'ye karşı, CABG %6.7; p = 0.01 , noninferior) . 2 yıllık takipte her iki grup arasında fark saptanmamasına rağmen (PKG %12.2'ye karşı, CABG %8.1 ; p = 0.12), PKG grubunda TVR daha fazla saptanmıştır (%9.0'a karşı %4.2; p = 0.02). Bu çalışmanın ana kısıtlılığı, kayıtlı hasta sayısının az olması, noninferiority için geniş marj ve her iki gruptaki düşük olay oranlarıydı. Bu da sonuçları kesin olmaktan çok hipotez üreten hale getirmiştir.⁶

Korunmasız LMCA hastalığında PKG ile CABG'yi karşılaştıran dördüncü RKÇ, Boudriot ve arkadaşları tarafından yapılan küçük bir çalışmadır. Bu çalışmada belgelenmiş iskemi ve sol ana koroner darlığı >%50 olan ve çok damar hastalığı olan veya olmayan 201 hasta dahil edilmiştir. Bu çalışmada PKG, CABG'ye göre noninferior saptanmamıştır. 3 yıllık takipte genel sonuçlar değişmedi. Bu çalışmanın başlıca sınırlamaları arasında küçük bir örneklem büyüklüğü, son nokta olarak inmenin dahil edilmemesi ve ilk nesil DES kullanımı yer almaktadır.⁵

Daha geniş çaplı bir çalışma olan EXCEL çalışmasında ise LMCA darlığı ve SYNTAX skoru ≤32 olan 1905 hasta dahil edilmiştir. Perkütan koroner girişimlerde 2. nesil evorolimus kaplı stent kullanılmıştır. 3 yıllık takipte ölüm, inme ve MI'ın olduğu birleşik sonlanımda CABG ile kıyaslandığında noninferior saptanmıştır (%15.4'e karşı %14.7). Birincil son nokta, ilk 30 günde PKG grubunda daha düşük iken (%4.9'a karşı %7.9), 30 gün ile 3 yıl arasında CABG grubunda PKG grubuna göre daha az birincil son nokta olayı meydana geldi. 30 gün içinde erken MI ve majör periprocedürel advers olay oranları, PKG grubunda CABG'ye göre anlamlı olarak daha düşüktü (sırasıyla %3.9'a karşı %6.2 ve %8.1'e karşı %23.0), ancak takip sırasında iskemiye bağlı revaskülarizasyon daha fazlaydı (%12.6'ya karşı %7.5). Genel olarak, bu bulgular PKG'nin erken bir güvenlik avantajı sunduğunu, CABG'nin ise daha uzun vadeli dayanıklılık sunduğunu göstermektedir.²²

LMCA hastalığında PKG ile CABG'yi kıyaslayan diğer geniş katımlı bir çalışma olan NOBLE çalışmasına 1201 hasta dahil edilmiş. PKG yapılanların %11'ine birinci nesil ilaç kaplı stent %89'una ikinci nesil biolimus kaplı stent uygulanmıştır. 5 yıllık takipte primer sonlanım majör kardiyak olay (ölüm, nonprosedürel MI, tekrarlayan revaskülarizasyon, inme) PKG hastalarında CABG'ye göre anlamlı olarak yüksek saptanmıştır (%28'e karşı %18). 5 yıllık takipte nonprosedürel MI (%6'ya karşı %2) ve herhangi bir revaskülarizasyon (%15'e karşı %10) PKG grubunda daha yüksek saptanmıştır. Beklenmedik bir şekilde, 5 yıllık takipte inme oranı PKG hastalarında CABG hastalarına göre daha yüksek olma eğilimindeydi (%5'e karşı %2). Ancak, 5 yıllık ölüm oranı PKG ve CABG arasında benzerdi (%36'ya karşı %32).²³ Yukarıda irdelenen randomize kontrollü çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Sol Ana Koroner Arter Lezyonlarına Perkütan Koroner Girişimler

2008'de Avrupa Bifürkasyon Kulübü (EBC) ilk stentin konumuna

dayalı, kısaltması MADS (Ana damar, Yan dala geçiş, çift proximal lümen, yan dal) olan bir sınıflandırma tasarladı. Bu sınıflandırmanın etkinliği GLOBAL LEADERS²⁴ çalışması (15.000'den fazla hasta) ile doğrulandı. Son yıllarda bazı teknikler terk edildi veya etkili olmadığı kanıtlandı. Böylece orijinal sınıflandırma MADS-2 olarak güncellendi. Yenilikler arasında, MADS-2'ye tek harfli balonlama tekniği kodu kullanarak 3 tip balon dilatasyon (P: proksimal ana damar postdilatasyonu [proksimal optimizasyon tekniği, POT], S: yan dal ostium balonlama, K: ana damar ve yan dalda balon şişirme [kissing balon]) tekniği eklenmiştir.²⁵

Balonlama tekniklerinin kombinasyonları uygun şekilde sıralanmış balon harf dizileriyle kolaylıkla vurgulanır. Örneğin, "PKP" POT, kissing balon ve son POT anlamına gelir. Bir başka olası balonlama tekniği olan "distal balon optimizasyon (DOT)" ise D harfi olarak belirlenmiştir.

Avrupa Bifurkasyon Kulübü'nün hazırlayıp 2022'de yayınladığı konsensusta, bifurkasyon lezyonlarına girişimlerde kullanılan teknikler detaylıca anlatılmış ve şematize edilmiştir.²⁶ Aşağıda anlatılan teknikler bu konsensustan faydalanarak özetlenmiştir.

Tablo 1. Sol Ana Koroner Arter Hastalığında PKG ve CABG'nin Karşılaştırıldığı Randomize Kontrollü Çalışmalar

| Çalışma | Yıl | Hasta Sayısı | Takip Süresi | Popülasyon | Primer Sonlanım | PKG % | CABG % | P Değeri, Sonuç |
|-------------------|------|--------------|--------------|---------------------------|-----------------|-----------|-----------|---|
| LE MANS3 | 2008 | 105 | 1 yıl | Stabil ve Unstabil Angina | EF değişimi | 3.3 ± 6.7 | 0.5 ± 0.8 | 0.047 |
| SYNTAX20 | 2009 | 705 | 5 yıl | Stabil ve Unstabil Angina | MACCE | 36.9 | 31.0 | 0.12 |
| PRECOMBAT6 | 2011 | 600 | 1 yıl | Angina, NSTEMI | MACCE | 8.7 | 6.7 | 0.01 (noninferior) |
| EXCEL21 | 2016 | 1905 | 3 Yıl | Stabil ve Unstabil Angina | MACE | 15.4 | 14.7 | 0.98 (noninferior) |
| NOBLE22 | 2016 | 1201 | 5 yıl | Stabil ve Unstabil Angina | MACCE | %28 | %18 | 0.0044 (CABG lehine) |
| Boudriot ve ark.5 | 2011 | 201 | 1 yıl | Stabil ve Unstabil Angina | MACCE | 19 | 13.9 | 0.19 (CABG daha iyi, PKG noninferior değil) |

PKG, Perkütan koroner girişim; CABG, koroner arter bypass greftleme; EF, Ejeksiyon fraksiyonu; MACCE, majör kardiyak ve serebrovasküler olay; MACE, majör kardiyak olay; NSTEMI, non ST segment elevasyonlu miyokardiyal infarktüs.

Ostial/Şaft Lezyonlarına PKG

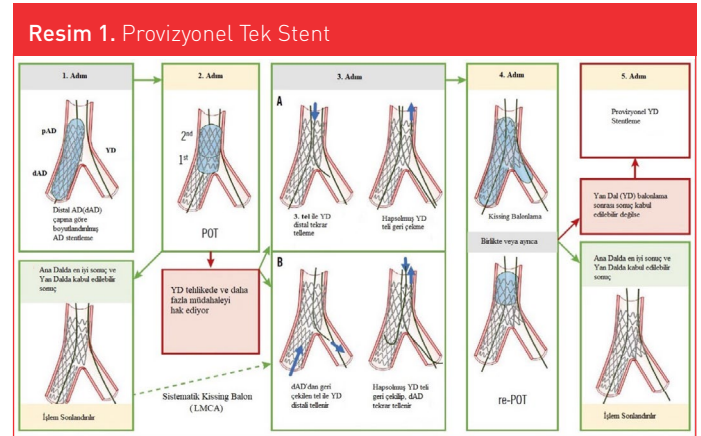
Sol ana koroner arter uzunluğu tek bir stente izin verdiği sürece, ostial veya şaft lezyonlara PKG, distal bifurkasyon lezyonlarına göre daha kolaydır. Sol ana koroner arter ostium stentleme zorlukları arasında, darlığın değerlendirilmesi (spazm, açılma, ciddiyet), kateterin stent yapısını bozma ihtimali (longitudinal kompresyon), stent kısa ise sistemik embolizasyon riski (8 mm uzunluğunda stent nadiren konmalıdır), retrograd sinüs veya aort diseksiyon riskleri sayılabilir.

Distal bifurkasyon Lezyonlarına PKG ve Teknikleri

Sadece bir yan dalı içeren bifurkasyon lezyonlarında provizyonel tek stent tekniği uygulanmalıdır (planlı tek stent, kissing balonlama veya yan dal balonlama olmadan). Fakat her zaman distal LMCA lezyonları provizyonel tek stent tekniği için uygun olmayabilir (Tablo 2).⁸ Gerçek distal bifurkasyon lezyonlarında ise iki stent ihtiyacından dolayı çeşitli teknikler tanımlanmıştır. Çift stent uygulanan hastalarda uzun dönem sonuçları optimize etmek ve yan dalda gelecekteki açıklığı korumak için son kissing balonlama zorunludur. En uygun çift stent tekniğinin seçimi, plak dağılımı (Medina sınıflaması), lezyon konumu (ostium, orta şaft veya bifurkasyon içeren distal bölge), bifurkasyon açısı ve operatör deneyimi gibi faktörlere göre değişir.

Provizyonel Tek Stent Tekniği

Provizyonel stent tekniği, LMCA'dan LAD'e doğru (nadiren Cx'e) tek bir stentin yerleştirilmesidir. Şu aşamalardan oluşur (Resim 1)²⁶:



Tablo 2. Korunmasız Sol Ana Koroner Arter Darlığının Tedavisinde Tek Stent Tekniğinin Anatomik Özelliklerin Uygunluğu

Anatomik Özellikler

| Uygun | •Ostial Cx lezyonunun olmaması, Medina 1,1,0 ya da 1,0,0 •Cx çapının <2.5 mm olması, sağ koroner sistem baskın •LAD ile Cx geniş açılı •Eşik eden Cx lezyonunun olmaması •Cx'te fokal hastalık |
|-------|--|
| Uygun | •Ostial Cx lezyonunun olması, Medina 1,1,1 ; 1,0,1 ; 0,1,1 |
| Değil | •Cx çapının ≥2.5 mm olması, sol koroner sistem baskın •LAD ile Cx dar açılı •Eşik eden Cx lezyonunun olması •Cx'te diffüz hastalık |

LAD, Left anterior descending coronary artery; Cx, left circumflex coronary artery

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

- 1- Ana damar (AD) ve yan dal (YD) tellenir.
- 2- Ana damar balon ile dilate edilir (yan dal opsiyonel).
- 3- Her 2 tel yerindeyken ana damar stentlenir.
- 4- Yan dal tekrardan tellenir ve son kissing balon yapılır (tek stent varsa operatörün tercihine bağlı, çift stent uygulandıysa zorunlu).
- 5- Proksimal ana damar postdilata edilir (POT).
- 6- Yan dal değerlendirilir: Akım iyiye, %50'den fazla daralma yoksa ve diseksiyon gelişmemişse yan dala müdahale edilmez. Aksi durumda girişim yapılır, genelde balon anjiyoplasti yeterlidir. TIMI akımı <3 ise, şiddetli ostial bozulma varsa (>%80 daralma), yan dal kapanma riski varsa, diseksiyon gelişmişse veya FFR <%75 ise stentleme gerekebilir. Yan dala ikinci bir stentin yerleştirilmesi T-stent, TAP, ters crush veya culotte teknikleri ile yapılabilir.

Özellikle karmaşık anatomi varlığında (tortüyoze, dar açılı, şiddetli darlık, ağır kalsifikasyon varlığı) ana dal stentleme ve postdilasyon tamamlanana kadar yan dal kaybetme riskinden dolayı yan dala da tel konmalıdır. Stent altında hapsedilen tel genellikle kolayca geri çekilebilir. Bununla birlikte, kılıflı polimer kaplı tel bu amaç için kullanılmamalıdır, çünkü polimer, hapsedilmiş telin alınması sırasında sıyrılabilir. LMCA stent implantasyonundan sonra ana damar bölgesinde kalan stentin proksimal kısmının postdilasyonu (proksimal optimizasyon tekniği, POT), bifurkasyonun nihai geometrisini optimize etmek için şiddetle tavsiye edilir.

Çift Stent Tekniği

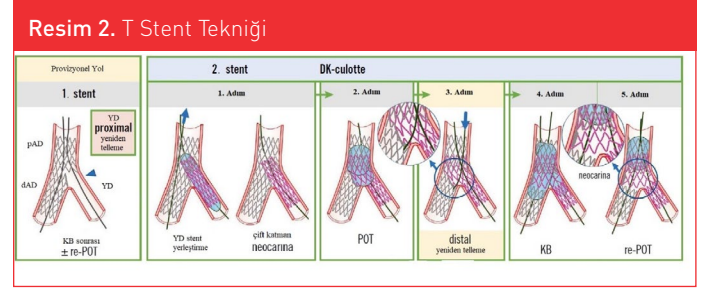
Çeşitli çift stent teknikleri tarif edilmiştir. Belirli bir tekniğin seçimi, bifurkasyon özelliklerine, operatör tercihine ve deneyime dayanmalıdır. Belirli bir hasta için en uygun tekniği seçerken aşağıdaki genel ilkeler dikkate alınmalıdır:

1. **Yan dal çapı:** LMCA girişimlerinde, genelde yan dal olarak kabul edilen Cx, büyük miktarda miyokardı besleyebilir (özellikle sol sistem baskın durumda). Açıklığını ve bütünlüğünü korumak önemlidir. Yan dal ve ana damar çapında önemli bir farklılık varsa (yani yan dal ana damarda oldukça küçükse), culotte stentleme tekniği sorunlu olabilir ve bundan kaçınılmalıdır. T stentleme, Crush tekniği veya Double Kissing Crush (DK Crush) tekniği tercih edilmelidir.
2. **Yan daldaki lezyon uzunluğu:** Lezyon yan dala 5 mm'den fazla uzanıyorsa, özellikle açılı veya kalsifiye ise, çift stent yaklaşımı düşünülmelidir.
3. **Bifurkasyon açısı:** Açıları $\geq 70^\circ$ veya T-şekilli morfolojisi olan lezyonlarda, yan dala erişim zordur ancak plak kayması daha az görülür. $\geq 70^\circ$ açısı olan lezyonlarda T-stent, modifiye T-stent veya TAP tekniği tercih edilir.²⁷ Yan dal açılanması $< 70^\circ$ ise, genellikle crush, DK-crush veya culotte teknikleri tercih edilir.
4. **Kalsifikasyon şiddeti ve derecesi:** en azında orta derecede kalsifikasyon varsa plak modifikasyonu önerilir (cutting ya da scoring balon ya da aterektomi). Aterektomi yapma gerekliliği çift stentli bir tekniği zorunlu kılmassa da, bu tür hastalarda sıklıkla yaygın aterosklerotik hastalık vardır. Bu da önceden çift stentli bir yaklaşımdan yararlanma olasılığını artırır.

Culotte Tekniği

Bu teknikte çift stent kullanılır ve proksimal ana damamarda 2 kat

metal olmasına rağmen bifurkasyon alanının (özellikle karına ve yan dal ostiumu) tam olarak kapanmasıyla sonuçlanır (Resim 2)²⁷.



- 1- Hem ana damar hem de yan dal tellenir.
- 2- Ana damar ve/veya yan dal predilate edilir (yan dal opsiyonel fakat önerilir).
- 3- Ana damara stent implante edilir.
- 4- POT yapılır.
- 5- Yan dal proximalden olacak şekilde tekrar tellenir ve stent altında hapsedilen tel geri çekilir.
- 6- Yan dal ostiumu dilate edilir. (Kissing balonlama ile)
- 7- Stentin bir kısmı proksimal ana damarda kalacak şekilde yan dal stentlenir.
- 8- Yan dal teli üzerinden POT yapılır, POT yapıldıktan sonra ana damar tekrar tellenir.
- 9- Tekrar kissing balonlama yapılır.
- 10- Son POT yapılarak işlem tamamlanır.

Tipik olarak, ilk stent en açılı girişe sahip daldaki yerleştirilmelidir. Ana damar ve yan dal arasında damar çapında büyük bir fark ($\geq 1,5$ mm) varsa bu teknik kullanılmamalıdır.²⁸

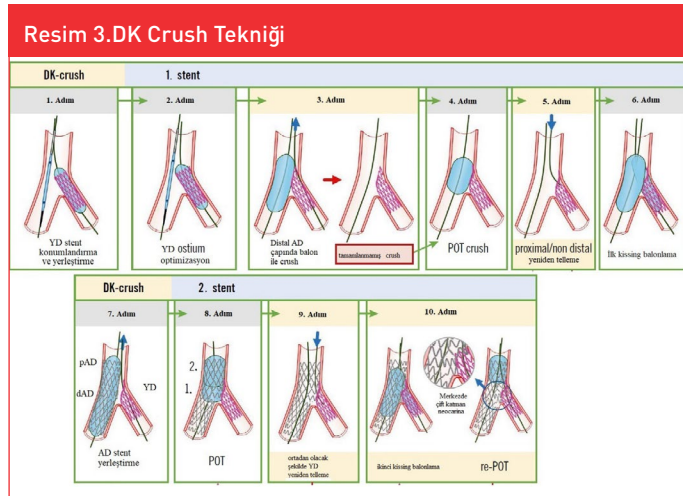
Crush Tekniği

Bu teknik ilk olarak Colombo ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır.^{29,30} Şu aşamalardan oluşmaktadır:

- 1- Hem ana damar hem de yan dal tellenir.
- 2- Ana damar ve/veya yan dal predilate edilir (yan dal opsiyonel fakat önerilir).
- 3- Önce ana damara açılmamış bir balon konarak yan dala stent (yan dal çapında) yerleştirilir. Yan daldaki stent proksimal kenarı birkaç milimetre ana damara doğru uzanmalı, distal ana damarda bekletilen balonun proksimal kenarı, yan dal stentinin proksimal kenarına yakın olmalıdır.
- 4- Yan dala ek stent ya da balonlama ihtiyacının varlığını değerlendirmek için akım kontrol edilir.
- 5- Yan dal stent balonu geri çekilir ve ana daldaki balon ile yan dal stenti crush edilir.
- 6- Yan dal teli de çekilerek, daha büyük balon ile (ana damar çapında) tekrar crush edilir (POT crush).
- 7- Yan dal proximalden olacak şekilde tekrar tellenir.
- 8- İlk kissing balonlama yapılır.
- 9- Ana damara stent yerleştirilir ve ardında POT yapılır.
- 10- POT yapıldıktan sonra hapsedilmiş yan dal teli çıkartılıp, ortadan olacak şekilde yeniden tellenir.
- 11- Final kissing balon yapılır (zorunlu).
- 12- Son POT ile işlem tamamlanır.

Tekniğin birkaç varyantı tanımlanmıştır. Günümüzde çoğu opera-

tör, çok katmanlı ezilmiş stent segmentlerini azaltmak için ana damar içindeki yan dal stentin uzunluğunu (2-3 mm) en aza indirmeye çalışır (minicrush tekniği).²⁸⁻³² Yan dal stent ana damar stenti içinde ezilirse buna internal veya reverse crush tekniği denir. Başka bir varyantta, ana damardaki stent, yan dal stenti tarafından ezilir (inverted crush tekniği). En son ve sık olarak uygulanan varyantı ise iki defa kissing balonlamanın yapıldığı double-kissing crush (DK crush) tekniğidir. İlk kissing balonlama yan dal stenti ezildikten sonra, ikincisi ana damar stenti konduktan sonra yapılır (Resim 3)²⁷.



T-Stent Tekniği

Provizyonel stentleme ile optimal olmayan bir sonuçtan sonra yan dal stentleme gerektiğinde T-stent teknikleri kullanılır (Resim 4)²⁷. Ya da yan dal açısının 70° ile 110° arasında olduğu, çift stent tekniğinin planlandığı durumlarda uygulanır.

- 1- Hem ana damar hem de yan dal tellenir.
- 2- Ana damar ve/veya yan dal predilate edilir (yan dal opsiyonel fakat önerilir).
- 3- Yan dalda tel varken ana dal stentleri (alternatif olarak önce yan dal stentlenebilir)
9. Yan dal tekrar tellenir, stent altında hapsolan tel çekilir.
10. Ana damar stenti içinde yan dal dilate edilir. [Kissing Balonlama]
11. Ana damarda stent proximali kalmayacak şekilde yan dal stentlenir (Öncesinde ana damara balon park edilebilir).
12. Yan dal stent balonu 1-2 mm geri çekilerek tekrar dilate edilir. (yan dal optimizasyonu)
13. Final kissing balonlama yapılır.
14. Son POT ile işlem tamamlanır.

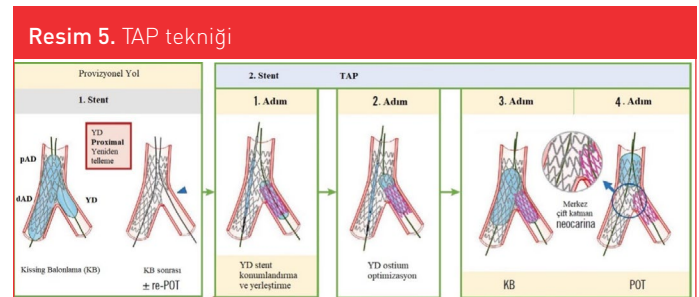
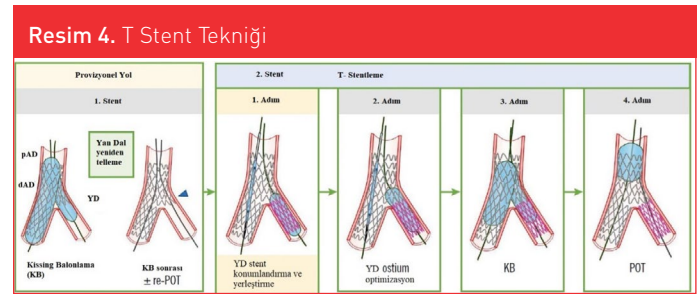
Bu tekniğin ana dezavantajı, bifurkasyon alanında, özellikle ostiumda yetersiz stent kaplaması nedeniyle yan dal ostial restenoz oranı yüksektir. Ancak, ana damardan yan dala olan açı 90°'ye yakınsa, bu teknikle tam kapsama mümkündür. Alternatif olarak, bifurkasyon açısı >70° ise, yan dal stentin ana damar içinde kasıtlı olarak minimal protrüzyonu ile TAP tekniği (Resim 5)²⁷ gerçekleştirilebilir. Ana damara stent takıldıktan sonra, yan dal stenti, ana damarda minimum çıkıntı ile yan dala yerleştirilir ve sönmüş bir balon aynı anda ana damara yerleştirilir. Yan stenti şişirildikten

sonra balon çıkartılır ve ana damarda balon şişirilir. En sonunda final kissing balon, ardından POT ile işlem sonlandırılır. Yeni hasas bir carina oluşacağından son POT işlemi dikkatli yapılmalı, balon carina bölgesinden birkaç mm daha proximalde şişirilmelidir. Bu teknik doğru uygulanırsa stentlerde deformasyon olmaksızın ostiumun tam olarak kaplanması olasılığını artırır.

V-Stent Tekniği

Bu teknik, hem ana damar hem de yan dalın aynı anda stentlenmesidir. Genelde distal bifurkasyon lezyonlarında tercih edilir (Medina 0,1,1).

- 1- Ana damar ve yan dal tellenir.
- 2- Ana damar ve yan dal predilate edilir.
- 3- Proximale minimal protrüze ederek her iki dala stent yerleştirilir.
- 4- Her iki stent balonu aynı anda (ya da sıralı) şişirilerek stentleme yapılır.
- 5- Final kissing balonlama yapılır.



Proksimal hastalığı olan vakalarda (Medina 1,1,1), her iki stent ana koroner şaftına sıralanır ve yeni bir karina oluşturulur. Bu tekniğe Y-stent, simultane kissing stent ya da double barrel tekniği denir. Bu teknikte majör kardiyak olay sıklığı artmıştır.^{33,34} Y-stentleme hemodinamik instabil olan, hızlı stabilize etmemiz gereken ciddi sol ana koroner arter lezyonlarında tercih edilebilir.

IVUS Kılavuzlu LMCA Girişimleri

IVUS, lümen boyutu, plak karakterizasyonu ve hastalık dağılımı ile ilgili lezyon özellikleri hakkında anjiyografiden daha güvenilir veriler sağlar. Bu da optimal stent boyutu ve uzunluğunu seçmede, doğru konumlandırmasında yardımcı olur. Ayrıca distal LMCA bifurkasyon lezyonları için IVUS, ana dal ve yan dal hastalık paterni ve vasküler yeniden şekillenme hakkında doğru bilgi sağlayarak stentleme stratejisine karar verilmesine yardımcı olur. PKG sonrası IVUS değerlendirmesi ile optimal stent genişlemesi, strutların tam açıklığının sağlanması gibi durumlara rehberlik eder .

IVUS minimal stent alanı, Cx ostium için 5.0 mm², LAD ostium için 6.3 mm², karina için 7.2 mm² ve proksimal LMCA için 8.2 mm² dir (5-6-7-8 kuralı).³⁴ Operatör, stent implantasyonundan sonra IVUS değerlendirmesini yapmalı ve yüksek basınçlı balon dilatasyonları kullanarak yukarıdaki stent alanlarına ulaşmak için çaba göstermelidir.

Güncel olarak tüm çalışmalar, IVUS kılavuzlu LMCA stentlemenin, randomize olmayan gözlemsel çalışmaların sınırlamalarına rağmen, uzun dönemli klinik sonuçları iyileştirmesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.³⁵⁻³⁸

Resim 6'da IVUS kılavuzlu LMCA girişimleri algoritması özetlenmiştir.⁸

Tartışma

Son zamanlarda LMCA hastalığı olan hastaların tedavisinde cerrahi ve perkütan revaskülarizasyonda dikkate değer bir evrim olmuştur. Klinik çalışmalardan ve kapsamlı endikasyon dışı deneyimlerden elde edilen mevcut kanıtlar, LMCA perkütan girişimlerinin, özellikle düşük ve orta SYNTAX skoru olan hastalarda, CABG ile karşılaştırılabilir mortalite ve morbidite oranları olduğunu göstermektedir. Bu durum, LMCA darlığında, yeni nesil DES kullanımı ile PKG'yi tercih eder hale getirmiştir. Daha gelişmiş cihazlar, özel teknikler, ek fizyolojik ve görüntüleme desteği ve ek farmakolojik ajanlarla birleştirilen entegre bir yaklaşım, bu karmaşık lezyonlar için PKG başarı oranlarını ve uzun dönemli klinik sonuçları büyük ölçüde iyileştirmiştir.

LMCA hastalığında revaskülarizasyon kararı karmaşıktır. Lezyonun noninvaziv ve invaziv testlerle değerlendirilmesi, "Kalp Takımı" ekibi ile SYNTAX skoru ve klinik/anatomik SYNTAX skoru II gibi prognostik araçlarla tatışılması gerekir. Çok damar hastalığı olan sol ana koroner lezyonu olan hastalar en iyi cerrahiden fayda görür. Bununla birlikte, randomize kontrollü çalışmalardan elde edilen mevcut kanıtlar, basit veya orta derecede karmaşık koroner anatomisi olan seçilmiş sol ana koroner arter hastalarında PKG'nin en azından cerrahiye eşdeğer sonuçlar sağlayabileceğini düşündürmektedir. Miyokardın büyük bir bölümünün beslenmesinden sorumlu olduğundan sol ana koroner girişimleri "Kalp Takımı" tarafından iyi değerlendirilmeli ve deneyimli operatörler tarafından yapılmalıdır. Bununla birlikte, bugüne kadar tamamlanan tüm randomize kontrollü çalışmalar yeterli kanıtlar sunmamıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Herrick JB. Clinical features of sudden obstruction of the coronary arteries. *JAMA*. 1983;250:1757-1762. [\[Crossref\]](#)
2. El-Menyar AA, Al Suwaidi J, Holmes Jr DR. Left main coronary ar-

- tery stenosis: state of the art. *Curr Probl Cardiol*. 2007;32:103-193. [\[Crossref\]](#)
3. Buszman PE, Kiesz SR, Bochenek A, et al. Acute and late outcomes of unprotected left main stenting in comparison with surgical revascularization. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51:538-545. [\[Crossref\]](#)
4. Morice MC, Serruys PW, Kappetein AP, et al. Outcomes in patients with de novo left main disease treated with either percutaneous coronary intervention using paclitaxel-eluting stents or coronary artery bypass graft treatment in the Synergy Between Percutaneous Coronary Intervention with TAXUS and Cardiac Surgery (SYNTAX) trial. *Circulation*. 2010;121:2645-2653. [\[Crossref\]](#)
5. Boudriot E, Thiele H, Walther T, et al. Randomized comparison of percutaneous coronary intervention with sirolimus-eluting stents versus coronary artery bypass grafting in unprotected left main stem stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57:538-545. [\[Crossref\]](#)
6. Park SJ, Kim YH, Park DW, et al. Randomized trial of stents versus bypass surgery for left main coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2011;364:1718-1727. [\[Crossref\]](#)
7. Lee PH, Ahn JM, Chang M, et al. Left main coronary artery disease: secular trends in patient characteristics, treatments, and outcomes. *J Am Coll Cardiol*. 2016;68:1233-1246. [\[Crossref\]](#)
8. Jung-Min Ahn D-WP, Seung-Jung Park. Percutaneous Coronary Intervention for Unprotected Left Main Coronary Artery Stenosis. In: Teirstein ETP, editor. *Textbook of Interventional Cardiology*: ELSEVIER; 2019.
9. Reig J, Petit M. Main trunk of the left coronary artery: anatomic study of the parameters of clinical interest. *Clin Anat*. 2004;17:6-13. [\[Crossref\]](#)
10. Prosi M, Perktold K, Ding Z, et al. Influence of curvature dynamics on pulsatile coronary artery flow in a realistic bifurcation model. *J Biomech*. 2004;37:1767-1775. [\[Crossref\]](#)
11. Virmani R, Kolodgie FD, Burke AP, et al. Lessons from sudden coronary death: a comprehensive morphological classification scheme for atherosclerotic lesions. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2000;20:1262-1275. [\[Crossref\]](#)
12. Oviedo C, Maehara A, Mintz GS, et al. Intravascular ultrasound classification of plaque distribution in left main coronary artery bifurcations: where is the plaque really located? *Circ Cardiovasc Interv*. 2010;3:105-112. [\[Crossref\]](#)
13. Park SJ, Ahn JM, Kang SJ, et al. Intravascular ultrasound-derived minimal lumen area criteria for functionally significant left main coronary artery stenosis. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7:868-874. [\[Crossref\]](#)
14. Naganuma T, Chieffo A, Meliga E, et al: Long-term clinical outcomes after percutaneous coronary intervention for ostial/mid-shaft lesions versus distal bifurcation lesions in unprotected left main coronary artery: the DELTA Registry (Drug-Eluting Stent for Left Main Coronary Artery Disease): a multicenter registry evaluating percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting for left main treatment. *JACC Cardiovasc Interv* 6:1242-1249, 2013.
15. de la Torre Hernandez JM, Hernandez Hernandez F, Alfonso F, et al: Prospective application of pre-defined intravascular ultrasound criteria for assessment of intermediate left main coronary artery lesions results from the multicenter LITRO study. *J Am Coll Cardiol* 58:351-358, 2011 [\[Crossref\]](#)
16. Hamilos M, Muller O, Cuisset T, et al. Long-term clinical outcome after fractional flow reserve-guided treatment in patients with angiographically equivocal left main coronary artery stenosis. *Circulation* 120:1505-1512, 2009. [\[Crossref\]](#)
17. Fearon WF, Yong AS, Lenders G, et al. The impact of downstream coronary stenosis on fractional flow reserve assessment of intermediate left main coronary artery disease: human validation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:398-403. [\[Crossref\]](#)
18. 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* 34:707-715, 1999. [\[Crossref\]](#)
19. Jasti V, Ivan E, Yalamanchili V, et al. Correlations between fractional flow reserve and intravascular ultrasound in patients with an ambiguous left main coronary artery stenosis. *Circulation*. 2004;110:2831-2836. [\[Crossref\]](#)
 20. Kang SJ, Lee JY, Ahn JM, et al: Intravascular ultrasound-derived predictors for fractional flow reserve in intermediate left main disease. *JACC Cardiovasc Interv* 4:1168-1174, 2011. [\[Crossref\]](#)
 21. Mohr FW, Morice MC, Kappetein AP, et al: Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet* 381:629-638, 2013. [\[Crossref\]](#)
 22. Stone GW, Sabik JF, Serruys PW, et al. Everolimus-eluting stents or bypass surgery for left main coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2016;375:2223-2235. [\[Crossref\]](#)
 23. Makikallio T, Holm NR, Lindsay M, et al. Percutaneous coronary angioplasty versus coronary artery bypass grafting in treatment of unprotected left main stenosis (NOBLE): a prospective, randomised, open-label, non-inferiority trial. *Lancet*. 2016;388:2743-2752. [\[Crossref\]](#)
 24. Katsikis A, Chichareon P, Cavalcante R, et al. Application of the MADS classification system in a "mega mammoth" stent trial: feasibility and preliminary clinical implications. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2019;93:57-63. [\[Crossref\]](#)
 25. Burzotta F, Lassen JF, Louvard Y, et al: European Bifurcation Club white paper on stenting techniques for patients with bifurcated coronary artery lesions. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2020 Nov;96(5):1067-1079. [\[Crossref\]](#)
 26. Albiero R, Burzotta F, Lassen JF et al. Treatment of coronary bifurcation lesions, part I: implanting the first stent in the provisional pathway. The 16th expert consensus document of the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2022 May 15;EIJ-D-22-00165. doi: 10.4244/EIJ-D-22-00165. [\[Crossref\]](#)
 27. Lassen JF, Albiero R, Johnson TW, et al. Treatment of coronary bifurcation lesions, part II: implanting two stents. The 16th expert consensus document of the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2022 May 15;EIJ-D-22-00166. [\[Crossref\]](#)
 28. Foin N, Sen S, Allegría E, et al: Maximal expansion capacity with current DES platforms: a critical factor for stent selection in the treatment of left main bifurcations? *EuroIntervention* 8:1315-1325, 2013. [\[Crossref\]](#)
 29. Colombo A: Balloon crush: new tool in bifurcation treatment armamentarium. *Catheter Cardiovasc Interv* 63:417-418, 2004. [\[Crossref\]](#)
 30. Colombo A, Stankovic G, Orlic D, et al: Modified T-stenting technique with crushing for bifurcation lesions: immediate results and 30-day outcome. *Catheter Cardiovasc Interv* 60:145-151, 2003. [\[Crossref\]](#)
 31. Burzotta F, Gwon HC, Hahn JY, et al: Modified T-stenting with intentional protrusion of the sidebranch stent within the main vessel stent to ensure ostial coverage and facilitate final kissing balloon: the T-stenting and small protrusion technique (TAP-stenting). Report of bench testing and first clinical Italian-Korean two-centre experience. *Catheter Cardiovasc Interv* 70:75-82, 2007. [\[Crossref\]](#)
 32. Galassi AR, Colombo A, Buchbinder M, et al: Long-term outcomes of bifurcation lesions after implantation of drug-eluting stents with the "mini-crush technique." *Catheter Cardiovasc Interv* 69:976-983, 2007. [\[Crossref\]](#)
 33. Siotia A, Morton AC, Malkin CJ, et al: Simultaneous kissing drug-eluting stents to treat unprotected left main stem bifurcation disease: medium term outcome in 150 consecutive patients. *EuroIntervention* 8:691-700, 2012. [\[Crossref\]](#)
 34. Stinis CT, Hu SP, Price MJ, et al: Three-year outcome of drug-eluting stent implantation for coronary artery bifurcation lesions. *Catheter Cardiovasc Interv* 75:309-314, 2010. [\[Crossref\]](#)
 35. Kang SJ, Ahn JM, Song H, et al. Comprehensive intravascular ultrasound assessment of stent area and its impact on restenosis and adverse cardiac events in 403 patients with unprotected left main disease. *Circ Cardiovasc Interv*. 2011;4:562-569. [\[Crossref\]](#)
 36. Park SJ, Kim YH, Park DW, et al. Impact of intravascular ultrasound guidance on long-term mortality in stenting for unprotected left main coronary artery stenosis. *Circ Cardiovasc Interv*. 2009;2:167-177. [\[Crossref\]](#)
 37. de la Torre Hernandez JM, Baz Alonso JA, Gomez Hospital JA, et al. Clinical impact of intravascular ultrasound guidance in drug-eluting stent implantation for unprotected left main coronary disease: pooled analysis at the patient-level of 4 registries. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7:244-254. [\[Crossref\]](#)
 38. Andell P, Karlsson S, Mohammad MA, et al. Intravascular ultrasound guidance is associated with better outcome in patients undergoing unprotected left main coronary artery stenting compared to angiography guidance alone. *Circ Cardiovasc Interv*. 2017;10(5). pii: e004813. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.10

BİFURKASYON LEZYONLARI

Barış ÖKÇÜN
Gülsüm BİNGÖL
Murat Kazım ERSANLI

Bifurkasyon Lezyonları

Bifurcation Lesions

BÖLÜM HAKKINDA

Bifurkasyon lezyonları koroner arter hastalığının girişimsel tedavisinde zor ve önemli bir bölümü oluşturmaktadırlar. Bifurkasyon dışı girişimlerle karşılaştırıldığında bifurkasyon lezyonları daha düşük işlem başarı oranına, daha yüksek kardiyak olay riskine ve anjiyografik restenoz oranına sahiptirler. Bifurkasyon işlemleri sırasında anatomik özelliklerin dikkate alınması ve her bir bifurkasyon için en uygun stratejinin seçilmesi, girişimsel sonuç üzerinde etkili olmaktadır. Optimum strateji seçiminde, damar çapı, yan dallarla olan ilişki ve iki dal arasındaki açıyı içeren birçok faktör dikkate alınarak bifurkasyon darlığının tipinin değerlendirilmesi kritik öneme sahiptir. Bifurkasyon lezyonlarının perkütan tedavisinde yalnızca ana dalın stentlenmesi veya ana ve yan dalları kapsayacak şekilde iki veya daha fazla stentin kullanılması yer alır. İki veya üç stentli teknikler arasında crush, culotte, kissing stentler, T-stentleme, V-stentleme gibi teknikler yer alır. Bu tekniklerin amacı, stent tarafından kapsanmayan damar alanlarını en aza indirmektir. Biz de yazımızda bifurkasyon lezyonlarının özelliklerinden ve stentleme tekniklerinden detaylıca bahsettik.

Anahtar kelimeler: Koroner bifurkasyon lezyonları, perkütan koroner girişimler, stent stratejileri

ABOUT the CHAPTER

Bifurcation lesions are a challenging and important part of the interventional management of coronary disease. When compared to non-bifurcation procedures, bifurcation procedures have a lower rate of success, higher risk of cardiac events and a higher rate of angiographic restenosis. Consideration of anatomical features during bifurcation procedures and selection of the most appropriate strategy for each bifurcation can significantly impact the interventional outcome. Therefore, it is crucial to assess the type of bifurcation stenosis, taking into account the vessel diameter, relevance of the side branches, and the angle between the two branches, in order to determine the optimal interventional strategy. Percutaneous treatment of bifurcation lesions includes stenting of the main branch only, or the use of two or more stents to cover the main branch and side branches. Two- or three-stent strategy include crush, culotte, kissing stents, T-stenting, V-stenting. The aim of these techniques is to minimise the areas of the vessel not covered by the stent. In this article, we have discussed the characteristics of bifurcation lesions and stenting techniques in detail.




Keywords: Coronary bifurcation lesions; percutaneous coronary interventions, stent strategies

Bifürkasyon Lezyonları

Bifürkasyon lezyonu işlem esnasında korunması gereken yan dal içeren lezyona denmektedir.¹ Tüm perkütan koroner işlemler içerisinde %15-25 oranında bifürkasyon işlemleri yer almaktadır.² Bifürkasyon lezyonu dışındaki girişimlerle karşılaştırıldığında bifürkasyon lezyonları işlemsel başarı açısından düşük, majör kardiyak olay (MKO) ve restenoz oranları açısından yüksek bir orana sahiptir.^{3,4-8} Bifürkasyon lezyonlarında işlem esnasında en fazla karşılaşılan sorunlar yan dala geçişte zorlanma, işlem sırasında yan dalın tıkanması ve yan dal ostiyumunun yetersiz açılmasıdır.

Bifürkasyon lezyonlarında işlem sırasında %10-40 oranında 'carina' ya da plak kayması sonucunda yan dalın ağzında daralma oluşmaktadır.^{3,4-7} Bu risk akut koroner sendrom (AKS)'de olduğu gibi ana dalda trombüslü bir lezyon varlığında, ana damar ile yan dal arasında yer alan açının 70 derecenin altında olması durumunda, yan dal ostiyumunda %50' den fazla darlık varlığında ve yan dalın küçük olduğu olgularda artmaktadır. Balon anjiyoplastiye oranla stent yerleştirilmesinden sonra 'carina' ya da plak kayması daha



Barış Ökcün¹ 
Gülsüm Bingöl² 
Murat Kazım Ersanlı¹ 

¹Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Memorial Bahçelievler Hastanesi, Kardiyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye
E-posta: drbaris_2000@yahoo.com
bulut_gulsum@hotmail.com
mersanli@gmail.com

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Ökcün B, Bingöl G, Ersanlı MK. Bifurkasyon Lezyonları. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024: 124-138.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

sık görülmektedir.

Bifürkasyon bölgesinde kronik elastik büzülmenin ve intimal hiperplazinin daha fazla oluşmasının yanında işlem sonrası yan dal ostiyumunun dar kalması ve tam olarak kaplanamaması restenoz sıklığını arttırmaktadır.^{3,4-7}

Bifürkasyon lezyonlarının sınıflandırmasında ana dal ile yan dal arasındaki açı oranı ve her iki daldaki darlık derecesi kullanılmaktadır.⁴⁻⁷

Ana dal ile yan dal arasındaki açıya göre yapılan sınıflandırmaya göre bifürkasyon lezyonları Y ya da T şeklinde lezyonlar şeklinde 2 gruba ayrılır. Bunlardan ilki olan Y şeklinde lezyonlarda ana dal ile yan dal arasında yer alan açı 70 dereceden küçüktür ve kılavuz tel ile yan dala geçiş daha rahat olmaktadır ancak aynı zamanda bu lezyonlarda yan dala plak kayması da daha fazla meydana gelmektedir. Bu lezyonlar T şeklinde stentleme işlemine uygun değildir. Diğer bir lezyon olan T şeklinde ise ana dal ile yan dal arasındaki açı 70 dereceden daha fazladır. Bu nedenle kılavuz tel ile yan dala geçiş daha zor olmakla birlikte yan dala plak kayması daha az görülmektedir ve yine bu lezyonlar T şeklinde stentleme işlemine daha uygundur.

Her iki daldaki darlık derecesine göre ise 5 çeşit sınıflandırma mevcuttur olup bunlar Duke, Sanborn, Safian, Lefevre ve Medina sınıflandırmalarıdır.⁴⁻⁷ Bunlar içerisinde Medina sınıflaması daha pratik olması sebebiyle günümüzde tercih edilmektedir. Bu sınıflandırmada önce ana dal proksimal bölümü, sonra ana dal distali ve son olarak da yan dal %50'den fazla darlık varlığına göre 0 veya 1 olarak numaralandırılır. Her iki dalda %50'den fazla darlık bulunan lezyonlar gerçek bifürkasyon lezyonu olarak nitelenirler.

Kılavuz Kateter Seçimi

Günümüzde hemen hemen bütün bifürkasyon işlemleri (ana koroner bifürkasyon işlemide dahil olmak üzere) radyal yoldan geniş lümenli bir 6-F kılavuz kateter ile yapılabilir. İç lümen çapı 0.070 inç (1.75mm) olan 6-F kılavuz kateterinin içinden düşük profilli 2 balonun aynı anda geçirilebilir ancak iki stent beraber geçirilemez. Bu nedenle 7-Fr kılavuz kateter aynı anda iki stent kullanılacaksa ya da aynı anda üç balon kullanılacak olan trifikasyon işlemlerinde gerekmektedir. Yine damar çapı büyükse olup 3.5 mm üzerindeki balonlarla "kissing balon" yapılacaksa kılavuz kateteri en az 7-Fr seçmek işlem sırasında oldukça kolaylık sağlamaktadır.^{8,9}

"Provisional" yan dal stentlemesi, T tipi stentleme, 'POT-side-POT' işlemi, "TAP" ya da "Culotte" 6-F kılavuz kateter ile yapılabilirken, "V stentleme", ve "simültane kissing stent" gibi aynı anda iki stent geçirilen tekniklerde kullanılacak stent profiline göre geniş lümenli 7-F veya 8-F kateter seçilmelidir.⁷

Optimal Anjiyografik Görüntü

Bifürkasyon yapısının üç boyutlu olması nedeniyle görüntü alırken bifürkasyon açısının kısılmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir.¹⁰ Bu nedenle bifürkasyonun yan dal ostiumuna dik olan en iyi görüntülendiği açının bulunması için uğraşılmalıdır. Genellikle bu açı ana koroner arter bifürkasyonlarında caudal LAO ya da RAO, LAD-Diyagonal bifürkasyonlarında A-P cranial, Cx proksimal OM bifürkasyonlarında caudal hafif RAO ya da LAO, distal Cx bifür-

kasyon lezyonlarında cranial hafif RAO ya da LAO, Distal RCA lezyonlarında A-P cranial'dır. Cx ostiumun optimal görüntüsü %40 olguda tam olarak alınamaz. Bu durumda IVUS ile lezyon değerlendirilmelidir. CT görüntüsü varsa faydalanabilir.

Stentleme Teknikleri

Bifürkasyon lezyonlarında balon anjiyoplastinin işlemsel başarı oranı düşük, komplikasyon ve restenoz oranı yüksektir.⁴⁻⁷ Aterektomi işlemin başarı şansını arttırsa da restenoz oranını düşürmemektedir. Bu nedenle bifürkasyon işlemlerinde stentleme tercih edilmektedir.

Bifürkasyon lezyonlarında stent uygulaması gerçek bifürkasyon lezyonu varlığına bağlı olarak 2 şekilde yapılmaktadır.⁹⁻¹⁴ Lezyon ana dal ve yan dalda anlamlı darlık (\rightarrow %50 darlık) yaratıyorsa ve lezyon uzunluğu yan dal ostiumunda 5 mm'yi geçiyorsa ve yan dal çapı 2 mm'nin üzerinde ya da büyük bir alanı besliyorsa bu lezyon gerçek bifürkasyon lezyonu olarak adlandırılmaktadır (Tablo 1).

Gerçek bifürkasyon dışındaki lezyonlara gerekirse ("provisional") yan dal stentlemesi stratejisi uygulanırken gerçek bifürkasyon lezyonlarında sadece yan dalı kaybetme riski yoksa "provisional" yaklaşımları, eğer kaybetme riski varsa iki dalda stentlenmelidir (Çift stent stratejisi).⁹⁻¹⁴

| GERÇEK BİFÜRKASYON |
|--|
| Ana dal ve yan dalda >%50 darlık |
| + |
| Lezyon; yan dal ostiumu >5 mm |
| + |
| Büyük bir yan dal >2 mm ya da büyük bir alanı besleyen yan dal |

Yan Dal Ne Zaman Önemlidir?

Yan dal büyükse ($>$ 2 mm) ya da büyük bir alanı besliyor ise önemlidir ve mutlaka korunması gerekir. Önemli bir yan dalın kaybedilme riski varsa başlangıçtan bu dalında stentlenmesi gerekmektedir (Çift stent).

Yan dalın çapı dışında uzunluğunun da dikkate alınması gereklidir. Yapılmış olan bir BT anjiyografi ve FFR çalışmasında 73 mm'den daha uzun yan dalların miyokardın yüzde 10'unu beslediği gösterilmiştir.¹⁵ Aynı zamanda 1. Diyagonal ve Cx OM dallarının önemli bir miyokard alanını beslediği unutulmamalıdır.

Sonuç olarak yan daldaki darlık derecesi ile birlikte yan dalın çapı ve uzunluğu yan dalın korunup korunmayacağını ya da baştan stent uygulanması gereksinimini belirleyen en önemli parametrelerdir. Genellikle büyük bir yan dalda ciddi bir darlık ostiyumu >5mm geçiyorsa başlangıçta yan dala stent konması önerilmektedir (çift stent).

Gerekirse ("Provisional") Yan Dal Stentlemesi

Ana dal stentlendikten sonra gerek olursa 2. bir stent yan dala yerleştirilen bu yaklaşım bifürkasyon lezyonlarında en sık tercih

edilen yaklaşımdır.^{4-7,9-14,16}

.Bu işlemde öncelikle yan dala bir kılavuz tel konulup konulmayacağına karar verilmelidir.⁹⁻¹⁴ (Tablo 2). Yan dal ostiyumunda %50 ve daha fazla darlık mevcutsa (özellikle Medina 1,1,1 ya da 1,0,1 ise) ya da ana dalda yoğun plak yükü ile beraber ana dal ile yan dal arasında bulunan aç 70 dereceden az ise işlemde yan dalın tıkanma riski artmaktadır. Yan dalda tıkanma riski var ise seçilecek stentin geniş hücreli olmasına (tercihen köprü sayısı az olan) dikkat edilmelidir.

İşlem sırasında yan dalda tıkanma olabileceği düşünülüyorsa ve yan dal çapı 2 mm'nin üzerinde ise kılavuz telle korunması mutlaka düşünülmelidir. Yan dal 2 mm'nin üzerinde olsa bile eğer lezyon yaygınsa ya da çok küçük bir alanı besliyorsa kılavuz tel konulmasına gerek yoktur.⁹⁻¹⁴ Yan dala yerleştirilen kılavuz tel ana dal ile yan dal arasındaki açının azalmasına neden olarak yan dala geçişi kolaylaştırmakta, ayrıca mekanik etkiyle yan dala plak kaymasını azaltmaktadır. Ana dalın stentlenmesinden sonra yan dal tıkanırsa bu daldaki tel yol gösterici olarak da işe yarayabilir.¹⁶

Ana dal ile yan dal arasındaki açının azalması yan dala uygulanacak olan anjiyoplasti ve stentleme işleminin kolaylaşmasını da sağlar. Yan dala konan bu kılavuz tel aynı zamanda kılavuz katatere destek sağlayarak yan dala balon geçişini bir miktar kolaylaştırıldığı gibi yan dalın ana dala stent konduktan sonra tıkanması durumunda bu tel üzerinden düşük profilli bir balon ile geçilerek balon yapılmasında olanak sağlamaktadır.

Yan dala kılavuz tel konulması planlanıyorsa bazı hususlar açısından dikkatli olunması gerekmektedir. Önce daha zor girilebilecek olan dala kılavuz tel yerleştirilmelidir. Sonrasında ikinci tel olduğunça 180 dereceden daha az rotasyon yapılarak yerleştirilmelidir. Yan dala yerleştirilecek olan tel hidrofilik olmamalıdır.¹⁷ Yan dala geçiş sağlanamaması durumunda ana dal artan balon çapları kullanılarak genişletilebilir, rotablatör ya da aterektomi gibi yöntemler kullanılabilir. Bu işlemler sırasında yan dalın tıkanma riski olmakla beraber avantajı ana dalda bulunan plak miktarını azaltması ve böylece kılavuz telin yan dala geçişini kolaylaştırabilmesidir. Yine hastaya derin inspirasyon yaptırılarak RCA'nın distal dallarındaki açılanma oranı azaltıp telin PDA'ya girişi kolaylaştırabilir.¹ Eğer bütün bunlara rağmen yan dala geçiş sağlanamazsa ve bu dal büyük bir alanı beslemekteyse cerrahi seçeneği de düşünülmalıdır.⁷

Yan dala kılavuz tel yerleştirildikten sonra hem ana dal hem de yan dala predilatasyon işlemi uygulanıp uygulanmayacağına karar verilmesi gerekir.^{4-7,9-14} Gerek duyulması halinde işlemin bu aşamasında ana dal ve/veya yan dala aterektomi (kesici balon, "FX mini RAIL") ya da aterektomi (rotablatör) işlemleri yapılabilir.¹⁸ Ana daldaki lezyona mutlaka yeterli bir predilatasyon yapılmalıdır.

Yan dala predilatasyon yapılması ise tartışmalı bir konudur. Yan dala yapılan predilatasyon ana dalın stentlenmesi sırasında yan dalın tıkanmasını genellikle engellemekte, yan dalda oluşabilecek diseksiyon ana dal stentlendikten sonra yan dala geçişi zorlaştırmakta, ileride restenozu tetiklemekte veya baştan yan dalın stentlenmesi ile sonuçlanmaktadır. Bu yüzden yan dalın rutin predilatasyonu önerilmemektedir. Ancak ostiyumda önemli darlık bulunan 2 mm'nin üzerinde tıkanma riski yüksek bir yan dal ise, ciddi kalsifikasyon içeriyorsa ya da yan dala geçişin zor

olabileceği düşünülüyorsa ya da tel ile geçtikten sonra akım yavaşlamış ise küçük bir 'NC' balon ile predilatasyon yapılabilir (5,6, 9-14). "Kissing" predilatasyonun yararı gösterilmemiş, hatta carina'nın yer değiştirmesine ve proksimal ana dalda disseksiyona sebep olabileceği gösterilmiştir. Düşük basınçla yapılan 'kissing' predilatasyonun faydalı olabileceğine dair son zamanlarda yayınlar bulursa da şu an için önerilmemektedir.¹⁹ Bu nedenle predilatasyon yapılacaksa her iki dala ardışık olarak yapılmalıdır. Ana dalın predilatasyonu sonrası yan dalda önemli daralma/tıkanma gerçekleşirse işleme ne şekilde devam edileceğine yan dal çapına göre karar verilmelidir. Yan dal çapının 2 mm'nin altında olması durumunda sadece klinik olarak gereklilik varsa ana dal stentleme işleminden önce yan dal dilatasyonu yapılmalıdır (Tablo 2). Yan dal çapı 2 mm'den genişse ana dala stent yerleştirilmeden önce mutlaka dilate edilmeli, 2,5 mm'den geniş olması durumunda ise dilatasyon yapıldıktan sonra ana dal ile birlikte yan dalın da stentlenmesi düşünülmelidir.^{1-2,4}

Ana damar ile yan dal arasındaki aç ve yan dalın çapı ana damara yerleştirilmesi planlanan stentin seçiminde önemlidir. Ana ve yan dal arasındaki bu aç 90 dereceden ne kadar küçük olursa yan dal ostiyumunun çapı o kadar geniş olacaktır.¹ Bu aç küçükse ve yan dalın çapı büyükse geniş hücreli stent tercih edilmelidir.

Ana dala yerleştirilecek stentin çapı distal çapa uygun olmalı ve ilaç salınımlı stent seçilmelidir. Ana dala yerleştirilecek stentin çapı distal çapa uygun olarak yerleştirildiğinden bifürkasyonun proksimal ve distali arasında çap farkı meydana gelmekte proksimaldeki stent damara tam oturamamaktadır.⁹⁻¹⁴ Bu nedenle proksimal kesim daha geniş ve kısa balonlarla genişletilerek stentin proksimal kesimde tam oturması sağlanır. Bu işleme 'proximal optimization technique' ('POT') adı verilmektedir. Bu işlem stentin proksimal kesimde tam oturma sağladığından yan dala geçişlerde telin strut altından gitmesinide engeller. POT işlemi aynı zamanda yan dal ağzına doğru olan stent strutlarının açılarak yan dal ağzının açılmasını ve dolayısı ile kılavuz tel ile yan dala geçişin daha rahat olmasına yol açar. POT işlemi sonrasında ile kılavuz tel ile yan dala geçilemiyorsa tekrar bir POT yapılarak yan dal ağzına doğru olan stent strutlarının daha da açılması sağlanarak geçiş sağlanabilir.

'POT' işlemi genellikle ana dala konulan stent çapına uygun ≥ 6 mm bir NC balon ile (> 18atm.) yapılır.⁹⁻¹⁴ Operatörün ulaşmak istediği çapa bağlı olarak 'complan' bir balonda 'POT' işleminde kullanılabilir. Sert ve kalsifik lezyonlarda yan dal telinin stent altında sıkışmaması için aşırı genişletmeden kaçınılmalı gerekirse yan dal teli çıktıktan sonra 'POT' işlemi tekrarlanmalıdır. 'POT' işlemi göz önüne alınarak işleme başlamadan konulacak ilaç salınımlı stent (İSS)'nin maksimum genişleme aralığının hesaplanması ve ona göre seçilecek stentin belirlenmesi gerekmektedir.

'POT' işlemi sırasında balonun distal markırı karinanın hemen öncesinde olmalı ve proksimal markırıda stentin proksimalini geçmemelidir.⁹⁻¹⁴ Eğer distal markır karinayı geçerse karinanın yan dala kayıp yan dalı tıkanmasına ve bu dala yapılacak girişimlerin başarısız olmasına yol açar. Karinadan çok proksimalde kalırsa yan dal ağzına doğru olan stent strutları açılmaz dolayısıyla yan dal ağzının tam olarak açılması sağlanamaz. İdeali balonun distal omuzu karinanın tam proksimalinde proksimal ucuda stent içinde kalmasıdır. Eğer proksimal markır stentin proksimalini geçerse

bu bölgede disseksiyona ve damar hasarına yol açabilir. Yanlız burada balonda kısa kalmamalıdır. Eğer kısa kalırsa bir miktar geri çekilerek proksimal kesim mutlaka proksimal çapa uygun bir şekilde 1:1 oranında dilate edilmelidir.

'POT' işlemi yapıldıktan sonra yan dala bir girişim yapıp yapılmayacağına karar verilmelidir.⁹⁻¹⁴ Genel olarak ana ve yan daldaki sonuç yeterli ise işlem sonlandırılır. TIMI 3 akım ile beraber göğüs ağrısı ve EKG'de değişiklik olmaması özellikle küçük yan dallarda yeterli sonuç olarak kabul edilir.

Yan daldaki sonuç yeterli değilse sadece yan dala yapılacak olan balon dilatasyonu stent strutlarının açılarak stentin yapısının bozulmasına, 'carina' nın ana damara doğru kaymasına ve ana dal ağzının karşısında malapozite strutların oluşmasına yol açar. "Kissing" balon ya da 'POT-side-POT' işlemi bu olumsuzlukları düzeltir.

"Kissing" balon işlemi yapılmayan "Provisional" yan dal stentlemelerinde yan dalda ölçülen FFR<0.75 ya da bu bölgede iskemi gözlenirse de bu alan sol ventrikül miyokardının %10'dan fazlasını nadiren etkiler. Bu nedenle yapılmış olan çalışmalarda rutin "Kissing" balon işleminin klinik olaylarda bir iyileşim göstermediği saptanmıştır.²⁰ Ayrıca "Kissing" balon işlemi ana daldaki stentte eliptik deformasyona, stentin proksimalinde aşırı genileme yaratark duvar geriliminin artmasına dolayısıyla intimal hiperplaziye, strut ve polimer hasarına, kenar disseksiyonuna neden olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda ana daldaki restenozu 3 kat arttırdığı gösterilmiştir.¹² Bu nedenlerden dolayı yan dal önemli bir yan dal ve yan dalda akımı engelleyen bir disseksiyon, yavaş akım; ← TIMI 3 ya da %75 ve üzeri bir darlık oluşmuş ise "Kissing" balon ya da 'POT-side-POT' işlemi yapılmalıdır.⁹⁻¹⁴

Yan dala girişim kararı verirken FFR'den de yararlanılabilir. Koo ve arkadaşlarının bir çalışmasında, ana dala stent implantasyonu sonrası yan dal ostiyumunda % 75'in altında darlık kalan olguların tümünde FFR 0,75 üzerinde bulunurken, %75 ve üzerinde rezidüel darlık olan 73 olgunun sadece 21'inde darlık fonksiyonel olarak anlamlı bulunmuştur.²¹ DKCRUSH-VI çalışmasında da FFR kılavuzluğunda yapılan bifürkasyon işlemlerinde yan dala stent gereksinimi azalmış ve anjiyografi kılavuzluğunda yapılan "Provisional" yan dal stentlemesi ile benzer klinik sonuçlar saptanmıştır.²²

Akılda tutulması gereken bir gerçek FFR düşük çıksa bile iskemi yoğunluğu düşük olabilmektedir. Yapılmış olan bir çalışmada ana koroner arter yan dallarının %97'sinin ana koroner dışı yan dalların ise ancak %21'nin miyokardın %10'dan fazlasını beslediği gösterilmiştir. Aynı zamanda eğer bir yan dal 73 mm' den daha uzunsa o yan dal miyokardın %10'dan fazlasını beslemektedir.²³

Ana koroner artere "Provisional" yan dal stentlemesi yapılan hastalarda Cx arterde FFR<0.80 ise 5 yılın sonunda TLF daha yüksek bulunmuştur.²⁴

Asya-Pasifik Bifürkasyon kılavuzu yan dala girişimin kesin bir prognostik yararının gösterilmemesinden dolayı işlem kararı almak için FFR sınırını biraz daha konservatif olarak daha düşük ≤ 0.75 olarak kabul etmektedir.¹²

Yan dala bir girişim kararı alındıysa öncelikle 2. bir kılavuz tel yan dala yerleştirilir. Yan dala yerleştirilmesi planlanan bu telin ana daldaki stentin strut altından geçmemesine dikkat edilmeli ve yan

dala ana daldaki stent strutlarının distalinden geçilerek ulaşılması gerekmektedir. Bu telin distalden geçmesi yan dal ağzında stent açıklığının sağlanabilmesi için çok önemlidir. Bu nedenle yan dal telinin ana daldaki stentin distal strutlarından geçtiğinden emin olunmalı, gerekirse tekrar denenmelidir.

Bu işlem sırasında yan dalda bulunan 1. kılavuz tel 2. tel yerleştirilmeden çıkartılmaz. Yan dala yerleştirilecek 2. tel seçilirken başlangıçta ana dala yerleştirilmiş olan tel ya da başka bir tel kullanılabilir. Önce yumuşak uçlu ("floppy"), sonra orta sertlikte ("intermediate") bir tel denenir, bununla da yan dala geçilemezse hidrofilik bir telle başarı sağlanabilir.^{4-7,17} Bu işlemler esnasında gerek duyulması halinde balon desteği kullanılarak yan dala geçiş denenebilir. Ancak yan dala geçiş sırasında ana daldaki plak lokalizasyonu ve/veya yan dalın çıkış açısı gibi nedenlerle bazı vakalar çok zor olabilir. Bu gibi durumlarda ana dal stentinin proksimalinin daha yüksek basınçla dilate edilmesi stent strutlarında daha fazla açılmaya ve plak dağılımında değişmeye olanak vererek telin geçmesini kolaylaştırabilir.⁴⁻⁷ Yan dala yerleştirilen telin ne çok distalde olması (telin stent altında hapsolme riski artmaktadır) ne de yumuşak bölümünün stent altında kalmaması (telin sıyrılma riski artmaktadır) gerekmektedir.

Yan dala 2. tel yerleştirilip daha sonra yan daldaki ilk tel çekilerek (tercihen 'torquer' ile 'clockwise' ve 'cclockwise' rotasyon ile çok yavaş bir şekilde) eğer ana daldaki tel ile yan dala girilmiş ise ana dala yerleştirilir değilse tamamen çıkartılır.⁴⁻⁷ Ana daldaki stentin altında kalan bu telin geri çekilme işlemi esnasında kılavuz kateterin ana koroner artere derin bir şekilde oturabileceği ve disseksiyon yaratabileceği hatırlanmalıdır. Bu nedenle yan daldaki tel geri çekilirken dikkatli olunmalı, kılavuz kateter sabit tutulmaya çalışılmalı, gereklilik halinde aortaya doğru geri çekilmelidir.⁴⁻⁷

Yan dala 2. tel geçtikten sonra ya "Kissing" balon ya da 'POT-side-POT' işlemi yapılır.⁹⁻¹⁴ Her iki işlemde de yan dalın çapına uygun bir balon ile yan dala geçilerek dilatasyon yapılmalıdır. Bazen bu işlem sırasında yan dala balon geçmez. Bu durumda düşük profilli 1,5 mm'lik bir balon denenmelidir.¹⁷ Bununla da geçiş sağlanamaması kılavuz tellerin birbirine dolanmış olabileceğini düşündürür. Bu durumda ana daldaki kılavuz tel geri çekilir ve daha sonra tekrar yerleştirilir. Bunların yapılmasına rağmen yan dala yine de geçiş sağlanamaması halinde ana daldaki stentin proksimali ('POT') dilate edilerek strut aralıklarının daha fazla açılması sağlanabilir. Tüm bu yapılan işlemlere rağmen yan dala balon geçmiyorsa farklı bir kılavuz telle farklı bir strut aralığından geçilmeye çalışılır.

Yan dala geçirilen balonun proksimal ucu ana daldaki stent strutlarını geçmemelidir. Daha ileride balon şişirilip indirildiğinde yeterince katlanmayıp geri çekilirken bu strutlara takılabilir ("baloon jailing").¹ Yan dalın dilatasyonu sırasında patlama basıncını geçmemeye dikkat edilmelidir. Balonun patlaması halinde ana daldaki stentin strutlarının arasından geri gelmeyebilir.^{1,4,8-10} Yan dal disseksiyon riskinin 'NC' balon ile daha az olması nedeni ile yan dalın çapına uygun bir 'NC' balon ile 1:1 oranında dilate edildikten sonra "kissing" balon ya da tekrar 'POT' işlemine geçilir. Bu işlemler öncesinde ana dalda yüksek basınç uygulamaya gerek yoktur.

"Kissing" balon işlemi sırasında yan dal ve ana dalda kullanılacak olan balonların çapı arterle 1:1 oranında ya da 0.5 mm daha az olmalıdır.¹⁴ Her iki balonda kısa olmalı tercihen NC seçilmeli,

proksimal uçları aynı seviyede olmalıdır. 'Bench' testlerinde ana lümeninde balonların mümkün olduğunca kısa olması, ana dal ve yan dal balonlarının ardışık şişirilmesi (NC balonlar ile ≥ 16 atm.) sonrasında her iki balonunda aynı anda şişirilip (şişirme biraz uzun tutulmalıdır) indirilmesinin en iyi sonucu verdiği gösterilmiştir.^{4,7} "Kissing" balon işlemi sırasında balonların proksimal seviyeleri eğer aynı seviyede olmaz ise işlem sonrasında 'bottleneck' etkisi meydana gelir. Bu durumda stentin proksimali tam olarak duvara yapışmaz. Bunun mutlaka 'POT' ile giderilmesi gerekmektedir. "Kissing" balon sonucu yeterliyse 'POT' işlemi ile işlem sonlandırılır.

"Kissing" balon işlemi deneysel bir çalışma ve klinik bir dayanağı olmadan teknik bir görüş olarak randomize çalışmalarda 2000'li yıllarda uygulanmaya başlanılmıştır. 2013 yılında yapılan IVUS çalışmaları aslında "Kissing" balon işlemi sırasında yan yana konulan iki balonun eliptiklik indeksini proksimal ana dalda arttırarak stentin asimetric bir şekilde aşırı gerildiğini göstermiştir. Bu da İSS yüzeyinin hasar görmesine ve restenoza yol açmaktadır. Buradan yola çıkarak 'POT-side-POT' işlemi gündeme gelmiş ve 2018 yılındaki EBC'nin 12. Dökümanında 'POT'-kiss-'POT' işlemi yerine uygulanabileceği bildirilmiştir.⁹ Yapılan çalışmalarda 'POT-side-POT' işleminin "Kissing" balon işlemine göre proksimal ana dalda stenti germeden en iyi dairesel konumu oluşturduğu, yan dal tıkanıklığını ve malapozisyonu en aza indirdiğini ve akışı en iyi şekilde koruduğu gösterilmiştir. Aynı zamanda "Kissing" balon işlemine göre başarı şansı çok daha yüksek olup 5Fr kılavuz katater ile bile yapılabilmektedir.²⁵

'POT-side-POT' işleminde ana dal proksimal kesimine uygun çapta 'Compliant' bir balon 1:1 oranında şişirilir.^{9,10} 'POT' işlemi yapıldıktan sonra yan dala distalden geçilerek yan dalın çapına uygun olarak 'Compliant' bir balon ile 1:1 oranında yan dal dilate edilir. Başlangıcında uygulanan 'POT' işlemi tekrarlanarak işlem bitirilir.

'POT-side-POT' işlemi mi ya da 'POT'-kiss-'POT' işlemi mi daha iyi sonuç vermektedir sorusu gündemini korumaktadır. 2018 yılındaki EBC toplantısında her ikisinde uygulanabilir sonucu çıksa da 2019 yılındaki EBC toplantısında henüz bir klinik veri olmasa da eğer kuralına göre yapılırsa stent deformasyonuna daha az sebep olmasından dolayı 'POT'-kiss-'POT' işleminin tercih edilmesi yönünde bir görüş birliği oluşmuştur (9,10). Bilinmelidir ki 'POT-side-POT' işleminde yan dala yapılan balon sırasında ana dalda oluşan stent deformasyonu ancak yan daldaki tel distalden geçmiş ise 'POT' işlemi ile düzeltilebilmektedir.

"Kissing" balon ya da 'POT-side-POT' işlemi sonucunda yan dalda sonuç yeterli değilse "T stentleme" "TAP" ya da "Culotte" uygulanarak yan dal da stentlenir.^{4,9-14} Ana dala stent konduğunda yan dalın kaybedilceği öngörüülüyorsa "DK Crush" ya da "Inverted T", "Inverted TAP" ya da "Inverted Culotte" teknikleri uygulanır.⁹⁻¹⁴

"Provisional" yan dal stentlemesinin avantajları kolay uygulanabilirliği, daha az metal yükünün bulunması, restenoz gelişirse tedavisinin daha kolay ve tromboz sıklığının daha az olması olarak sıralanırken dezavantaj olarak yan dal ostiumunda darlık kalabilmesi ve yan dala stent gerekirse stenti ana dal stentinden geçirmede zorluk şeklinde söylenebilir.

Yan Dalı Koruma Teknikleri

Bifürkasyon lezyonlarında işlem sırasında ana dala stent yerleşti-

ridiğinde %10-40 oranında 'carina' ya da plak kayması sonucunda yan dalın ağzında daralma oluşmaktadır.^{3,4-7} FFR çalışmalarında anjiyografik olarak oluşan darlık derecesi ile fonksiyonel ciddiyet arasında uyumsuzluk gözlemlendiğinden bu daralmalara nasıl yaklaşılacağı tartışmalıdır.^{26,27}

Tablo 2. Farklı klinik tablolarda yan dalın çapına göre yapılacak olan işlemler.

| KLİNİK DURUM | <2,0 mm | 2-3 mm | >3,0mm |
|---|--|---|--|
| Yan dalda yüksek tıkanma riski | Yan dala tel yerleştirilebilir | Yan dala tel yerleştirilmelidir Ana dal stentlenmeden önce yan dal dilate edilmelidir | Yan dala tel yerleştirilmelidir Ana dal stentlenmeden önce yan dala dilatasyon ve/veya doku azaltılması yapılmalıdır Her iki dala da stentleme düşünülmesi gerekir |
| Yan dalda düşük tıkanma riski | Yan dala tel yerleştirmeye gerek yoktur | Yan dala tel yerleştirmeye gerek yoktur | Yan dala tel yerleştirmeye gerek yoktur |
| Ana dalın dilasyonu sonrası yan dalın akımında bozulma oluşması | Klinik gereklilik halinde ana dal stentlenmeden önce yan dala tel geçirilerek dilatasyon yapılır | Ana dal stentlenmeden önce yan dala tel geçirilerek dilatasyon yapılır. >2,5mm ise her iki dalın stentlenmesi planlanır | Ana dal stentlenmeden önce yan dala tel geçirilerek dilatasyon yapılır. Her iki dalın stentlenmesi planlanır |
| Ana dal stentlenmesi sonrası yan dal akımında bozulma oluşması | Klinik gereklilik halinde yan dala tel geçirilerek dilatasyon yapılır | Yan dala tel geçirilerek dilate edilir >2,5mm ise yan dalın da stentlenmesi planlanır | Yan dal da stentlenmelidir |

İşlem öncesinde yan dalda tıkanma oluşabileceği öngörülebiliyorsa çeşitli tekniklerden faydalanabilir.²⁸⁻³¹ Bu tekniklerin başlıcaları konvensiyonel hapsolmuş tel tekniği ve hapsolmuş balon teknikleridir.

Hapsolmuş tel tekniğinde yan dala konulan tel ile yan dalın tıkanma olasılığı azalmakta, yan dal açısı modifiye olmakta ve yan dala tekrar geçişte bu tel kılavuz görevini sağlamaktadır. Fakat buna rağmen yan dalda ciddi tıkanma %9 oranında gözlenmekte ve rekanalizasyon başarılı olamamaktadır. Yan dalın tıkanması ise stent trombozunu 6 kat, kardiyak ölümü ise 4 kat arttırmaktadır. Akım sağlansa bile kardiyak ölüm riski yinede yüksek kalmaktadır.

Yan dalı daha iyi koruyabilmek için 2010 yılında Burzotta ve arkadaşları ilk kez konvensiyonel hapsolmuş balon tekniğini yayınlamışlardır.³² Konvensiyonel hapsolmuş balon tekniğinde her iki dala kılavuz tel yerleştirildikten sonra ana dala konulacak olan stent ve yan dala proksimal işareti stentin proksimal işaretinden daha proksimalde olacak şekilde yarı kompliyan uzun bir balon konum-

landırılır. Ana dala konulacak olan stent yerleştirildikten sonra yan dal değerlendirilir. Eğer yan dal tıkanmamış ise yan dala konumlandırılan balon çekilir ve kısa bir balon ile 'POT' işlemi gerçekleştirilir. 'POT' sonrası yan dala tekrar geçilerek 'kissing' balon işlemi gerçekleştirilir. Eğer yan dal tıkanırsa yan dala hapsedilmiş balon şişirilerek yan dalın akımı sağlanır. Bu işlem sırasında ana daldaki stentte bozulma meydana gelir. Yan dal balonu şişirilirken ana daldaki stentin proksimalinde kısa bir balon konumlandırılmalıdır. Yan dal balonu şişirildikten sonra geri alınır. Bundan sonraki basamaklar aynı olup 'POT', yan dala tekrar tel ile geçiş ve final 'kissing' balon işlemidir. Yan dal balonu geri alınırken oluşan direnç yan dala hapsedilmiş teli çekerken karşılaşılan direnç kadardır. Fakat bazen daha fazla bir direnç ile karşılaşılabilir. Bu durumda kuvvetli çekmekten çok balonu hafif şişirilerek çekilmesi önerilmektedir.

Yan dalın tıkanması 1/19 vakada gözlense de bu yöntemin dezavantajı, yan dal tıkanığında bazem işlem komplike bir hal alır. Yan dal balonu şişirilirken ana daldaki stentin proksimalinde kısa bir balon konumlandırılmalıdır. Ana daldaki stentte oluşabilecek en ufak bir bozulma bu balon ile düzeltilmelidir. Kalıcı bir bozukluk tellerin geçişini engelleyebilir. Bozulma düzeltilmeye çalışılırken kenar disseksiyonları oluşabilir. Yan dala stent gereksinimi doğarsa 'inverted provisional crush' tekniği önerilmektedir. Fakat ana daldaki kalıcı bir bozukluk oluşursa yan dala stenti geçirmek çok zor olabilmektedir.

Yan dalı daha iyi koruyabilmek konvensiyonel hapsedilmiş balon tekniğinin birçok modifikasyonu geliştirilmiştir. 2012 yılında Singh ve arkadaşları hapsedilmiş balon tekniğinin daha basit bir şekli olarak basitleştirilmiş hapsedilmiş balon tekniğini bildirmişlerdir.³³

Bu teknikte ana ve yan dala kılavuz tel yerleştirildikten sonra yarı kompliyen bir balon ile ana dala predilatasyon uygulanır. Ana dala konulacak olan stent ve yan dala proksimal işareti stentin proksimal işaretinden daha proksimalde olacak şekilde yarı kompliyen uzun bir balon konumlandırılır. Ana dala konulacak olan stent yerleştirildikten sonra yan dal değerlendirilir. Eğer yan dal tıkanmamış ise yan dala konumlandırılan balon düşük basınçla (3 atmosferden daha düşük) şişirilir indirilir ve yan daldaki kılavuz tel ile beraber geri çekilir. Eğer yan dal tıkanmış ise rutin balon işlemi uygulanarak yan dal akımı sağlanır. Bu işlem sonrasında ana daldaki malapozisyon gelişir. Bu gelişen malapozisyon diğer teknikte olduğu gibi kısa bir balon ile değil stentin kendi balonu ile nominal seviyenin üzerine çıkılarak giderilmeye çalışılır. 'Kissing' balon işlemi yapılmaz. Bu teknik uygulanan 102 hastanın sadece 9'da tekrar kılavuz tel ile yan dala geçmek gerekmiş, bu hastalardan 2'si de stent gereksinimi doğmuştur.

Bu teknik konvensiyonel hapsedilmiş balon tekniğinden daha basit olmakla beraber kompliyen stent balonu ile stentin proksimal optimizasyonun yapılması tartışmalıdır. Stentte kenar disseksiyonuna ya da stentin proksimalinin tam olarak açılmamasına yol açabilir. Aynı zamanda yan dal tıkanmasa bile düşük basınçla yan dala balon uygulanması gereksizdir. Yukarıda bahsettiğimiz 102 hastanın %74'ü IVUS ile değerlendirilmiş ve bu hastaların %41'de girişim ihtiyacı doğmuştur. Bu gerçekten çok önemli bir veri olup hapsedilmiş balon tekniği kullanıldığında IVUS kullanılmaz ise yüksek oranda suboptimal bir sonuç alınma olasılığını gözler önüne sermektedir.

Basitleştirilmiş hapsedilmiş balon tekniği ümit verici olsa da yan dalın tıkanmasını tamamen önleyememektedir. Bu nedenle bu tekniğin bir modifikasyonu olan yarı şişirilmiş hapsedilmiş balon tekniği geliştirilmiştir.³⁴ Bu teknik balon uzunluğu ve pozisyonu açısından basitleştirilmiş hapsedilmiş balon tekniğine benzesede yan dal balonu (yan dal çapına 1:1 oranında olacak şekilde) ana dala stent yerleştirilirken aynı anda düşük basınçla (3 atmosfer) şişirilir. Yan dal balonunun proksimal kısmı stent tarafından komprese olurken distal kısmı tamamen yan dal ostiyumunu kaplar ve plak kaymasına engel olur. Kısa bir NC balon ile 'POT' yapılarak işlem sonlandırılır.

Teorik olarak balon profilinin bozulması nedeniyle stent altında hapsedilme olasılığı olsada şu ana kadar böyle bir durumla karşılaşılma olmamıştır. Diğer bir kaygı ise yan dal ostiyumunda travma oluşmasıdır. Fakat otörler bunun da çok düşük basınç ile balon şişirildiğinden pek karşılaşılmadığını bildirmişlerdir. IVUS çalışmaya alınan %25 hastada uygulanmış stentin %16.3 hastada tam açılmadığı %5.4 hastada ise proksimalde kenar disseksiyonu olduğu gözlenmiştir. Yarı şişirilmiş hapsedilmiş balon tekniğinin basitleştirilmiş hapsedilmiş balon tekniğinin sonuçlarından daha iyi olması NC balon ile 'POT' işlemi yapılmasını sağlar. Ermiş ve arkadaşları bu yöntemi uyguladıkları 64 hastanın sadece 5'de yan dala girişim gereksinimi duymuşlardır.³⁵

Modifiye hapsedilmiş balon tekniğini ise Saito ve arkadaşları 2018 yılında yayınlamışlardır.³⁰ Bu teknikte yan daldaki balonun proksimal işareti ana dala yerleştirilecek olan stente temas edecek şekilde konumlandırılır. Yan dal balonun çapı ana dala yerleştirilecek olan stent çapının yarısı olmalı fakat yan dal çapını geçmemelidir. Ana dal stenti ve yan dal balonu aynı anda şişirilerek geri çekilir. Tekrar her iki dala geçilerek operatörün tercihinin göre 'kissing' balon işlemi uygulanır. Yan dala stent gereksinimi doğarsa T-stent ya da 'TAP' stent tercih edilir. Yan dal ağzında ana dala stent yerleştirilirken balon şişirilmesi 'carina' nın kaymasını engellerken 'carina' nın santral pozisyonunda kalmasına dolayısıyla yan dalın tıkanmamasına yol açar.³⁶

Saito ve arkadaşları uyguladıkları 254 vakanın sadece 1 tanesinde yan daldaki tıkanma gözlemlenmişler, hapsedilmiş balon ve yarı şişirilmiş hapsedilmiş balon tekniklerine göre 'eccentricity' indeksini daha düşük bulunmuştur. Zhang ve arkadaşları da bu teknik ile yaptıkları vakalarda 9. ay takiplerinde herhangi bir olumsuz olaya rastlamamışlardır.³⁷

Balon stent 'kissing' tekniği ise modifiye hapsedilmiş balon tekniğinden farklı olarak yan dala konan balonun biraz daha proksimalde çekilerek stentin proksimaline çıkmadan uygulanan bir tekniktir.³⁸ Teorik olarak balonun hapsedilme ihtimali ve stentte hasar oluşması her iki teknikte de bulunsa şu ana kadar bildirilmemiştir.

Hapsedilmiş stent balon tekniği ise aynı zamanda çift stent stratejisi olup Shpigel ve arkadaşları tarafından 2018 yılında bildirilmiştir.³⁹ Bu teknikte ana dal ve yan dala predilatasyon uygulandıktan sonra yan dala stent yerleştirilir. Yan dal yerleştirilen stentin balonu biraz geri çekilerek ana dala stent yerleştirilir. Ardışık olarak önce yan dal sonra ana dal stent balonları ile dilatasyon uygulanır. Tekrar yan dala tel ile geçilerek yapılan 'kissing' balon ve 'POT' işlemi opsiyoneldir. 34 hastalık bir seride başarı oranı %100 olup 2 yıllık takiplerde 1 hastada hedef damar revaskülarizasyon ih-

tiyacı, 3 hastada da hedef damar revaskülarizasyon ve restonoz gözlenmiştir. Bu metodun başarı oranı çok yüksektir. Yan dala konulan stent yan dal ostiyumunu kapsayacak uygun bir şekilde yerleştirilirse dahi balonu hapsedme riskini almak ne kadar doğru olabileceği tartışmalıdır.

Bütün bu saydığımız tekniklerin bazı vakalarda başarılı olmayabileceği, kompleks olgular ile yoğun kalsifikasyonu olan vakalarda hapsolmuş balonu geri çekmenin zor olabileceği hatta çekilemeyen vakalar olduğu akılda bulundurulmalıdır. Bu tekniklere ait randomize kontrollü bir çalışma olmasada belirgin bir yan dalın açıklığını koruyabilmek için düşünülmelidir. Bu teknikler kullanılırken yan dalın proksimalindeki stentin iyi açıldığı ve duvara oturduğundan emin olunmalı gerekirse IVUS kullanılarak işlem sonlandırılmalıdır.

İki Dalın Stentlenmesi

Bir çok bifürkasyon stentleme yöntemleri bulunsada (Y, 'skirt', V, "simultane kissing stent", T, modifiye T, "TAP", "Crush", "Reverse Crush", "Step Crush", "DK Crush", "Inverted Crush" ve "Culotte") günümüzde Avrupa bifürkasyon kulübü T, "TAP", "Culotte" ya da bunların 'Inverted' şekillerini ve "DK crush" tekniğinin kullanılmasını önermektedir.⁹⁻¹⁴ Diğer tekniklerin tarihsel önemi olup günümüzde kullanılmamaktadır. Bu nedenle burada özellikle bu 4 teknik ve 3 tekniğin 'Inverted' şekilleri anlatılacak, tarihsel önemi olduğundan V, "simultane kissing stent" ve "Crush" tekniklernde değinilecektir.

Bifürkasyon lezyonlarının büyük bir kısmında "provisional" yan dal stentlenmesi ile yeterli bir sonuç sağlanabilirken yaklaşık %10 oranında yeterli bir sonuç alınamamakta ve yan dalında stentlenmesi gerekmektedir.⁴⁻⁷ Bu durumda ostium yeterli bir şekilde gösterilebiliyorsa ve açı 90 dereceye yakınsa T-stentleme uygulanabilir. Eğer ostium görüntüsü yeterli bir şekilde gösterilemiyorsa 'TAP' ya da "Culotte" tekniği operatörün yatkınlığına bağlı olarak seçilmelidir.⁹⁻¹⁴

"Provisional" yan dal stentlenmesi sonrasında T-stentleme ya da 'TAP' kararı alınırken dikkat edilmesi gereken bir hususta "Kissing" balon ve 'POT' sonrası stentin uzantısının carinaya yakın ya da uzak olup olmadığının değerlendirilmesidir (9-14). Eğer 'kissing' balon öncesi tel ile distalden geçildiyse "Kissing" balon ve 'POT' sonrası stent yan dala doğru (carinaya doğru) T-stentleme ye uygun bir şekilde açılabilir ama eğer tel proksimal bölgeden geçilip "Kissing" balon ve 'POT' yapıldıysa stent yan dala doğru (carinaya doğru) açılmaz. Bu durumda da uygun teknik 'TAP' dır.

Gerçek bifürkasyon lezyonlarında ana dala stent konduğunda önemli bir yan dalın kaybedileceği öngörülüyorsa baştan her iki dala stentleme yapılmalıdır. Yan dalın kaybedileceğini öngörebilen az sayıda klinik, anjiyografik ya da IVUS parametreleri bildirilmiştir. Yan dalı kaybetme riskini öngörebilen 'DEFINITION', 'RESOLVE' ve 'baseline V-RESOLVE' modelleri tedavi stratejisinde kullanılmaktadır.⁹⁻¹⁴

Yan dal fonksiyonel olarak önemli, klinik açıdan anlamlı ve prognostik açıdan önemli ise çift stent stratejisi tercih edilmelidir.

Baştan her iki dala stentleme kararı alınan hastalarda "DK Crush" veya 'Inverted' T, "Inverted TAP" ya da "Inverted Culotte"

teknikleri uygulanabilir.⁹⁻¹⁴ Hangi teknik seçilirse seçilsin çift stent kararı alındıysa her iki daldaki bulunan lezyonların öncelikle iyi predilatasyon yapılarak hazırlanması şarttır. İşlem sonunda "Kissing" balon işlemi mutlaka uygulanmalı ve final 'POT' işlemi ile bitirilmelidir. "Kissing" balon işleminin başarısını etkileyen parametreler stentin yapısı (stent hücrelerinin düzensiz ve küçük olması), ana daldaki stentin deforme olması ve yan dal ağzında stentlerin 3 tabaka oluşturmasıdır.⁴⁰

Hangi tekniğin seçilmesi için öncelikle bazı püf noktalar değinmek gerekir. Eğer bifürkasyon açısı 70 derecenin üstünde ise T ya da "TAP" teknikleri uygunken, 70 derecenin altındaki açılarda "Culotte" ya da "DK crush" seçilmelidir. "DK crush bifürkasyon açısından bağımsız olarak tüm açılarda uygulanabilir.⁹⁻¹⁴

2006 yılında yapılan 2.Avrupa bifürkasyon kulübü toplantısında lezyon tanımlaması olarak Medina sınıflaması kabul edilirken tekniklerin tanımlaması olarak da MADS sınıflaması kabul edilmiştir. MADS sınıflaması 2020 yılında MADS-2 sınıflaması olarak güncellenmiştir. MADS-2 sınıflamalarında ilk stentin yerleşim yerine göre ana dal proksimali, ana dal yan dal hizası, proksimal lümen-de aynı anda iki stent ve yan dal olarak 4 gruba ayrılarak yapılmaktadır.¹³ MADS-2 sınıflamasında aynı zamanda standart tekniklerin yanında 'inverted' tekniklerde sınıflandırılmıştır.

Çift Stent Teknikleri

T Tekniği

Klasik T tekniği yan dal stentinin ostiyumu kaplayacak ve ana dala çıkmayacak şekilde yerleştirilmesidir.^{4-7,9-14} Bu aşamada "stent pull back" tekniği kullanılabilir. Yeterli bir sonuç alındıktan sonra hem balon hem de tel yan daldan çıkartılır ve ikinci stent ana dala yerleştirilir. Bundan sonra yan dal bir kez daha kılavuz tel ile geçilerek yan dal ostiyumu dilate edilir. İşlem "kissing" balon yapılarak sonlandırılır.

Bu yöntemde önce ana dala stent yerleştirildikten sonra gerekirse yan dala stent yerleştirilir. Bu işlem 'Inverted' T stentlenmesi olarak adlandırılmaktadır.

Bu tekniğin uygulanabilmesi için yan dalın çıkış açısının 90 dereceye yakın olması gerekmektedir. Açı 70 derece ve altında ise klasik T tekniği uygun olmayacaktır .

T tekniği 6-F kılavuz kateter ile uygulanabilmekte, basit olması, her iki dala her zaman rahatlıkla girişim yapma imkanı sağlaması ve iskemi süresinin az olması en önemli avantajlarıdır. En önemli dezavantaj ise çoğu olguda yan dal ostiyumunun tam olarak kapanamamasıdır.

"Tap" ("T Stenting And Small Protrusion") Tekniği

T tekniği ile çoğu olguda yan dal ostiyumunun tam olarak kapanamaması sebebiyle Colombo ve arkadaşları tarafından T tekniği modifiye edilerek bu teknik geliştirilmiştir.^{41, 9-14}

Ana dala stent yerleştirildikten sonra "kissing" balon işlemine kadarki işlemler "Provisional" yan dal stentlenmesindeki ile aynıdır. 'Kissing' balon işlemi sonrasında ana daldaki balon yerinde bırakılarak yan dalın çapına uygun olarak seçilen yan dal stenti proksimal ucu ana dal lümenine hafifçe (oluşacak olan necarina

nın çok kısa olmasına dikkat edilmeli, aynı zamanda ostiumuda atlanmamalıdır. Bu nedenle stentin proksimal ucu ana lümendeki kılavuz tele değdiği yere kadar çekilir) çıkacak şekilde yerleştirilir. Yan dal stenti yerleştirildikten sonra stentin balonu bir miktar geri çekilerek yüksek basınçta şişirilerek yan dal ağzının optimizasyonu sağlanır (bu safhada ana daldaki balon şişirilmeden yerinde durur). Daha sonra ana dal ve yan dal balonları proksimal uçları aynı seviyede olmak üzere aynı anda şişirilip indirilerek "kissing" balon dilatasyon yapılır. Bazı 'Bench' testlerinde ana dal ile yan dalın NC balonlarla ardışık yüksek basınçla şiştikten sonra iki balonunda aynı anda şişirilip indirilmesi ile en iyi sonucun elde edildiği gösterilmiştir. "Kissing" balon dilatasyon sonrası işlem 'POT' işlemi ile sonlandırılır. 'POT' işlemi esnasında 'neocarina' nın santral pozisyonunun bozulmaması için 'POT' işleminin 'neocarina' ya yakın bir yerden yapılmamasına dikkat edilmelidir. Bazı otörler 'POT' işlemine gerek olmadığını söylemektedirler.

Bu teknik basit olmasının yanında "culotte" ve "crush" tekniklerinden farklı olarak metal yükünü fazla arttırmadan çok kısa (≤ 3 mm) ve tek katlı bir yeni karina yaratılarak yan dal ostiyumunu tamamen kaplanmasına olanak sağlamaktadır.⁹⁻¹⁴ Aynı zamanda işlem sonrası "kissing" balon dilatasyonuna her zaman olanak sağlaması bu işlemin en önemli özelliğidir. Yalnız dikkat edilmesi gereken husus yan dal stentinin ana dala çok taşmamasıdır aksi halde daha sonraki işlemlerde ana dal distaline geçmek zor olabilir.

"Culotte" Tekniği

"Culotte" tekniği ilk kez 1998 yılında Chevalier ve arkadaşları tarafından "Provisional" yan dal stentlemesi sırasında ikinci bir stent gereksinimi varlığında uygulanmıştır.⁴² Bu klasik "Culotte" olarak adlandırılır.⁹⁻¹⁴ Klinik açıdan baktığımızda "Culotte" işleminde ilk stent yan dala yerleştirildiğinden aslında bu işlem "inverted Culotte" işlemidir.

Her iki dala predilatasyon yapıldıktan sonra ilk stent daha fazla açılı dala (genellikle yan dala) yerleştirilir. Bunun tek istisnası predilatasyon sırasında az açılı dalda tıkanma ya da diseksiyon gelişmesidir. Stent çapı distal yan dalın çapına göre 1:1 ayarlanmalı stent uzunluğu ise proksimal dalda 'POT' için yeterli uzunluğu sahip olmalı fakat mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Proximal stent çapına uygun olarak 1:1 'POT' işlemi (1. 'POT') yapıldıktan sonra 3. bir kılavuz tel ya da yan daldaki kılavuz tel ile 'pull-back' tekniği kullanılarak 'carina' ya yakın bir yerden ana dala geçilir. Ana dala doğru predilatasyon ya da "kissing" balon işlemi ile strut aralıkları açılır. Bu esnada genellikle tercih edilen yan dalda bulunan telin ikinci stentin altında kalmaması için çekilmesidir. Bu açılan strutlardan ikinci stent distal ana dala doğru ve bifürkasyon proksimalinde ilk stentin proksimalini kavrayacak şekilde yerleştirilir. Stent çapı distal ana dalın çapına göre 1:1 ayarlanmalı proksimalde bulunan ana lezyonu kapsamalıdır. Proximal stent çapına uygun olarak 1:1 'POT' işlemi (2. 'POT') yapıldıktan sonra ana dalda bulunan kılavuz tel ile 'pull-back' tekniği kullanılarak distal bölgeden geçilir. Ana dal ile yan dala kısa NC balonlar yerleştirilerek ardışık yüksek basınçla şiştikten sonra iki balonunda aynı anda şişirilip indirilmesi ile "kissing" balon işlemi uygulanır. İşlem proksimal stent çapına 1:1 uygun olarak proksimal ana daldaki stent boyunca 'carina' ya kadar 'POT' işlemi (3. 'POT') uygulanarak sonlandırılır.

Bu teknikte bifürkasyonun büyük bir kısmı stentler tarafından kaplanır ve proksimal bölümü 2 kat metale maruz kalır.^{4-7,43} Avrupa Bifürkasyon Kulübü her stentin yerleştirilmesinden sonra mutlaka 'POT' işleminin yapılmasını önermektedir. Böylelikle stentlerin proksimal kesimde tam oturması sağlanırken malapoze strut kalması sağlanır. Böylelikle kılavuz tellerin işlem sırasında strut altına kayması da engellenir.

Bu tekniğin en önemli avantajları tüm açılı bifürkasyon lezyonlarında uygulanabilmesi ve yan dal ostiyumunu tama yakın kaplamasıdır. Diğer yandan "provisional" yan dal stentlemesine de imkan verir. "Crush" tekniğinde olduğu gibi bifürkasyon proksimalinin yoğun metale maruz kalması dezavantajdır. Ayrıca stent strutlarından kılavuz telle tekrar geçilerek "kissing" balon yapılması zorlaşmakta ve bu da işlem süresininin uzamasına yol açabilmektedir.

"Culotte" tekniğinde dikkat edilmesi önemli hususlardan biri yerleştirilecek olan İSS'lerin çaplarının ana dalda yeterli genişlemeye sahip olmalarıdır. Dolayısıyla ana dal proksimali ile yan dal arasında 1 mm üzerinde bir çap farkı varsa bu tekniğin tercih edilmesi lazımdır.⁴⁴

"DK Crush ("Sleeve") Tekniği

"DK Crush" (Double kissing crush) tekniği ilk kez 2008 yılında Chen ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır.⁴⁵ Bu teknik "Crush" tekniğinin bir modifikasyonu olup "crush" tekniğinin en önemli kısıtlılığı olan işlem sonu "kissing" balonun başarı şansının artırılması amacıyla geliştirilmiştir. "Crush" tekniği kullanıldığında ana dala stent yerleştirilip ardından kılavuz tel ve balon ile her iki stentin strutlarından geçilerek "kissing" balon ile dilatasyon yapılması her zaman yapılamamaktadır. "DK Crush" tekniğinde ise farklı olarak her iki stentin strutlarından ayrı zamanda geçileceğinden işlem sonunda 'kissing' balon dilatasyonunun tam olarak yapılmasına olanak verir. 'Crush' tekniğinde işlem sonu 'kissing' balon dilatasyonunun başarı şansı %50-%88 arasında bildirilirken, "DK Crush" tekniğinde bu oran %100 olarak bildirilmiştir.⁴⁶ Bu tekniğin bir özelliğide "Crush" tekniğinde olduğu gibi yan dalı kaybetme ihtimalinin olmamasıdır.

Her iki dala kılavuz tel yerleştirilip predilatasyon yapılır.⁹⁻¹⁴ Yan dala konacak olan stent (yan dal çapına 1:1 uygunlukta olmalı ve yan daldaki lezyonu tam olarak kaplamalı) ana dala doğru çıkacak şekilde en fazla 2-3 mm çekilir. Ana dala bifürkasyonu kapsayacak şekilde bir balon konulup sonrasında yan dala stent yerleştirilmesi yapılır. Yan dal stenti yerleştirildikten sonra stentin balonu bir miktar geri çekilerek yüksek basınçta şişirilerek yan dal ağzının optimizasyonu sağlanır (bu safhada ana daldaki balon şişirilmeden yerinde durur). Böylelikle yan dal ağzında stentin en iyi şekilde açılması ve apozisyonu sağlanmış olur. Yeterli bir sonuç alınması halinde yan dalda bulunan kılavuz tel ve balon çekildikten sonra ana damarda bulunan balon yüksek basınçla şişirilerek yan daldaki stentin dala doğru çıkmış olan stent strutları ezilir ("balloon-crushing"). Balon çapı ana dal çapına uygun olmalıdır. Fakat 'Bench' testleri stent strutlarının tam olarak ezilmesinin 'POT' tekniği ile sağlanabildiğini göstermiştir. Yan dala tekrar kılavuz tel ile 'carina' ya yakın olmayan bir yerden (proksimal ya da mid bölgeden) geçilir. 'NC' iki balon ile yan dala yan dal çapına 1:1 uygun olan ve ana dala (ana dal distal çapına 1:1 uygun olan)

geçilerek ardışık yüksek basınçla (≥ 16 atm) şiştikten sonra iki balonunda aynı anda şişirilip indirilmesi (≥ 12 atm) ile "kissing" balon işlemi uygulanır. "Kissing" balon dilatasyonu yapıldıktan sonra yan daldaki balon ve tel çekilir. Ana dala yan dalı geçecek şekilde stent (ana dal distal çapına 1:1 uygun olan) yerleştirildikten sonra ana dal proksimal çapına 1:1 uygun olacak şekilde proksimal ana dala 'NC' balon ile 'POT' (≥ 18 atm) işlemi yapılır. Yan dala tekrar kılavuz tel ile 'carina' ya yakın olmayan bir yerden (proksimal ya da mid bölgeden) geçilir 'NC' iki balon ile yan dala (yan dal çapına 1:1 uygun olan) ve ana dala (ana dal distal çapına 1:1 uygun olan) geçilerek ardışık yüksek basınçla (≥ 16 atm) şiştikten sonra iki balonunda aynı anda şişirilip indirilmesi (≥ 12 atm) ile "kissing" balon işlemi uygulanır. "Ana dal proksimal çapına 1:1 uygun olacak şekilde proksimal ana dala carina seviyesinin hemen altında 'NC' balon ile 'POT' (≥ 18 atm) işlemi yapılarak işlem sonlandırılır (Final 'POT')

Bu teknikte klasik 'Crush' tekniği gibi dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri kılavuz tel ile yan dala geçişlerde 'carina' ya yakın olmayan bir yerden (proksimal ya da mid bölgeden) geçilmeli, distalden geçilmediğinden mutlaka emin olunmalıdır. Eğer distalden geçilirse telin stentle damar duvarı arasında (yani stentin altından) geçme ihtimali bulunmaktadır. Bu durumda işleme "kissing" balon devam edilecek olursa carina bölgesinde stentle kaplı olmayan ciddi bir açıklık oluşacaktır. Bu nedenle kılavuz tel ile yan dala geçerken (her iki geçişte de) mutlaka proksimal-mid bölgeden geçildiğinden emin olunmalıdır.⁴⁷

"Crush" tekniği kullanılarak işlem sonu "kissing" balon dilatasyonu yapılması ile restenoz oranı %8-11' lere kadar inmiştir. "Crush" tekniği kullanıldığında restenoz en sık yan dal ostiyumunda stentlerin yetersiz açılmalarına bağlı olarak meydana gelmektedir. "DK Crush" "teknikinde ise her iki stentin strutları farklı zamanlarda geçilip en az iki kere 'kissing' balon uygulanacağından yan dal ostiyumunda daha az oranda restenoz oluşmaktadır (⁴⁸). Bazı otörler bu teknik kullanılacak ise polimeri eriyen ince strutlu stentleri strut yoğunluğunu azaltmak için önermektedirler.⁴⁹ Aynı zamanda "DK Crush" tekniği bifürkasyon açısından bağımsız olarak tüm açılarda uygulanabilmektedir.¹²

Tarihsel öneme sahip olduğundan V, "simultane kissing stent" ve "Crush" tekniklerinede değinmekte fayda vardır.

V ve "Kissing" Stent Teknikleri

Bu tekniklerde iki stent aynı anda yerleştirilmektedir.⁴⁻⁷ Bu nedenle seçilen kılavuz kateter en az 7-F tercihen 8F olmalıdır. İlk olarak V tekniğinde her iki dala dilatasyon yapıldıktan sonra stentlerden biri ana dala diğeri ise yan dala yerleştirilir. Her iki stentin proksimal uçları birbirlerine değecek şekilde proksimal kısımda yeni bir "carina" oluşturulur. "Carina" 5 mm ve üzerinde ise işleme "simultane kissing stent" adı verilir.

"Simultane kissing stent" işleminde her iki dala kılavuz tel yerleştirilip predilatasyon yapılır ve sonrasında stent çaplarına karar verilir.⁴⁻⁷ Stent çapları ana dal ve yan dal için 1:1 olarak belirlenir. Bifürkasyon bölgesinin proksimal bölümünde ise damar çapı stentlerin en az 2/3' ü kadar olmalıdır (örneğin; LAD ve diyagonal artere 3 mm'lik stentler yerleştirilmesi durumunda proksimal bölgenin çapı en az 4 mm olmalıdır). Stent çapları seçildikten sonra stentler her iki dal ve proksimal bölümdeki lezyonları tam kap-

layacak şekilde ayarlanır ve aynı anda (10-12 atmosfer) veya ayrı ayrı olacak şekilde yerleştirilir. Sonrasında balonlar çıkartılmadan önce ilk olarak ana dal daha sonra yan dal daha yüksek basınçla (14-20 atmosfer) dilate edilir. İşlem "kissing" balon (10-12 atmosfer) uygulamasıyla bitirilir.

"Simultane kissing stent" tekniği proksimalde geniş bir damar ve beraberinde iki geniş yan dalı tutan lezyonlarda uygundur. V tekniği ise bifürkasyon bölgesinin proksimal bölümünün temiz olduğu lezyonlar için uygundur.⁴⁻⁷ Bu tekniklere en uygun lezyon tipi ana koroner bifürkasyon lezyonlarıdır. V tekniği hızlı ve kolay uygulanabilen ve işlem sonunda "kissing" dilatasyon için stent strutlarından geçmenin zorunlu olmadığı bir yöntem olup bu avantajlarına rağmen her iki stenti lezyonun proksimal bölümüne yerleştirilirken zorlanabilmekte ve lezyonların proksimal bölümü yetersiz kaplanabilmektedir. "Simultane kissing stent" tekniği uygulanan hastalarda sonrasında restenoz gelişirse her iki dala kılavuz tellerle girip dilatasyon yapmak zor olabilmektedir. Ayrıca bu tekniklerle meydana gelen yeni "carina"da tromboz riskinin arttığı düşünülmüş ancak yapılan çalışmalarda böyle bir risk gösterilmemiştir.

"Crush" Tekniği

Modifiye T yönteminin aşırı bir versiyonu olan "Crush" tekniği İSS'lerin kullanıma girdiği yıllarda geliştirilmiştir.^{4-7,50,51} Klasik Crush" tekniğinde yan dala yerleştirilen stent ana daldaki stentle ezilirken, "Step crush" tekniğinde balon ile ezilir.

Kılavuz kateter en az 7-F olmalıdır. Ana dal ve yan dala stent konulan bu işlemde ana dalda yer alan stent en az 5 mm daha proksimalde olmalıdır ve bu şekilde yerleştirildiği en az iki projeksiyondan gösterilmelidir. Yan daldaki stent yerleştirilirken ise proksimali en az 2-3 mm ana damarda olacak şekilde ayarlanır. Yan dala yerleştirilen stentin sonucundan memnun kalınırsa balon ve kılavuz tel çıkartılıp ana dalda bulunan stent en az 12 atmosfer basınç uygulanarak yerleştirilir. İşlem esnasında yan dalda bulunan stent ezildiği için bu teknik "crush" tekniği adını almaktadır. Ana dala stent yerleştirme işleminden sonra yan dala tekrar kılavuz tel ile geçirilir ve dilatasyon yapılır. İşlem sonunda "kissing" balon dilatasyonu sayesinde stent strutları yan dal ostiyumunu daha iyi kaplamakta ve böylece bu bölgedeki restenoz sıklığı %8-11'e kadar azalmaktadır. Bu nedenle işlem sonunda mutlaka "kissing" balon ile yapılmalıdır.

"Crush" tekniği uygulanan hastalarda uzun dönem MKO sıklığını belirleyen en önemli etkiler bifürkasyon açısının 50 dereceden fazla olması, işlem sonunda "kissing" balon yapılmaması ve kreatinin klirensi değerinin 40 ml/dk altında olması şeklinde bildirilmiştir.^{50,51}

Bu tekniğe ait en önemli özellik her iki dalda işlem sonrası açıklık sağlanması ve yan dal ostiyumunun kaplanabilmesidir.⁴⁻⁷ Ancak 'kissing balon' uygulaması sırasında ana dala stent yerleştirilip kılavuz tel ve balon ile her iki stentin strutlarından geçilerek dilatasyon yapılması işlemin daha uzun sürmesine ve daha zor olmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda her vakada 'kissing balon' işleminin yapılamaması ve yapılamayan bu vakalarda uzun dönem sonuçlarının kötü olması nedeniyle artık bu yöntem önerilmemektedir.

"Step Crush" Tekniği

Standart 'crush' tekniğinden farklı olarak ana dal ve yan dala

stentler ayrı olarak yerleştirilir.⁴⁻⁷ Bu işlem için 6-F kılavuz kateter yeterli olduğundan radyal yolla uygulanabilir. Yan dala konacak olan stent ana dala birkaç mm çekilir ve ana dala bifürkasyonu kaplayacak şekilde bir balon yerleştirildikten sonra yan daldaki stent yerleştirilir. Tam açılma sağlandıktan sonra kılavuz tel çekilir ve ana daldaki bulunan balon şişirilerek yan daldaki stentin proksimali ezilir. Bundan sonraki adımda ana dala yüksek basınçla (en az 12 atmosfer) stent yerleştirilir. Sonraki işlemler diğer "crush" teknikleri ile benzerdir. Yan dal tekrar kılavuz tel ile geçilir ve yan daldaki stent dilate edildikten sonra "kissing" balon dilatasyonu yapılarak işlem bitirilir.

"Reverse Crush" Tekniği

En önemli avantajları "provisional" yan dal stentlemesine olanak sağlaması ve 6-F kılavuz kateter ile yapılabilmesidir.^{4-7,51,52}

Bu yöntemde stent yan dala ilerletilir ardından ana damardaki stentin çapına uygun olacak bir balon stentin içine denk gelecek şekilde ayarlanır. Yan daldaki bulunan stent ana daldaki stentin içine doğru 2-3 mm çekilip sonra yerleştirilir. Yan daldaki istenilen sonuç alındıysa bu daldaki tel çekildikten sonra ana daldaki balon en az 12 atmosfer basıncı ile şişirilir böylece yan daldan ana dala doğru yerleştirilmiş olan stentin proksimali ezilir. Bundan sonra yan dal tekrar kılavuz tel ile geçilir ve en az yan daldaki stentin çapı kadar dilate edilir. "Kissing" balon dilatasyonu yapılarak işlem sonlandırılır.

Hangi Teknik Daha İyidir?

Bifürkasyon lezyonlarında genellikle tercih edilen yöntem "provisional" yan dal stentlemesidir (36-50,53). Çıplak Metal Stentlerle yapılmış olan çalışmalarda her iki dala stent konulmasının "provisional" yan dal stentlemesine bir üstünlüğü saptanmamış hatta restenoz oranı daha fazla bulunmuştur. İSS'lerin kullanıma girmesi ile yapılmış olan küçük çaplı çalışmalarda da her iki dala İSS konulmasının bir üstünlüğü saptanmamıştır. Bu çalışmalardan ilki "SIRIUS" bifürkasyon çalışmasıdır. Bu çalışmada her iki dala stent konulan hastalarla "provisional" yan dal stentlemesi yapılan hastalarda restenoz oranları eşit bulunmuştur.⁵⁴ Pan ve arkadaşlarının çalışmasında da restenoz oranları her iki grupta benzer bulunmuştur.⁵⁵ 2006 yılında yayınlanan "NORDIC" bifürkasyon I çalışmasında ise 6 aylık kardiyak ölüm, miyokard infarktüsü (MI), hedef lezyon ve hedef damar revaskülarizasyon (HDR) oranları her iki dala İSS konulan hastalarla "provisional" yan dal stentlemesi yapılan hastalarda eşit bulunurken her iki dala İSS konulan hastalarda işlem süresi daha uzun, kullanılan kontrast miktarı ve işleme bağlı MI sıklığı daha fazla bulunmuştur.⁵⁶ Bu çalışmanın en büyük kısıtlılığı gerçek bifürkasyon lezyonlarının alınmamış ve kontrol anjiyografilerinin yapılmamış olmasıdır. "NORDIC" bifürkasyon I çalışmasında subakut ve geç tromboz riskinin artmadığı bildirilmiştir. 2007 yılında TCT' de yayınlanan "Bad Krozingen" bifürkasyon çalışmasında da T stentlemesi ile "provisional" yan dal stentlemesi karşılaştırılmıştır.⁵⁷ Bu çalışmada da 12 ayın sonunda klinik ve anjiyografik olarak her iki grup arasında bir fark saptanmamıştır.

2008 yılında yayınlanan British Bifurcation Coronary study: Old, New, and Evolving strategies (BBC ONE) çalışmasında ise bifürkasyon lezyonlarında "provisional" T stentlemesi ile "crush" ve "culotte" teknikleri karşılaştırılmıştır.⁵⁸ "Crush" ve "culotte" tek-

niği uygulanan hastalarda ölüm, MI ve HDR daha yüksek oranda tespit edilirken işlem süresinde daha uzun bulunmuştur. Ayrıca bu hastalarda işlem sırasında gelişen majör kardiyak olay (MKO) sıklığı daha fazla saptanmış olup majör kanamalarda daha fazla gözlenmiştir.

"Provisional" yan dal stentlemesi ile "crush" tekniğini gerçek bifürkasyon lezyonlarında karşılaştıran "CACTUS" çalışmasında ise sirolimus salımlı stent kullanılmıştır.⁵⁹ Bu çalışmada "provisional" yan dal stent grubundaki hastaların %31'ine yan dala T stentleme uygulanmıştır. Yan dala T stentleme uygulanmasının en sık sebebi yan dala %50' nin üzerinde rezidüel darlık kalmasıdır. Çalışmanın 6 aylık sonuçlarında birincil klinik ve anjiyografik sonlanım noktaları (kardiyak ölüm, MI, HDR, restenoz) ve stent trombozu açısından her iki grupta bir fark saptanmamıştır. Bu çalışma ile gerçek bifürkasyon lezyonlarında "crush" tekniği "provisional" yan dal stentleme tekniğine üstün çıkmamıştır. "Provisional" yan dal stentlemesi uygulanan hastaların 1/3' de yan dala 2. bir stent gerekmiştir. İki stent yerleştirilmesi ise birincil klinik ve anjiyografik sonlanım noktalarını kötü yönde etkilemezken, stent trombozunda da bir artışa sebep olmamıştır.

Bahan ve arkadaşları 2011 yılında NORDIC I ve BBC ONE çalışmalarını içeren bir metaanaliz yayınlamışlardır. Bu meta-analizde "Provisional" T stent ile kompleks stentleme ("crush", "culotte" ve T-stent tekniği) karşılaştırılmıştır. 9 aylık majör MKO sıklığı kompleks stent grubunda daha yüksek oranda saptanmıştır.⁶⁰ 2011 yılında yayınlanan DK-CRUSH II çalışmasında ana koroner arter bifürkasyon lezyonlarında içeren 370 hastada "DK-CRUSH" ile "provisional" yan dal stentlemesi karşılaştırılmıştır. 12 ayın sonunda ilk defa bir çift stent grubunda ("DK-CRUSH") "provisional" yan dal stentlemesi grubuna göre HDR daha düşük çıkmıştır.⁶¹ Aynı zamanda 5. yılın sonunda da MKO sıklığıda "DK-CRUSH" grubunda daha az saptanmıştır.⁶²

2013 yılında Zimarino ve arkadaşları 5 büyük çalışmanın (NORDIC I, BBK, CACTUS, BBC ONE ve DK-CRUSH II) meta-analizini yayınlamışlardır. Bu meta-analizde çift stent stratejisinde "Provisional" yan dal stentlemesine göre stent trombozu ve MI daha fazla saptanmıştır.⁶³ 2015 yılında Euro PCR'da Nordic-Baltic Bifurcation IV çalışması bildirilmiştir. "Provisional" yan dal stentlemesi grubunda özellikle 1. jenerasyon İSS'de MKO daha fazla saptanmıştır. 2015 yılında Kore'den yayınlanan bir analizde 3. yılın sonunda özellikle 1. jenerasyon ilaç salımlı çift stent takılan grupta "Provisional" yan dal stentlemesi grubuna oranla MKO daha fazla gözlenmiştir.⁶⁴ 2016 yılında EBC II çalışması yayınlanmış ve biolims kaplı stent kullanılan hastalarda 12. ayın sonunda "Provisional" yan dal stentlemesi ile "Culotte" stratejisi arasında MKO sıklığı açısından bir fark saptanmamıştır.⁶⁵ Yine 2016 yılında yayınlanan SMART-STRATEGY çalışmasında da Provisional" yan dal stentlemesi ile çift stent stratejisi karşılaştırılmış, 3. yılın sonunda çift stent stratejisinde MKO sıklığı daha fazla saptanmıştır.⁶⁶

Bütün bu çalışmaların ardından acaba ana koroner bifürkasyon lezyonlarında da "provisional" yaklaşım tercih edilmelidir sorusu gündeme gelmiştir. Ancak ana koroner bifürkasyon lezyonlarını farklı düşünmek gerekir. Yan dal Cx olsun ya da LAD olsun esasında bir yan değildir ana daldır, bifürkasyon açısı çok değişkenlik gösterir ve bu bölgede diğer bifürkasyon lezyonlarına göre daha fazla kalsifikasyon bulunabilir.

Ana koroner arter bifürkasyon lezyonlarında "DK-CRUSH" ile "provisional" yan dal stentlemesi karşılaştıran DK-CRUSH V çalışmasının sonucunda da hedef lezyon revaskülarizasyonu (HLR) 3. Yılın sonunda "DK-CRUSH" grubunda daha az saptanmıştır.⁶⁷

Bütün bu çalışmaların ışığında birçok otör gerçek bifürkasyon lezyonlarında "Provisional" yaklaşımı önerse de çift stent stratejisi özellikle yeni jenerasyon İSS'ler ve 'DK-crush' tekniği kullanıldığında "provisional" yan dal stentlemesi ile hemen hemen aynı sonuçlara ulaşıldığında kabul etmektedirler.

Aslında gerçek bifürkasyon lezyonlarında kendi aralarında kompleks olup olmadıklarına göre ayrılmak lazımdır. Genel olarak kompleks bifürkasyon tanımı çalışmalarda Medina sınıflamasına göre Medina 1,1,1 ya da Medina 0,1,1 olarak yapılsada bu terim çok tartışmalıdır. Mesala bir gerçek bifürkasyon lezyonunda yan dal ostiumunda %50 darlık varken diğerinde %90 darlık olabilir. Ya da yan dal ostiumundaki darlık uzunluğu birinde 5 mm olurken diğerinde 10 mm olabilir. Yan dal çıkış açıları, plak içerikleri (kalsifik, trombüslü) farklı olabilir.

Yukarıda anlatılan bütün çalışmalara baktığımızda genel olarak 'DK-CRUSH' çalışmaları gerçek bifürkasyon lezyonlarını (Medina 1,1,1 ve Medina 0,1,1) içermekte olup daha kompleks lezyonları içermektedirler; yan dalda daha uzun ve/veya daha ciddi darlık bulunmaktadır. Ve dikkat edilmesi gereken husus 'DK-CRUSH' çalışmalarında çift stent stratejisi "Provisional" yaklaşıma daha üstün gözükmektedir.

2014 yılında yayınlanan DEFINITION çalışmasında gerçek bifürkasyon lezyonları kendi arasında kompleks ve basit olarak alt gruplara ayrılarak değerlendirilmiştir.⁶⁸ Bu çalışmaya Medina 1,1,1 ve 0,1,1 ve yan dal çapı >2.5 mm olan 3600 gerçek bifürkasyon hastası alınmıştır. Bu hastaların %30'u kompleks, %70'i basit bifürkasyon lezyonu olarak değerlendirilmiştir. Basit bifürkasyon grubunda çift stent stratejisi "Provisional" yaklaşıma bir üstünlük sağlamaz iken, kompleks bifürkasyon grubunda çift stent stratejisi "Provisional" yaklaşıma hastane içi ölüm ve 1. yılın sonunda MKO açısından üstünlük sağlamıştır. Sonuç olarak bu çalışmada çift stent ya da tek stent kararı almadan önce lezyonun sınıflandırılmasının önemi ortaya çıkmıştır.

2020 yılında yayınlanan DEFINITION II çalışmasında DEFINITION çalışmasından yola koyularak planlanmıştır.^{68,69} "Provisional" yan dal stentlemesi ile çift stent stratejisi gerçek kompleks bifürkasyon (Mediana 1,1,1 ya da 0,1,1) lezyonlarında karşılaştırılmıştır. Kompleks bifürkasyon lezyonu olarak DEFINITION çalışmasındaki majör ve minör kriterler alınmıştır. Majör kriter olarak ana koroner arter bifürkasyon lezyonunda yan dal uzunluğunun ≥ 10 mm olması, yan daldaki darlığının $\geq 70\%$ olması, ana koroner arter dışı bifürkasyon lezyonlarında ise yan dal uzunluğunun ≥ 10 mm olması ya da yan daldaki darlığının $\geq 90\%$ olması alınmıştır. Minör kriterler olarak hafif kalsifikasyondan daha fazla kalsifikasyon, birden fazla lezyon, bifürkasyon açısının $<45^\circ$ ya da $>70^\circ$, ana damarın çapının < 2.5 mm ve lezyonun trombüs içermesi alınmıştır. 2 majör ya da 1 majör + 2minör kriter varlığında lezyon kompleks bifürkasyon lezyonu olarak tariflenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda çift stent stratejisi (%78 "DK-CRUSH, %20 "Cullote") "Provisional" yan dal stentlemesine 1. yılın sonunda TLF açısından üstün çıkmıştır.

DEFINATION çalışmasındaki kompleks bifürkasyon kriterleri alınarak DKCRUSH V çalışmasının bir alt analizi yapılmış gerçek kompleks ana koroner arter bifürkasyon lezyonlarında 'DK-CRUSH', "Provisional" yan dal stentlemesine oldukça üstün çıkmıştır.

Sonuç olarak gerçek bifürkasyon lezyonlarında tercih "Provisional" yaklaşım olsa da lezyonun kompleks olduğu düşünülüyorsa ya da önemli bir yan dal var olup ana dala stent konulduğunda yan dalı kaybetme ihtimali varsa ya da gerçek ana koroner bifürkasyon lezyonu ise çift stent stratejisi baştan seçilmelidir. Bu durumda da "DK-CRUSH" stratejisi iyi bir tercih olarak gözlenmektedir. 2018 yılında yayınlanan ESC/EACTS miyokardiyal revaskülarizasyon kılavuzunda gerçek bifürkasyon lezyonlarında "Provisional" yaklaşım Sınıf I kanıt değeri A olarak önerilirken yine aynı kılavuzda büyük bir yan dal (≥ 2.75 mm) ve ostial uzun bir lezyon (≥ 5 mm) varlığında, ana dala stent konduğunda yan dala geçişin zor olabileceği önceden tahmin edilebiliyorsa ya da gerçek ana koroner bifürkasyon lezyonlarında çift stent stratejisi önerilmektedir.⁷⁰

Ana dala stent yerleştirildikten sonra yan dala stent yerleştirilmesi gerekirse hangi tekniğin daha iyi olduğu konusunda da ortak bir görüş bulunmamaktadır. Böyle bir durumda T stentleme 'TAP', "culotte" veya "reverse crush" (Eski bir teknik olması nedeniyle Avrupa Bifürkasyon Kulübü tarafından önerilmesede), teknikleri uygulanabilir.

Çift stent stratejilerini kendi aralarında karşılaştıran çok az çalışma bulunmaktadır. "Culotte" ve T stentleme tekniklerini karşılaştıran bir çalışmada her iki teknikte de işlem başarısı ve komplikasyon oranları aynı bulunurken işlem sonrası rezidüel darlık ve 9. ayda HLR oranı T stentleme uygulanan hastalarda daha yüksek oranda saptanmıştır.⁷¹ Stent trombozu açısından ise bir fark saptanmamıştır. "Crush" ve T stentleme tekniklerini karşılaştıran başka bir çalışmada ise 1. yılın sonunda HLR T stentleme uygulanan hastalarda daha yüksek oranda saptanmıştır.³⁹

2007 yılında TCT' de bildirilen "NORDIC" bifürkasyon II çalışmasında "Culotte" ve "Crush" stentleme teknikleri karşılaştırılmıştır. 6. ayın sonunda birincil sonlanım noktaları olarak kabul edilen kardiyak ölüm, Mİ, hedef damar revaskülarizasyonu ve stent trombozu açısından bir fark saptanmazken "crush" tekniği uygulananlarda işleme bağlı Mİ sıklığı daha fazla bulunmuştur.⁷² Bu çalışmanın 3 yıllık sonuçları 2013 yılında yayınlanmış MKO açısından iki grupta fark saptanmazken restenoz ve stent trombozu istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da "culotte" tekniği lehine çıkmıştır.⁷³

2008 yılında yayınlanan DK-CRUSH I çalışmasında "DK crush" ve klasik "Crush" tekniği gerçek bifürkasyon lezyonlarında karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada stent trombozu, stent içi restenoz ve MKO sıklığı 'DK crush' tekniğinde anlamlı olarak daha az çıkmıştır.⁴⁵

Ana koroner bifürkasyon lezyonlarında "DK-CRUSH" ve "Culotte" tekniklerini karşılaştıran DK-CRUSH III çalışmasında ikinci jenerasyon everolimus ya da sirolimus salınlı stent kullanılmıştır. 8. ayın sonunda yan dalda stent restenozu 'DK-CRUSH' da daha az saptanmıştır 1. ve 3. Yıl sonunda MKO sıklığıda istatistiksel olarak "DK-CRUSH" lehine çıkmıştır [48,74]. Bu çalışma ve 'DK-CRUSH V' çalışmasından yola çıkarak 2018 yılında yayınlanan ESC/EACTS miyokardiyal revaskülarizasyon kılavuzunda ana koroner bifürkasyon lezyonlarında çift stent stratejisi seçilecek ise "DK-CRUSH"

teknığının seçilmesini Sınıf II kanıt düzeyi B olarak önermektedir.⁶⁸

2021 yılında yayınlanan EBC Main çalışmasında ana koroner arter bifurkasyon lezyonlarında çift stent stratejisi ile "provisional" yan dal stentlemesi karşılaştırılmıştır.⁷⁵ Çalışmaya Medina 1,1,1 ya da 0,1,1 bifurkasyon lezyonu olup her iki dalda >%50 darlığı bulunan ve her iki damar çapı ≥ 2.75 mm üzerinde olan hastalar alınmıştır. Aynı zamanda iskemi varlığı (semptom, invazif olmayan yöntemler ya da FFR ile) ya da IVUS ile ana koroner arterde $MLA < 6$ mm² olması şart koşulmuştur. 1.yılın sonunda birincil sonlanım (ölüm/MI/tekrar girişim) istatistiksel açıdan bir fark olmasa da "provisional" yan dal stentlemesinde daha iyi çıkmıştır. Bu sonuç DK-CRUSH V çalışmasına göre farklıdır. Fakat bilinmelidir ki iki çalışma arasında farklılıklar vardır. DK-CRUSH V çalışmasında koroner anatomi daha kötüdür. Syntax skoru daha fazla (31'e 23), yan dal daha uzundur (16 mm'ye 7 mm). EBC Main çalışmasında "provisional" grupta %22 hastada ikinci stente gerek duyulurken DK-CRUSH V'de bu oran %45'dir. EBC Main çalışmasında 'DK Crush' sadece %5 oranında uygulanmış, %53 oranında 'Culotte', %33 oranında T ya da 'TAP' tekniği kullanılmıştır. Acaba ana koroner arter lezyonlarına 'DK Crush' daha mı iyi sonuç vermektedir?. Gerçekten de DK-CRUSH III çalışmasında da "DK-CRUSH" "Culotte" tekniğine üstün çıksa da bunu söyleyebilmek için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır. Sonuç olarak EBC main çalışmasında ana koroner arter bifurkasyon lezyonlarında "provisional" yan dal stentlemesinin tercih edilmesi önerilmektedir. Ana koroner arter dışındaki bifurkasyon lezyonlarında hangi çift stent stratejisinin üstün olduğuna dair elimizde şu an için bir kanıt bulunmamaktadır.

İkili Antitrombosit

Çift stent uygulanan hastalarda ikili antitrombosit süresinin ne kadar olduğu ve P2Y12 antagonistleri arasında bir farkın olup olmadığı şu an için kesin bilinmese de GLOBAL LEADERS çalışmasının yayınlanmayan bir alt grubunda tikagrelorun klinik olayları azaltmada etkin olduğu gösterilmiştir.⁷⁶

2018 ESC kılavuzu bifurkasyon stentlemesini iskemik olay gelişimi açısından risk faktörü olarak göstermekte ve en az 12 ay ikili antitrombosit önermektedir.⁷⁷ 2019 yılında yayınlanan Avrupa Bifurkasyon Kulübü veritabanı bifurkasyon işlemi yapılan kararsız anjinalı hastalarda 6 aydan önce AKS hastalarında 1 yıldan önce ikili antitrombosit tedaviyi kesmenin olumsuz olaylar arttırdığı, çift stent takılan hastalarda MKO'ların tek stent grubuna göre daha fazla gözlemlendiği gösterilmiştir.⁷⁸

Sonuç olarak bifurkasyon lezyonlarının tedavisinde uygulanacak işlem güvenli ve basit olmalıdır. İşlem sırasında doğru kılavuz kateter (gerektiğinde iki balon veya iki stent geçebilecek çapta) seçimi yapılmalı, işlem sırasında kaybedilme riski olan önemli bir yan dal kılavuz tel ile korunmalıdır. Yan dalda ciddi bir darlık yoksa ana dala stent yerleştirilerek gereklilik halinde yan dala girişim yapılmalıdır. Ana dala konan stent sonrası yan dal önemli bir yan dal ise ve yan dalda akımı engelleyen bir disseksiyon, yavaş akım; <TIMI 3 ya da %75 ve üzeri bir darlık oluşmuş ise "Kissing" balon ya da 'POT-side-POT' işlemi yapılmalıdır. Eğer bu işlemler sonucunda yeterli bir sonuç alınamaz ise yan dalda stent yerleştirilmeli ve işlem mutlaka "kissing" balon dilatasyonu ile bitirilmelidir. Gerçek bifurkasyon lezyonlarında ise ana dala stent konduğunda yan dalın kaybedilceği öngörülüyorsa her iki dala elektif stentleme ya-

pılmalı, işlem mutlaka "kissing" balon dilatasyonu ile bitirilmelidir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Louvard Y, Lefevre T. Bifurcation lesions stenting. In Colombo A, Stankovic G, editors. Problem Oriented Approaches in *Interventional Cardiology*, 1st ed. London, Healthcare.2007, p.37-58.
2. Sharma SK, Kini AS. Coronary bifurcation lesions. *Cardiol Clin*. 2006; 24:233-46. [Crossref]
3. Colombo A, Stankovic G, Reimer B. Bifurcation Lesions. The Role of Stents. In: Ellis S.G, Holmes D. R, editors. Strategic Approaches in Coronary Intervention, 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins; 2006. p.304-19.
4. Colombo A, Stankovic G, Martini G. Introduction: practical approaches to bifurcational lesions. In Colombo A, Stankovic G, editors. *Colombo's Tips & Tricks with Drug-Eluting Stents*.1st.ed. London, Taylor&Francis,2005, p. 34-54. [Crossref]
5. Stankovic G. Lessons from the literature. In Colombo A, Stankovic G, editors. *Colombo's Tips & Tricks with Drug-Eluting Stents*.1st ed. London, Taylor&Francis,2005, p 55-62. [Crossref]
6. Tahirkheli N.K. The Osteal Lesions. In: Ellis S.G, Holmes D. R, editors. *Strategic Approaches in Coronary Intervention*, 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins,2006,p 332-39.
7. Iakovou I, Ge L, Colombo A. Contemporary stent treatment of coronary bifurcations. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:1446-55. [Crossref]
8. Hoye A, van der Giessen WJ. New approaches to ostial and bifurcation lesions. *J Interv Cardiol*. 2004;17:397-403. [Crossref]
9. Lassen JF, Burzotta F, Banning AP, et al. Percutaneous coronary intervention for the left main stem and other bifurcation lesions: 12th consensus document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2018;13:1540-53. [Crossref]
10. Banning AB, Lassen JL, Burzotta F, et al. Percutaneous coronary intervention for obstructive bifurcation lesions: the 14th consensus document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2019;15:90-8. [Crossref]
11. Lassen JF, Holm NR, Banning A, et al. Percutaneous coronary intervention for coronary bifurcation disease: 11th consensus document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2016;12: 38-46 [Crossref]
12. Loh PH, Lassen JF, Jepson N et al. Asia Pacific consensus document on coronary bifurcation interventions. *EuroIntervention*. 2020;16:e706-e714. [Crossref]
13. Burzotta F, Lassen JL, Louvard Y, et al. European Bifurcation Club white paper on stenting techniques for patients with bifurcated coronary artery lesions. *EuroIntervention*. 2020;96:1067-1079. [Crossref]
14. Burzotta F, Lassen JF, Banning AP, et al. Percutaneous coronary intervention in left main coronary artery disease: the 13th consensus document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2018;14:112-20. [Crossref]
15. Kim HY, Doh JH, Lim HS, et al. Identification of Coronary Artery Side Branch Supplying Myocardial Mass That May Benefit From Revascularization. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:571-81. [Crossref]
16. Brunel P, Lefevre T, Darremont O, Louvard Y. Provisional T-stenting

- and kissing balloon in the treatment of coronary bifurcation lesions: results of the French multicenter "TULIPE" study. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006 ;68:67-73. [\[Crossref\]](#)
17. Lefèvre T, Louvard Y, Morice MC, et al. Stenting of bifurcation lesions: classification, treatments, and results. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2000 ;49:274-83. [\[Crossref\]](#)
 18. Colombo A. Directional coronary atherectomy and implantation of drug-eluting stents in selected bifurcation lesions. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50:1946-1947. [\[Crossref\]](#)
 19. Burzotta F, Shoeib O, Aurigemma C, et al. F. Procedural Impact of a Kissing Balloon Predilation (Pre-Kissing) Technique in Patients With Complex Bifurcations Undergoing Drug-Eluting Stenting. *J Invasive Cardiol.* 2019;31:80-8.
 20. Niemelä M, Kervinen K, Erglis A, et al.; Nordic-Baltic PCI Study Group. Randomized comparison of final kissing balloon dilatation versus no final kissing balloon dilatation in patients with coronary bifurcation lesions treated with main vessel stenting: the Nordic-Baltic Bifurcation Study III. *Circulation.* 2011;123:79-86. [\[Crossref\]](#)
 21. Koo BK, Kang HJ, Youn TJ, et al. Physiologic assessment of jailed side branch lesions using fractional flow reserve. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46:633-7. [\[Crossref\]](#)
 22. Chen SL, Ye F, Zhang JJ, et al. Randomized Comparison of FFR-Guided and Angiography-Guided Provisional Stenting of True Coronary Bifurcation Lesions: The DKCRUSH-VI Trial (Double Kissing Crush Versus Provisional Stenting Technique for Treatment of Coronary Bifurcation Lesions VI). *JACC Cardiovasc Interv.* 2015;8:536-46. [\[Crossref\]](#)
 23. Kim HY, Doh JH, Lim HS, et al. Identification of Coronary Artery Side Branch Supplying Myocardial Mass That May Benefit From Revascularization. *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10:571-81. [\[Crossref\]](#)
 24. Lee CH, Choi SW, Hwang J, et al. 5-Year Outcomes According to FFR of Left Circumflex Coronary Artery After Left Main Crossover Stenting. *JACC Cardiovasc Interv.* 2019;12:847-55. [\[Crossref\]](#)
 25. Derimay F, Finet G, Souteyrand G, et al. Benefit of a new provisional stenting strategy, the re-proximal optimisation technique: the rePOT clinical study. *EuroIntervention* 2018;14:e325-e332. [\[Crossref\]](#)
 26. Koo BK, Kang HJ, Youn TJ, et al. Physiologic assessment of jailed side branch lesions using fractional flow reserve. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46: 633-7. [\[Crossref\]](#)
 27. Koo BK, Park KW, Kang HJ et al. Physiological evaluation of the provisional side-branch intervention strategy for bifurcation lesions using fractional flow reserve. *Eur Heart J.* 2008;29:72. [\[Crossref\]](#)
 28. Dou K, Zhang D, Xu B, et al. An angiographic tool for risk prediction of side branch occlusion in coronary bifurcation intervention: the RESOLVE score system (Risk prEdiction of Side branch OccLusion in coronary bifurca tion interVention). *JACC Cardiovasc Interv.* 2015;8:39-46. [\[Crossref\]](#)
 29. Hahn JY, Chun WJ, Kim JH, et al. Predictors and outcomes of side branch occlusion after main vessel stenting in coronary bifurcation lesions: results from the COBIS II Registry [COronary Bifurcation Stenting]. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62:1654-9. [\[Crossref\]](#)
 30. Saito S, Shishido K, Moriyama N, et al. Modified jailed balloon technique for bifurcation lesions. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2018; 92:E218-26. [\[Crossref\]](#)
 31. Khan BK, Rahman MN, Tai JM, et al. Jailed balloons for side branch protection: a review of techniques and literature. *EuroIntervention.* 2020;6:15-24. [\[Crossref\]](#)
 32. Burzotta F, Trani C, Sianos G. Jailed balloon protection: a new technique to avoid acute side-branch occlusion during provisional stenting of bifurcated lesions. Bench test report and first clinical experience. *EuroIntervention.* 2010;5:809-13. [\[Crossref\]](#)
 33. Singh J, Patel Y, Depta JP, et al. A modified provisional stenting approach to coronary bifurcation lesions: clinical application of the "jailed-balloon technique". *J Interv Cardiol.* 2012;25:289-96. [\[Crossref\]](#)
 34. Çaylı M, Şeker T, Gür M, et al. Novel-Modified Provisional Bifurcation Stenting Technique: Jailed Semi-Inflated Balloon Technique. *J Interv Cardiol.* 2015; 28:420-9. [\[Crossref\]](#)
 35. Ermiş E, Uçar H, Demirelli S, et al. Assessment of side branch patency using a jailed semi-inflated balloon technique with coronary bifurcation lesions. *Türk Kardiyol Dern Ars.* 2018;46:340-8. [\[Crossref\]](#)
 36. Wen SY, Yu HY, Lie H. Modified jailed balloon technique for coronary artery bifurcation lesions. *Asialntervention* 2016;2:129-31.
 37. Zhang W, Ji F, Yu X, et al. Long-term treatment effect and adverse events of a modified jailed-balloon technique for side branch protection in patients with coronary bifurcation lesions. *BMC Cardiovasc Disord.* 2019;19:12. [\[Crossref\]](#)
 38. Qu W, Li X, Liu B. GW29-e1527 "Balloon-stent kissing" technique avoid side-branch compromise for simple true bifurcation lesions. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72[16 Supplement]:C130. [\[Crossref\]](#)
 39. Shpigel A, Sintek M, Singh J. The jailed stent balloon technique: a novel coronary bifurcation technique. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71 [11_ Supplement] A1364. [\[Crossref\]](#)
 40. Ormiston JA, Webster MW, Webber B, et al. The "crush" technique for coronary artery bifurcation stenting: insights from micro-computed tomographic imaging of bench deployments. *JACC Cardiovasc Interv.* 2008;1: 351-7. [\[Crossref\]](#)
 41. Burzotta F, Gwon H-C, Hahn J-Y, et al. Modified T-stenting with intentional protrusion of the side branch stent within the main vessel stent to ensure ostial coverage and facilitate final kissing balloon: The T-stenting and small protrusion technique (TAP-Stenting) Report of bench testing and first clinical Italian-Korean two-centre experience. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007 ;70:75-82. [\[Crossref\]](#)
 42. Chevalier B, Glatt B, Royer T, et al. Placement of coronary stents in bifurcation lesions by the "culotte" technique. *Am J Cardiol.* 1998; 82:943-949. [\[Crossref\]](#)
 43. Mezzapelle G, Baldari D, Baglini R. Culotte bifurcation stenting with paclitaxel drug-eluting stent *Cardiovasc Revasc Med.* 2007 ;8:63-6. [\[Crossref\]](#)
 44. Erglis A, Lassen JF, Di Mario C. Technical aspects of the culotte technique. *Eurointervention* 2015;11:V99-V101. [\[Crossref\]](#)
 45. Chen SL, Zhang JJ, Ye F, et al. Study comparing the double kissing (DK) crush with classical crush for the treatment of coronary bifurcation lesions: the DKCRUSH-1 Bifurcation Study with drug-eluting stents. *Eur J Clin Invest.* 2008;38:361-371. [\[Crossref\]](#)
 46. Costa RA, Mintz GS, Carlier SG, et al. Bifurcation coronary lesions treated with the "crush" technique: an intravascular ultrasound analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46).
 47. Zhang JJ, Chen SL. Classic crush and DK crush stenting techniques. *EuroIntervention.* 2015;11:V101-V105. [\[Crossref\]](#)
 48. Chen SL, Han YL, Xu B, et al. Comparison of double kissing crush versus Culotte stenting for unprotected distal left main bifurcation lesions: results from a multicenter, randomized, prospective DKCRUSH-III study. *J Am Coll Cardiol* 2013;61:1482-8. [\[Crossref\]](#)
 49. Rigatelli G, Zuin M, Dell'Avvocata F, et al. Complex coronary bifurcation treatment by a novel stenting technique: Bench test, fluid dynamic study and clinical outcomes. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2018;92:907-14. [\[Crossref\]](#)
 50. Jim MH, Ho HH, Chan AO, et al. Stenting of coronary bifurcation lesions by using modified crush technique with double kissing balloon inflation (sleeve technique): immediate procedure result and short-term clinical outcomes. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007 ;69:969-75. [\[Crossref\]](#)
 51. Sianos G, Vaina S, Hoye A, et al. Bifurcation stenting with drug eluting stents: illustration of the crush technique. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006 ;67:839-45. [\[Crossref\]](#)
 52. Costa RA, Mintz GS, Carlier SG, et al. Bifurcation coronary lesions treated with the "crush" technique: an intravascular ultrasound analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46:599-605. [\[Crossref\]](#)
 53. Assali R, Assa HV, Ben-Dor I, et al. Drug-Eluting Stents in bifurcation lesions: To stent one branch or both?. *Catheter Cardiovasc Interv.*

- 2006;68:891-896. [\[Crossref\]](#)
54. Colombo A, Moses JW, Morice MC, et al. Randomized study to evaluate sirolimus-eluting stents implanted at coronary bifurcation lesions. *Circulation*. 2004;109:1244-1249. [\[Crossref\]](#)
 55. Pan M, de Lezo JS, Medina, et al. Rapamycin-eluting stents for the treatment of bifurcated coronary lesions: a randomized comparison of a simple versus complex strategy. *Am Heart J*. 2004; 148: 857-864. [\[Crossref\]](#)
 56. Steigen TK, Maeng M, Wiseth R, et al. Randomized study on simple versus complex stenting of coronary artery bifurcation lesions: the Nordic bifurcation study. *Circulation*. 2006;114:1955-1961. [\[Crossref\]](#)
 57. Ferenc M. One stent better than two for bifurcation stenting. The Bifurcations Bad Krozingen Study. *Transcatheter Cardiovascular Therapeutics Meeting* 2007.
 58. Bhaff DL A. British Bifurcation Coronary study: Old, New, and Evolving strategies (BBC ONE) *Transcatheter Cardiovascular Therapeutics Meeting* 2008.
 59. Colombo A, Bramucci E, Sacca S, et al. Randomized study of the crush technique versus provisional side-branch stenting in true coronary bifurcations. *Circulation*. 2009;119:71-78. [\[Crossref\]](#)
 60. Behan, Holm NR, Curzen NP, et al. Simple or complex stenting for bifurcation coronary lesions: a patient-level pooled-analysis of the Nordic Bifurcation Study and the British Bifurcation Coronary Study *Circ Cardiovasc Interv* 2011;4:57-64. [\[Crossref\]](#)
 61. Chen SL, Santos T, Zhang JJ, et al. A randomized clinical study comparing double kissing crush with provisional stenting for treatment of coronary bifurcation lesions: results from the DKCRUSH-II (Double Kissing Crush versus Provisional Stenting Technique for Treatment of Coronary Bifurcation Lesions) trial. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:914-20. [\[Crossref\]](#)
 62. Chen SL, Santos T, Zhang JJ, et al. Clinical Outcome of Double Kissing Crush Versus Provisional Stenting of Coronary Artery Bifurcation Lesions The 5-Year Follow-Up Results From a Randomized and Multicenter DKCRUSH-II Study (Randomized Study on Double Kissing Crush Technique Versus Provisional Stenting Technique for Coronary Artery Bifurcation Lesions) *Circ Cardiovasc Interv* 2017;10:e. [\[Crossref\]](#)
 63. Zimarino M, Corrazzini A, Ricci F, et al. Late thrombosis after double versus single drug-eluting stent in the treatment of coronary bifurcations: a meta-analysis of randomized and observational Studies *JACC Cardiovasc Interv* 2013;6:687-95. [\[Crossref\]](#)
 64. Lee JM, Hahn JY, Kang J, et al. Differential Prognostic Effect Between First- and Second-Generation Drug-Eluting Stents in Coronary Bifurcation Lesions: Patient-Level Analysis of the Korean Bifurcation Pooled Cohorts. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:1318-31. [\[Crossref\]](#)
 65. Smith DH, Behan MV, Lassen JF, et al. The EBC TWO Study (European Bifurcation Coronary TWO): A Randomized Comparison of Provisional T-Stenting Versus a Systematic 2 Stent Culotte Strategy in Large Caliber True Bifurcations. *Circ Cardiovasc Interv* 2016;9:e003643. [\[Crossref\]](#)
 66. Song YB, Park TK, Hahn JY, et al. Optimal Strategy for Provisional Side Branch Intervention in Coronary Bifurcation Lesions: 3-Year Outcomes of the SMART-STRATEGY Randomized Trial. *JACC Cardiovasc Interv* 2016;9:517-26. [\[Crossref\]](#)
 67. Chen SL, Zhang JJ, Han Y, et al. Double Kissing Crush Versus Provisional Stenting for Left Main Distal Bifurcation Lesions: DKCRUSH-V Randomized Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70:2605-17. [\[Crossref\]](#)
 68. Chen SL, Sheiban I, Xu B, et al. Impact of the complexity of bifurcation lesions treated with drug-eluting stents: the DEFINITION study (Definitions and impact of complex bifurcation lesions on clinical outcomes after percutaneous coronary intervention using drug-eluting stents). *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7:1266-76. [\[Crossref\]](#)
 69. Zhang JJ, Ye F, Xu K, et al. Multicentre, randomized comparison of two-stent and provisional stenting techniques in patients with complex coronary bifurcation lesion: the DEFINITION II trial. *Eur Heart J*. 2020;41:2523-36. [\[Crossref\]](#)
 70. Neumann FJ, Uva MS, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *European Heart Journal* 2019; 40, 87-165. [\[Crossref\]](#)
 71. Kaplan S, Barlis P, Dimopoulos K, et al. Culotte versus T-stenting in bifurcation lesions: immediate clinical and angiographic results and midterm clinical follow-up. *Am Heart J*. 2007 ;154:336-43. [\[Crossref\]](#)
 72. Ferenc M. One stent better than two for bifurcation stenting. The Nordic Stent Technique Study. *Transcatheter Cardiovascular Therapeutics Meeting* 2007.
 73. Kervinen K, Niemala M, Romppanen H, et al. Clinical Outcome After Crush Versus Culotte Stenting of Coronary Artery Bifurcation Lesions The Nordic Stent Technique Study 36-Month Follow-Up Results *JACC Cardiovasc Interv* 2013;6:1160-5. [\[Crossref\]](#)
 74. Chen SL, Han YL, Xu B, et al. Clinical Outcome After DK Crush Versus Culotte Stenting of Distal Left Main Bifurcation Lesions: The 3-Year Follow-Up Results of the DKCRUSH-III Study. *JACC. Cardiovasc. Interv* 2015;8:1335-42. [\[Crossref\]](#)
 75. Smith DH, Egred M, Banning A, et al. The European bifurcation club Left Main Coronary Stent study: a randomized comparison of stepwise provisional vs. systematic dual stenting strategies (EBC MAIN). *European Heart Journal* (2021) 42, 3829-3839. [\[Crossref\]](#)
 76. Vranckx P, Valgimigli M, Jüni P, et al. GLOBAL LEADERS Investigators. Ticagrelor plus aspirin for 1 month, followed by ticagrelor monotherapy for 23 months vs aspirin plus clopidogrel or ticagrelor for 12 months, followed by aspirin monotherapy for 12 months after implantation of a drug-eluting stent: a multicentre, open-label, randomised superiority trial. *Lancet*. 2018;392:940-9. [\[Crossref\]](#)
 77. Valgimigli M, Bueno H, Byrne RA, et al. ESC Scientific Document Group; ESC Committee for Practice Guidelines (CPG); ESC National Cardiac Societies. 2017 ESC focused update on dual antiplatelet therapy in coronary artery disease developed in collaboration with EACTS: The Task Force for dual antiplatelet therapy in coronary artery disease of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2018;39:213-60. [\[Crossref\]](#)
 78. Zimarino M, Briguori C, Amat-Santos IJ, et al. EuroBifurcation Club. Mid-term outcomes after percutaneous interventions in coronary bifurcations. *Int J Cardiol*. 2019;283:7. [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.11

KRONİK TOTAL OKLÜZON

Cüneyt KOÇAŞ
Murat Kazım ERSANLI

Kronik Total Oklüzon

Chronic Total Occlusion Interventions

BÖLÜM HAKKINDA

Kronik total oklüzyonlar (KTO) , koroner girişimler başladığından beri dikkat çekmiş ve anjiyografide sıklığı %18-25 gibi nispeten sık görülen lezyonlar olmasına rağmen pek çok operatör için uzak durulması gereken lezyonlar olarak görülmüştür. Bu yaklaşımda girişim yapılmasının zorluğu kadar KTO girişimlerinin kısa ve uzun dönemli yararı konusundaki tartışmalar da etkili olmuştur. Stabil anjina vakalarında perkütan koroner girişimlerin yararı konusunda devam eden tartışmalar ve çalışmalardan çıkan çelişkili sonuçlar KTO çalışmalarında da benzer şekilde devam etti. Gözlemsel çalışmalar mortalite yararı gösterirken randomize kontrollü çalışmalarda ancak semptomatik iyileşme ve yaşam kalitesinde düzelme sonuçlarını gösterdi. Gelişen teknoloji ve artan operatör tecrübesiyle birlikte KTO girişimlerinde antegrad girişimlerin yanı sıra retrograd ve diseksiyon-reentri yöntemlerinin de eklenmesiyle başarı oranı %90'lara kadar yükselmiştir. Bu bölümdeki amacımız KTO girişimleri ve bu işlemlerde kullanılan özelliikli malzemelerle ilgili okuyucuyu bilgilendirmektir.

Anahtar kelimeler: Kronik total oklüzon, retrograd, antegrad, ADR

ABOUT the CHAPTER

Chronic total occlusions (CTO) have drawn attention since the inception of coronary interventions and, despite being relatively common in angiography (with a prevalence of approximately 18-25%), have been considered lesions that many operators should avoid. The difficulty of performing interventions in these lesions has been matched by debates surrounding their short- and long-term benefits. Ongoing discussions and conflicting results from studies on the benefits of percutaneous coronary interventions in stable angina cases have similarly persisted in CTO studies. Observational studies have demonstrated mortality benefits, whereas randomized controlled trials have shown improvements primarily in symptomatic relief and quality of life. With advancing technology and increasing operator experience, success rates in CTO interventions have risen to around 90%, aided by the addition of retrograde and dissection-reentry techniques alongside antegrade approaches. The objective of this section is to inform readers about CTO interventions and the specialized materials used in these procedures.

Keywords: Chronic total occlusion , retrograde, antegrade, ADR



Tanım



Kronik total oklüzon (KTO) , bir koroner damarın en az 3 aylık bir süreyle tıkalı olması, diğer bir deyişle kollateral dışında TIMI-0 akım durumunun 3 ay boyunca devam etmesidir. Bir lezyonun KTO olup olmadığını belirlemede en büyük güçlüklerden biri 3 aylık sürenin kanıtı olacak geçmiş tarihli bir koroner anjiyografiye ulaşmaktır. Bu veriye sahip olunmadığı durumlarda; hastanın şikayetleri geçmiş tarihli miyokard infarktüsü bilgileri de KTO tanısını doğrulamak için kullanılabilir.¹

Sıklık

KTO sıklığı çalışma yapılan popülasyonlara göre değişkenlikler gösterebilmektedir. Kanada kayıt çalışmasında geçmişte koroner arter baypas greftleme (CABG) hikayesi olan hastalarda %54 olmayanlarda ise %18 oranında KTO saptandığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada da koroner artelerinde ciddi darlığı olan hastaların %25'inde bir KTO lezyonu olduğu gösterilmiştir.^{2,3}

KTO Girişimlerinin Yararı

KTO girişimlerinin sıklığının ve başarı oranlarının artmasıyla birlikte bu girişimlerinin

Cüneyt Koçtaş¹ 
Murat Kazım Ersanlı² 

¹ Biruni Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

² İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: ckocast@biruni.edu.tr
muratkazim.ersanli@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıla / Cite this chapter as: Ersanlı M, Koçtaş C. Kronik total oklüzon. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Üniversite Yayınevi; 2024:139-147.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

yararı olup olmadığı girişimsel kardiyolojinin önemli tartışma konularından biri haline gelmiştir. Çalışmalara genel olarak bakıldığında başarılı KTO girişimi yapılan hastaların klinik sonuçlarının başarısız KTO girişimi ile sonuçlanan vakalara göre daha iyi olduğu gösterilmiştir. Ancak medikal tedavi ile KTO girişimini kıyaslayan randomize kontrollü çalışmalarda ölüm, miyokard infarktüsü gibi sert son noktalarda anlamlı bir azalma sağlanamamıştır.

Semptom ve Yaşam Kalitesinin İyileştirilmesi

Genel olarak KTO girişimi ile sert son noktalarda iyi sonuçlar elde olmamakla birlikte medikal tedaviye kıyasla semptomlar ve yaşam kalitesinde iyileşmeler elde edildiği kabul edilmektedir. DECISION-CTO çalışması bu alanda olumsuz sonuçlanan önemli çalışmalardan biridir ve KTO girişiminin optimal medikal tedaviye kıyasla yaşam kalitesi endekslerinde anlamlı bir azalma sağlayamamıştır.⁴ Euro CTO ve IMPACTOR CTO çalışmaları ise anginada azalmayla birlikte Seattle Angina Sorgulaması ile elde edilen yaşam kalitesi endekslerinde KTO girişiminin optimal medikal tedaviye anlamlı bir üstünlük sağladığı gösterilmiştir.^{5,6}

DECISION-CTO çalışmasındaki olumsuz sonucun nedenleri araştırıldığında ; çalışmanın erken sonlandırılması, çalışmanın kolları arasında hastaların yer değiştirme sıklığının fazla olması, KTO olmayan lezyonlarında çalışmada yer alması ve çok az semptomu olan hastaların da çalışmaya dahil edilmesi sıralanabilir. Bu çalışmada işlem uygulanan lezyonların önemli bir kısmında KTO lezyonlarının yanında KTO olmayan lezyonlar da bulunuyordu. Diğer önemli bir nokta da optimal medikal tedavi kolundaki hastaların %20'si çalışma sırasında girişim koluna geçmişti. Joyal ve arkadaşlarının yaptığı bir metaanalizde ise başarılı KTO girişimi yapılan hastalarda semptomlarda anlamlı şekilde azalma sağlandığı ortaya konuldu.⁷

Sol Ventrikül Fonksiyonlarında İyileşme

KTO girişimi yapılması sol ventrikül fonksiyonlarında iyileşme sağlayabilir. Bu alanda daha çok küçük çaplı gözlemsel çalışmalar yapılmıştır. Kardiyak MR kullanılarak yapılan küçük çaplı bir çalışmada başarılı KTO girişimi yapılan grupta hiperemik miyokardiyal kan akımı ve kontraktilitenin medikal takip kolundan anlamlı şekilde daha iyi olduğu gösterildi (8). 34 çalışmanın ve toplam 2804 hastanın dahil edildiği bir metaanalizde ise başarılı KTO girişiminin sol ventrikül EF değerlerinde anlamlı artış sağladığı özellikle başlangıç değerleri daha düşük olan hastalarda artış daha belirgin oluyordu.⁹

Bu konuda önceki küçük çalışmaların aksine olumsuz sonuçlanan EXPLORE çalışmasında ST elevasyonlu miyokard infarktüsü nedeniyle primer perkütan koroner girişim yapılan ve infarkt ilişkili olmayan bir damarda KTO saptanan hastalarda bu KTO lezyonunda yapılan girişimin 4. Ayda kardiyak MR ile belirlenen sol ventrikül fonksiyonları ve sol ventrikül end-diyastolik hacim üzerine etkisi araştırıldı. Çalışma sonucunda girişim yapılan grunun medikal tedavi grubuna üstünlüğü gösterilemedi. Bu çalışmada sol ventrikül fonksiyonlarının sadece 4.ay gibi erken bir dönemde değerlendirilmesi ve KTO başarı oranının nispeten düşük olması (%73) çalışmanın eleştirilen yönlerindendi.¹⁰

Aritmik Olaylar ve Ani Ölümün Önlenmesi

İnfarkt ilişkili arter bölgesinde KTO varlığının artmış ventriküler

aritmiler ve intrakardiyak defibrilatör (ICD) şoklamalarında artışla ilgili olduğu gösterilmiştir.¹¹ Bu aritmiler aslında skar bölgesinden daha çok skar etrafında kalan peri-infarkt alanlardan kaynaklanırlar. Bu durum da KTO revaskülarizasyonu ile bu bölgelerdeki kan akımındaki artışın pozitif remodelingle birlikte aritmilerde sağlayabileceğini düşündürmektedir.¹² Yakın dönemde yayınlanmış bir metaanalizde KTO varlığının ventriküler aritmiler ve tüm nedenlere bağlı ölümün bir öngördürücüsü olduğunu ortaya koymuştur.¹³ Üç hastadan oluşan bir vaka serisinde rekürren ventriküler taşikardi atakları olan 3 hastanın başarılı KTO revaskülarizasyonu sonrasında yapılan elektroanatomik haritalamada yoğun skar alanlarında azalma izlenirken 1 yıllık takip süresince de tekrarlayan ventriküler aritmi izlenmedi.¹⁴ Özetle; elmizdeki veriler KTO varlığının ventriküler aritmileri artırdığını net bir şekilde ortaya koymaktadır. Ancak KTO revaskülarizasyonunun ventriküler aritmiler ve ani ölüm üzerine anlamlı bir etki sağlayacağı düşüncesi bugün için sadece bir varsayımdan ibarettir ve sadece anekdotal veriler bu teoriyi desteklemektedir.

Mortalite ve Major Kardiyovasküler Olaylar

KTO girişimlerinin mortalite ve major kardiyovasküler olaylar üzerine etkileri konusunda randomize kontrollü çalışmalarla gözlemsel çalışmalar birbirine zıt sonuçlar sağlamaktadır. DECISION çalışmasında tüm nedenlere bağlı ölüm, MI, revaskülarizasyon , strok gibi son noktalarda KTO girişimi optimal medikal tedaviye bir üstünlük sağlayamadı. Bu çalışmanın en çok eleştirilen yönü ejeksiyon fraksiyonu %30'un altında olan hastaların çalışmadan dışlanmasıydı ki bu hasta grubunun aslında girişimden en çok fayda görecektir. Euro CTO çalışmasında 3 yıllık takipte tekrarlayan revaskülarizasyonda (%7.3-%18.2 , p=0.0035) anlamlı azalma sağlanırken karyovasküler ölüm ve non-fatal miyokard infarktüsü gibi son noktalarda azalma sağlanamadı. REVASC çalışmasında ise 12 aylık takip sonunda mortalite, kardiyak ölüm , MI ve tekrarlayan revaskülarizasyon kombine son noktasında KTO girişimi ile anlamlı azalma sağlandı.¹⁵ 25 çalışmanın değerlendirmeye katıldığı 28486 hastadan oluşan bir metaanalizde ise başarılı KTO girişimi yapılan hastaların başarısız sonuçlananlara göre ölüm , strok , tekrarlayan girişim gibi klinik son noktalarda anlamlı azalma sağladığı gösterilmiştir.¹⁶

KTO Girişim Kılavuz Endikasyonları

Güncel Avrupa ve Amerikan Kardiyoloji kılavuzları KTO girişimini uygun hastalarda ve geniş bir alanda iskemi varlığı veya medikal tedavi ile kontrol altına alınamayan anginası olan hastalar için önermektedir (Sınıf Iıa, kanıt düzeyi B). Avrupa kılavuzlarında ilave olarak operatör tecrübesi de endikasyon için bir gereklilik olarak belirtilmiştir.^{17,18}

KTO Geçiş Stratejileri

KTO Risk Skorları

KTO girişim öncesinde işlemin risk ve başarılı bir şekilde sonlandırılma oranını belirlemek için skora sistemleri geliştirilmiştir (Tablo 2). Bu skorların hangisinin daha iyi sonuçları çeşitli çalışmalarda değerlendirilmiştir. 660 KTO hastasının değerlendirildiği tek merkezli bir çalışmada J-CTO, Euro-CTO (CASTLE) skorları prosedural başarıyı benzer oranlarda öngörebildi.^{19,20} Ancak daha kompleks vakalarda Euro-CTO skorunun daha iyi performans gös-

teriyordu. 3757 KTO vakasının alındığı PROGRES CTO kayıt çalışmasında J-CTO, CASTLE score ve PROGRESS CTO skoru benzer öngördürücülük gösterirken J-CTO skoru en iyi ayrımı yapıyordu (Tablo 1). Daha sonra geliştirilen J-CTO Extension'da ise KTO lezyonuyla ilgili özelliklerin yanında diyabet, periferik arter hastalığı, diyaliz ve düşük ejeksiyon fraksiyonu gibi klinik faktörler de yer alıyor. Bu skorlama sistemi işlem sonrası dönemdeki major kardiyovasküler olayları öngörmede diğer skorlardan daha iyi performans göstermiştir.²⁰⁻²³

KTO Geçiş Algoritmaları

KTO girişimlerinde dekatlar halinde bakıldığında başarının %50'lerden %85-90'lı seviyelere yükselmesinde operator tecrübesi, gelişen teknolojinin sağladığı yeni malzemelerin yanında artık yaygın şekilde kullanılmaya başlayan KTO geçiş algoritmalarının da önemli olduğu bir gerçektir. İlk yayınlanan Hibrit algoritma ile birlikte dual enjeksiyonun ve işlem öncesinde anjiyografinin detaylı bir şekilde incelenmesinin önemi vurgulandı. Ayrıca işlem sırasında karşılaşılan başarısızlıklarda diğer seçeneklere hızlı şekilde geçilmesi, radyasyon dozu, kontrast ve prosedür zamanı konularına da dikkat çekti. Yıllar içinde Asya Pasifik, Avrupa ve Çin KTO Kulüp üyeleri tarafından benzer algoritmalar yayınlandı. 2021 yılında ilk Hibrit algoritmanın dünyanın çeşitli ülkelerindeki önemli KTO operatörleri tarafından gözden geçirilmesi ile güncel KTO geçiş algoritması yayınlandı.²⁴

Dual Anjiyografi

Dual anjiyografi KTO girişiminin en temel adımlarından biridir. Ancak bütün kollateral akımın ipsilateral taraftan gelmesi durumunda dual anjiyografiye gerek kalmayabilir. Nitrat kullanılarak yapılan dual anjiyografi geçiş için gerekli planların yapılmasını, geçiş sonrasında telin bulunduğu pozisyonun belirlenmesini ve komplikasyonların daha gelişmeden önlenmesini sağlar. Dual anjiyografiye ilave olarak son yıllarda koroner tomografik anjiyografi de KTO girişimi için ilave veriler sağlamaktadır. Günümüzde Stingray (Boston Scientific) kullanılacak diseksiyon-reentry vakaları ve eş zamanlı IVUS eşliğinde prox cap penetrasyonu yapılırken bile 7F kataterler yeterli olmaktadır. Sadece eş zamanlı olarak IVUS ve Stingray temelli re-entry yapılacak hastalar ile ipsilateral retrograd girişim planlanan hastalarda 8F kataterler gerekli olabilmektedir.

KTO girişimi kompleks bir girişim olduğu için uzun yıllar boyunca işlemler sadece femoral yoldan yapıldı ancak son yıllarda gelişen teknolojinin sağladığı daha düşük profilli cihazlar, artan radial yol tecrübesi sayesinde artık KTO işlemleri de radial yoldan yapılabilmektedir. Yakın zamanda yayınladığımız FORT-CTO çalışması sonuçlarına göre radial yoldan yapılan KTO işlemlerinin femoral yoldan yapılan işlemlere göre daha az giriş yeri komplikasyonuna neden olurken, işlem başarısı açısından femoral yolun bir üstünlüğü bulunmuyordu.²⁵

Proximal Cap: Proximal cap morfolojisinin anlaşılması KTO işleminin sorunsuz ve en az komplikasyonla yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Proximal cap belirsizliği (ambiguity) global algoritmanın retrograd yola geçilmesi konusunda en önem verdiği parametrelerdendir. Belirsiz (ambiguous) proximal cap durumunda retrograd yol, IVUS yardımcı cap belirlenmesi veya diseksiyon-reentry (ADR) yöntemlerinden birini kullanmak gerekir.

KTO uzunluğu: Ancak dual enjeksiyon yapılarak belirlenen KTO uzunluğu işlem başarısını ve hangi yolun kullanılması gerektiğini belirleyen en önemli kriterlerden biridir. Yine KTO segmentinin tortuözite ve kalsifikasyon yoğunluğu da işlemde kullanılacak teknikleri belirleyen kriterler arasında yer alır.

Distal damar kalitesi: 2 mm'nin üzerindeki distal damar çapı, distalde lezyon ve bifurkasyon bulunmaması, işlem başarısını artırır. Özellikle diffüz hasta distal damar yataklarlarında sub-intimal geçiş sonrasında tekrar doğru lümeneye düşmek oldukça zor olabilmektedir.

Kollateral dolaşım: Kollateral dolaşım septal, epikardiyal veya bypass grefti üzerinden olabilir. Kollateral değerlendirilmesinde çap, tortuözite, bifurkasyon, kollateral kanala giriş ve çıkış açısı, kollateral çıkışı ile distal cap arasındaki mesafe gibi faktörler dikkatli bir şekilde incelenmelidir.

Proximal Cap Belirsizliğinin Çözümü:

Proximal cap'ın tam olarak nerede olduğunun belli olmadığı durumları ifade eder. Sıklıkla bir yandal çıkışının olduğu noktadaki KTO vakaları bu şekildedir. Bazı vakalarda farklı açılardan çekim yapılması belirsizliği giderirken tomografik anjiyografi veya proximal cap'a yakın bir noktadan mikrokataterle enjeksiyon yapılması da belirsizliğin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu vakalarda baştan sert bir telle başlamak doğru bir yaklaşım olmaz. Bu yöntemlerle de hala proximal cap belirsiz olarak kalıyorsa retrograd yol, IVUS kılavuzluğunda ponksiyon ve diseksiyon-reentry tekniklerinden birini kullanmak gerekir. Bu tekniklerin hangisini kullanmak gerektiği vakadan vakaya değişiklik gösterir, örneğin çok iyi septal kollateralleri olan bir vakada retrograd yolu kullanmak gerekirken, proximal cap'te büyükçe bir yandalı olan vakalarda ise IVUS'u öncelikle tercih etmek mantıklı olacaktır. Her ikisinin de olmadığı ve iyi bir distal damar yatağına sahip vakalarda ise diseksiyon-reentry yöntemlerini kullanmak gerekir.

Antegrad geçiş teknikleri:

Antegrad telleme teknikleri en sık kullanılan KTO yöntemidir ve proximal cap belirsizliği ve düşük distal damar kalitesi durumları dışında ilk seçenek olarak kullanılmalıdır. Antegrad tellemeye ilk olarak düşük ağırlıklı, polimer kaplı ve incelen uçlu (tapered) teller kullanılarak başlmalı dirençle karşılaşıldığı durumlarda daha ağır ve incelen uçlu teller kullanılmalıdır. Sert tellerle belli bir ilerleme sağlandıktan ve direnç geçildikten sonra özellikle damar seyri de belirsizse mutlaka daha yumuşak uçlu tellere dönüş yapılmalıdır. Bu yolla doğru distal damar yatağına ulaşılamazsa paralel tel, cihaz temelli re-entry yöntemleri (Stingray-Boston Scientific) veya retrograd yola geçilmelidir.

ADR (Antegrad diseksiyon ve re-entry)

ADR yönteminde tel sub-intimal alana geçer ve KTO seyri boyunca subintimal alanda seyrederek. Bu durum planlı veya istemsiz bir şekilde gerçekleşmiş olabilir. Hibrid algoritmaya göre 20 mm üzerindeki KTO uzunluklarında ADR yöntemi antegrad telleme yöntemlerine tercih edilmelidir. Bunun yanında kalsifikasyon, tortuözite ve yandalları içermeyen sağlıklı distal damar varlığı da ADR yöntemini uygun hala getirir. Pek çok diyagonal ve septal dalın çıktığı uzun LAD-KTO vakalarında ADR yöntemi önerilmez. Stingray gibi

bir re-entry cihazı kullanılacaksa re-entry noktasının distal cap'e olabildiği kadar yakın olmasına çalışılmalıdır.

Retrograd geçiş

Proximal cap belirsizliği olan KTO distalinde bifurkasyon olan veya antegrad yaklaşımın başarısız olacağı düşünülen vakalarda primer retrograd yaklaşım tercih edilmelidir. Retrograd yol tercih edilirken antegrad yolda olduğu gibi gerçek lümenle ilerlemek mümkün olabileceği gibi, uzun tortuöz ve kalsifik damarlarda subintimal geçiş yöntemi de kullanılabilir. REVERSE-CART yöntemi pek çok retrograd vakasının başarılı bir şekilde sonlandırılması için kullanılması gerekli yöntemlerdendir. Son yıllarda destek kateteri veya IVUS kullanılarak bu yöntemin başarı şansı artırılmıştır.

Yöntem değişikliği

Bir yöntem başarısız olduğunda hemen diğer yöntemlere geçiş işlem süresini kısaltmakta ve başarı şansını artırmaktadır. Burada başarısızlık kararını verip diğer yöneme geçmek için gereken süre Japon algoritmasında 20 dk olarak belirlenmiştir. Bu süre operatörün diğer yöntemlerdeki tecrübesi, eldeki ekipman ve anatomiyeye göre farklılık gösterebilir.

Investment

Bir KTO vakasının başarısızlıkla sonuçlanacağı çeşitli durumlarda elde edilen kazanımları sonraki işlemlere aktarabilmek için çeşitli uygulamalar yapılabilir. Örneğin proximal cap belirsizliği olan bir vakada tel proximal kesimde plak içinden doğru yönde ilerlediyse balon dilatasyonu yapmak bir sonraki vakada tekrar geçişi kolaylaştırır. Yine uzun subintimal geçiş sonrasında nispeten küçük bir distal damar yatağı ortaya çıktıysa hemen stentlemek yerine diseksiyonların iyileşmesi için investment prosedürüne bırakmak daha iyi uzun dönen sonuçlar sağlayabilir. Bu tür vakalarda 2 aylık bir bekleme süresi diseksiyonların iyileşmesi için gereklidir.

Ne zaman durmalı?

KTO işleminde başarısız kabul ederek durulacak noktayı belirlemek hasta güvenliği ile işlem başarısı arasındaki kritik noktayı belirlemede önemlidir. Global algoritma 3 saati aşan işlem süreleri, GFR'nin 3 katına ulaşan kontrast miktarı ve 5 Gy üzeri radyasyon dozunu ulaşılması durumunda eğer başarı şansı çok yüksek değilse işlemi sonlandırmayı önermektedir. Yine işlemin başarıya ulaşması için retrograd yol veya ADR yöntemlerinin kullanılmasının gerektiği ancak operatör tecrübesinin yetersiz olduğu durumlarda vakayı sonlandırıp tecrübeli operatör ve merkezle hastayı yönlendirmek daha doğru olacaktır.

KTO Ekipmanları

Kılavuz Teller

KTO işlemlerinde işlem başarısını belirleyen temel etmen başarılı tel geçişidir. Bu nedenle özellikli tellerin kullanım yerlerini ve özelliklerini iyi bilmek gerekir. Bir kılavuz tel 4 temel bileşenden oluşur:

İlk bölüm telin çekirdek (core) kısmıdır ki paslanmaz çelik, nitinol veya her ikisinin karışımından (dual core) oluşur. Paslanmaz çelik temelli kılavuz teller mükemmel destek sağlarken, itilebilirlik

ve tork kabiliyeti de oldukça iyidir. Nitinol bazlı tellerin ise fleksibilite ve ilerletilebilirlik (trackability) özellikleri daha iyidir bu da daha tortuöz damarlarda kolay ilerlemesini sağlar.

İkinci önemli bölüm telin uç kısmıdır (tip). Telin çekirdek kısmının uca kadar ulaştığı tellerin (core-to-tip design) tork kontrolü ve taktik feedback'i mükemmel yakındır. Çekirdeğin uca kadar ulaşmadığı tellerde ise arda kısa metal şeritler vardır bu özellik telin fleksibilitesini şekil hafızasını sağlar. Uçla ilgili diğer bir özellik de incelen uca sahip tellerin penetrasyon kabiliyeti daha fazladır. Daha kalsifik geçilmesi zor lezyonlarda incelen uçlu (tapered) teller kullanılır.

Üçüncü kısım çekirdeği saran gövdenin özelliğidir. Sarmal teller olabileceği gibi polimer (plastik) kaplı da olabilir, bazı tellerde de bu ikisinin karışımını görmekteyiz. Polimer kaplı tellerin kayganlığı oldukça fazladır bu da tortuöz damarlardan kayıp geçmesini kolaylayabilir.

Dördüncü kısım kaplamadır; hidrofilik veya hidrofobik kaplamadan oluşur. Hidrofobik kaplamalı tellerin taktik feedback'i daha iyidir subintimal alanlara girme riski daha düşüktür. Hidrofilik tellerse daha kaygan olduklarından mikrokatanlar, tortuöz damarlar ve kollaterallerden kolaylıkla geçebilirken, subintimal alanlara da kolayca girebilirler.²⁶

Tablo 2.de yaygın kullanılan KTO tellerini özetledik.

Mikrokaterler

Mikrokaterler KTO revaskülarizasyonun kullanılan en önemli cihazlardır. Temel olarak kılavuz tel desteğini, penetrasyon gücünü artırmak gerektiğinde kılavuz tel değişimine olanak sağlamak ve selektif kontrast enjeksiyonu yapmak için kullanılabilirler. Genel olarak özellikleri benzer olmakla birlikte daha büyük çaplı mikrokaterler destek sağlamak konusunda daha iyiyken, düşük profilli mikrokaterler de kollateral geçişinde daha başarılı olmaktadır. Diğer özellikleri de örgü temelli olup olmasına göre tork verilip verilemeye durumudur. Tork verilmeyen mikrokaterler (Finecross vb) daha çok düşük profile sahip ve itilerek hareket ettirilirken, tork verilebilen mikrokaterler (Corsair Pro) kalsifik geçişin zor olduğu lezyonlarda tork verilerek ilerletilebilirler. Dual lümen mikrokaterler gibi yandal geçişini kolaylaştıran veya paralel tel tekniklerini uygulamayı kolaylaştıran yeni nesil cihazlar KTO revaskülarizasyonunda olduğu gibi günlük hayatta karşılaşılan kompleks koroner girişimlerde de kullanılabilir.²⁷

Tablo 3'te günlük hayatta yaygın kullanılan mikrokaterleri özetledik.

KTO Girişim Komplikasyonları

KTO çalışmalarında major komplikasyonların KTO girişim yapılan hastalarda diğer girişimlere göre daha fazla oranda rastlandığı gösterilmiştir. En başlıcaları; yandal kaybı, diseksiyon, tamponat, ciddi aritmiler, perforasyon ve acil cerrahi gereksinimi olarak sayılabilir. Operatör ve klinik tecrübesi arttıkça komplikasyon oranlarının azaldığı gösterilmiştir.^{28,29}

PROGRESS-CTO kayıt çalışmasından komplikasyon riskini öngörmesi için bir risk skoru sistemi geliştirilmiştir. Yaş (>65), lezyon uzunluğu (>23mm), retrograd yol kullanımı parametrelerinin var-

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

lığına göre hastanın komplikasyon riski %0.2'den %6'ya kadar cı-kabilmektedir.

Perforasyon KTO girişimlerinin en korkulan komplikasyonudur. 2011-2018 dönemini kapsayan 1811 KTO girişiminin analiz edildiği bir çalışmada %5.5 oranında perforasyon izlenmiştir. Bu perforasyon vakalarının yaklaşık %20'lik bir kesiminde tamponad ge-

lişmiştir.³⁰

Bütün komplikasyonlar gibi perforasyon da retrograd girişimler sırasında daha çok görülür. Ancak bu vakalarda görülen perforasyonların önemli bir kısmı antegrad geçilmeye çalışılırken ortaya çıkmaktadır.³¹

Tablo 1. Yaygın Kullanılan KTO Skorum Sistemlerinin Karşılaştırılması

| | J-CTO | CASTLE | PROGRESS-CTO |
|------------------------------|-------|--------|--------------|
| Başarısız önceki girişim | X | | |
| Proximal damarda tortuozite | | X | X |
| Belirsiz proximal cap | | | X |
| Blunt stump | X | X | |
| Kalsifikasyon | X | X | |
| Uzunluk (>20 mm) | X | X | |
| KTO gövdesinde 45 açılma | X | | |
| Kullanılabilir kollateraller | | | X |
| CX lezyonu | | X | |
| Yaş (>70) | | | X |
| Bypass hikayesi olan hasta | | X | |

Tablo 2. Yaygın Kullanılan Kılavuz Teller

| Kullanım tekniği | Kılavuz tel | Kaplama | Uç morfolojisi | Uç ağırlığı | Uç kalınlığı | Penetrasyon gücü | Özellikler |
|--|-----------------|--------------------------|----------------|-------------|--------------|------------------|--|
| Sliding (mikrokaanal tarama amaçlı teller) | Fielder FC | Hidrofilik-polimer kaplı | Non-tapered | 0.8g | 0.014 inch | Düşük | İleri derecede kaygan, tortuöz damarlarda geçiş sağlar |
| | Fielder XT | Hidrofilik polimer kaplı | Tapered | 1g | 0.09 inch | Düşük | |
| | Fielder XT-A | Hidrofilik polimer kaplı | Tapered | 1gr | 0.09 inch | Düşük | Kompozit core teknolojisi ile daha iyi tork kontrolü sağlar |
| | Fielder XT-R | Hidrofilik polimer kaplı | Tapered | 0.6 gr | 0.09 inch | Düşük | Daha düşük uç ağırlığı ile kollateral geçişinde kullanılabilir |
| Drilling teknik için kullanılan teller | Miracle 6 | Hidrofobik | Non-tapered | 6 gr | 0.014 inch | Orta | İyi taktil feedback |
| | Ultimate Bros-3 | Hidrofilik | Non-tapered | 3gr | 0.014 inch | Orta | İyi taktil feedback, iyi itilebilirlik |
| Penetrasyon telleri | Miracle 12 | Hidrofobik | Non-Tapered | 12 gr | 0.014 inch | Yüksek | İyi taktil feedback |
| | Conquest Pro 9 | Hidrofilik | Tapered | 9 gr | 0.09 inch | Yüksek | Sert ve incelen ucu zorlu kalsifik lezyonlara penetrasyon sağlar |
| | Conquest 12 | Hidrofilik | Tapered | 12 gr | 0.09 inch | Yüksek | Sert ve incelen ucu zorlu kalsifik lezyonlara penetrasyon sağlar |
| | Hornet 10 | Hidrofilik | Tapered | 10 gr | 0.08 inch | Yüksek | Yüksek tork kabiliyeti |
| | Hornet 14 | Hidrofilik | Tapered | 14 gr | 0.08 inch | Yüksek | |
| Gaia ailesi | Gaia-1 | Hidrofilik | Tapered | 1.5 gr | 0.010 inch | Düşük | Yüksek tork kabiliyeti, penetrasyon gücü |
| | Gaia-2 | Hidrofilik | Tapered | 3.5 gr | 0.011 inch | Orta | |
| | Gaia-3 | Hidrofilik | Tapered | 4.5 gr | 0.012 inch | Yüksek | |

Tablo 2. Yaygın Kullanılan Kılavuz Teller (Devamı)

| | | | | | | | |
|-------------------------|------------|--------------------------|-------------|--------|------------|-------|---|
| Knuckle telleri | Pilot-50 | Hidrofilik-polimer kaplı | Non-tapered | 1.5 gr | 0.014 inch | Düşük | Fleksibilitesi yüksek |
| | Pilot 200 | Hidrofilik polimer kaplı | Non-tapered | 4.1 gr | 0.014 inch | Orta | Orta-yüksek penetrasyon gücü, büyük knuckle'lar |
| | Sion Balck | Hidrofilik polimer kaplı | Non-tapered | 0.8 gr | 0.014 inch | Düşük | Mükemmel tork kabiliyeti, |
| Kollateral kanal geçişi | Sion | Hidrofilik | Non-tapered | 0.7 gr | 0.014 inch | Düşük | Kaygan |
| | Sion Blue | Hidrofilik | Non-tapered | 0.5 gr | 0.014 inch | | Yüksek tork ve fleksibilite |
| | Sion Black | Hidrofilik polimer kaplı | Non-tapered | 0.8 gr | 0.014 inch | Düşük | Mükemmel tork kabiliyeti, |
| | Suoh-3 | Hidrofilik | Non-tapered | 0.3gr | 0.014 inch | Düşük | Yüksek tork ve lümen takibi |
| Externalizasyon | RG-3 | Hidrofilik | Non-tapered | 3 gr | 0.010 inch | Orta | Katater giriş çıkışları için uygun |
| | R350 | Hidrofilik | Non-tapered | 3 gr | 0.013 inch | Orta | Mükemmel itilebilirlik |

Tablo 3. Yaygın Kullanılan Mikrokateterler

| Mikrokateter | Lümen | Geçiş profili(fr) | Uzunluk | İlerletilme şekli | Özellikler |
|-----------------|------------|-------------------|------------|-------------------------------|--|
| Finecross | Tek | 1.8 | 130-150 cm | İtme | Düşük profilli ve itilebilirliği iyi |
| Corsaio Pro | Tek | 2.6 | 135-150 | Saat yönünün tersine rotasyon | Uç fleksibilitesi iyi, kalsifik lezyonları geçebilir |
| Turnpike | Tek | 2.6 | 135-150 | Her iki yön rotasyon | Fleksibl ve incelen uç |
| Turnpike LP | Tek | 2.2 | 135-150 | Her iki yöne rotasyon | Daha düşük uç profili ile tortuöz damarlarda çok iyi |
| Turnpike Spiral | Tek | 2.9 | 135 | Saat yönünde rotasyon | Daha iyi destek kalsifik zorlu lezyonlarda geçiş |
| Turnpike gold | Tek | 2.9 | 135 | Saat yönünde rotasyon | Altın uç sayesinde zorlu lezyonlar için kullanılır |
| Supercross | Tek | 1.8 | 130-150 | Rotasyon-itme | Açılı uçlu olanları yandal geçişi için kullanılır |
| Mamba | Tek | 2.4 | 135 | Rotasyon | 3 katlı kaplama sayesinde antegrad geçiş için artırılmış güç |
| Mamba-Flex | Tek | 2.1 | 135-150 | Rotasyon | Artırılmış fleksibilite sayesinde kollaterallerden geçiş |
| Caravel | Tek | 1.9 | 135-150 | İtme | Çok düşük profil sayesinde kollateral geçişi için ideal |
| FineDuo | Dual lümen | 2.9 | 140 | İtme | Dual lümen mikrokateter kullanımı için ideal |
| TwinPass | Dual lümen | 3.5 | 135 | İtme | |

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Agrawal H, Lange RA, Montanez R, et al. The role of percutaneous coronary intervention in the treatment of chronic total occlusions: rationale and review of the literature. *Curr Vasc Pharmacol* 2019;17(03):278-290. [\[Crossref\]](#)
2. Fefer P, Knudtson ML, Cheema AN, et al. Current perspectives on coronary chronic total occlusions: the Canadian Multicenter Chronic Total Occlusions Registry. *J Am Coll Cardiol* 2012;59(11):991-997. [\[Crossref\]](#)
3. Tsai TT, Stanislawski MA, Shunk KA, et al. Contemporary incidence, management, and long-term outcomes of percutaneous coronary interventions for chronic coronary artery total occlusions: insights from the VA CART program. *JACC Cardiovasc Interv* 2017;10(09):866-875. [\[Crossref\]](#)
4. Lee S-W, Lee PH, Ahn J-M, et al. Randomized trial evaluating percutaneous coronary intervention for the treatment of chronic total occlusion. *Circulation* 2019;139:1674-83. [\[Crossref\]](#)
5. Werner GS, Martin-Yuste V, Hildick-Smith D, et al. A randomized multicentre trial to compare revascularization with optimal medical therapy for the treatment of chronic total coronary occlusions. *Eur Heart J* 2018;39:2484-93. [\[Crossref\]](#)
6. Obedinskiy AA, Kretov EI, Boukhris M, et al. The IMPACTOR-CTO Trial. *JACC Cardiovasc Interv* 2018;11:1309-11. [\[Crossref\]](#)
7. Joyal D, Afilalo J, Rinfret S. Effectiveness of recanalization of chronic total occlusions: a systematic review and meta-analysis. *Am Heart J* 2010;160:179-87. [\[Crossref\]](#)
8. Cheng AS, Selvanayagam JB, Jerosch-Herold M, van Gaal WJ, Karamitsos TD, Neubauer S, Banning AP. Percutaneous treatment of chronic total coronary occlusions improves regional hyperemic myocardial blood flow and contractility: insights from quantitative cardiovascular magnetic resonance imaging. *JACC Cardiovasc Interv* 2008;1:44-53. [\[Crossref\]](#)
9. Megaly M, Saad M, Tajti P, et al. Meta-analysis of the impact of successful chronic total occlusion percutaneous coronary intervention on left ventricular systolic function and reverse remodeling. *J Interv Cardiol* 2018;31:562-71. [\[Crossref\]](#)
10. Henriques JPS, Hoebbers LP, Råmunddal T, et al. Percutaneous intervention for concurrent chronic total occlusions in patients with STEMI: the EXPLORE Trial. *J Am Coll Cardiol* 2016;68:1622-32. [\[Crossref\]](#)
11. Nombela-Franco L, Mitroi CD, Fernández-Lozano I, et al. Ventricular arrhythmias among implantable cardioverter-defibrillator recipients for primary prevention: impact of chronic total coronary occlusion (VACTO Primary Study). *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2012;5:147-54. [\[Crossref\]](#)
12. Tse G. Mechanisms of cardiac arrhythmias. *J Arrhythm* 2016;32:75-81. [\[Crossref\]](#)
13. Chi WK, Gong M, Bazoukis G, et al. Impact of coronary artery chronic total occlusion on arrhythmic and mortality outcomes: a systematic review and meta-analysis. *JACC Clin Electrophysiol* 2018;4:1214-23. [\[Crossref\]](#)
14. Myat A, Patel M, Silberbauer J, Hildick-Smith D. Chronic total coronary occlusion revascularisation positively modifies infarct-related myocardial scar responsible for recurrent ventricular tachycardia. *EuroIntervention* 2019;16:1204-1206. [\[Crossref\]](#)
15. Mashayekhi K, Nührenberg TG, Toma A, et al. A randomized trial to assess regional left ventricular function after stent implantation in chronic total occlusion: the REVASC Trial. *JACC Cardiovasc Interv* 2018;11:1982-91. [\[Crossref\]](#)
16. Christakopoulos GE, Christopoulos G, Carlino M, et al. Meta-analysis of clinical outcomes of patients who underwent percutaneous coronary interventions for chronic total occlusions. *Am J Cardiol* 2015;115:1367-75. [\[Crossref\]](#)
17. Neumann F-J, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J* 2019;40:87-165. [\[Crossref\]](#)
18. Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, et al. 2011 ACCF/AHA/SCAI guideline for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *Circulation* 2011;124:e574-651.
19. Ebisawa S, Kohsaka S, Muramatsu T, et al. Derivation and validation of the J-CTO extension score for pre-procedural prediction of major adverse cardiac and cerebrovascular events in patients with chronic total occlusions. *PLoS One* 2020;15, e0238640. [\[Crossref\]](#)
20. Danek BA, Karatasakis A, Karpaliotis D, et al. Development and validation of a scoring system for predicting periprocedural complications during percutaneous coronary interventions of chronic total occlusions: the prospective global registry for the study of chronic total occlusion intervention (PROGRESS CTO) complications score. *J Am Heart Assoc* 2016;5. [\[Crossref\]](#)
21. Szijgyarto Z, Rampat R, Werner GS, et al. Derivation and validation of a chronic total coronary occlusion intervention procedural success score from the 20,000-patient EuroCTO registry: the EuroCTO (CASTLE) score. *JACC Cardiovasc Interv* 2019;12: 335-342.
22. Kalogeropoulos AS, Alsanjari O, Keeble TR, et al. CASTLE score versus J-CTO score for the prediction of technical success in chronic total occlusion percutaneous revascularisation. *EuroIntervention* 2020;15:e1615-e1623. [\[Crossref\]](#)
23. Karacsonyi J, Stanberry L, Alaswad K, et al. Predicting technical success of chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: comparison of 3 scores. *Circ Cardiovasc Interv* 2021;14, e009860. [\[Crossref\]](#)
24. Wu EB, Brilakis ES, Mashayekhi K, Tsuchikane E, et al. Global Chronic Total Occlusion Crossing Algorithm: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2021 Aug 24;78(8):840-853.
25. Gorgulu S, Kalay N, Norgaz T, Kocas C, Goktekin O, Brilakis ES. Femoral or Radial Approach in Treatment of Coronary Chronic Total Occlusion: A Randomized Clinical Trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022 Apr 25;15(8):823-830. [\[Crossref\]](#)
26. Tóth GG, Yamane M, Heyndrickx GR. How to select a guidewire: technical features and key characteristics. *Heart* 2015;101:645- 52. [\[Crossref\]](#)
27. Vemmou E, Nikolakopoulos I, Xenogiannis I, et al. Recent advances in microcatheter technology for the treatment of chronic total occlusions. *Expert Rev Med Devices* 2019;16:267-73. [\[Crossref\]](#)
28. Danek BA, Karatasakis A, Tajti P, et al. Incidence, treatment, and outcomes of coronary perforation during chronic total occlusion percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol* 2017;120(08): 1285-1292. [\[Crossref\]](#)
29. Patel VG, Brayton KM, Tamayo A, et al. Angiographic success and procedural complications in patients undergoing percutaneous coronary chronic total occlusion interventions: a weighted meta-analysis of 18,061 patients from 65 studies. *JACC Cardiovasc Interv* 2013;6(02):128-136. [\[Crossref\]](#)
30. Azzalini L, Poletti E, Ayoub M, et al. Coronary artery perforation during chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: epidemiology, mechanisms, management, and outcomes. *EuroInterven-*

tion 2019;15:e804-e811.[\[Crossref\]](#)
31. Megaly M, Ali A, Saad M, et al. Outcomes with retrograde versus an-

tegrade chronic total occlusion revascularization. *Catheter Cardio-
vasc Interv* 2020;96:1037-1043 [\[Crossref\]](#)

BÖLÜM 2.12

PERKÜTAN GİRİŞİM KOMPLİKASYONLARI

Gürsu DEMİRCİ
Veysel OKTAY
Sait Mesut DOĞAN

Perkütan Girişim Komplikasyonları

Complications of Percutaneous Interventions

BÖLÜM HAKKINDA

Perkütan girişim işlemleri, girişimsel olmayan işlemler gibi her zaman komplikasyon riski taşır. Dolaşım sistemine kateter ve cihazların sokularak tanı ve tedavi amaçlı kullanılması sırasında çeşitli komplikasyonların görülmesi şaşırtıcı değildir. Günümüzde perkütan girişimlerle ilişkili prosedürel komplikasyonların sıklığı %1-2'den azdır.

Komplikasyonlar:

1. Vasküler Komplikasyonlar:

- o Hematom: Kan damarlarının dışında lokalize kan birikimi oluşumu.
- o Psödoanevrizma: Arter lümeni ile sakküler genişleyen hematoma arasında bağlantı olduğunda oluşur.
- o Arteriovenöz Fistül: Bir arter ile bir ven arasında anormal bağlantı oluşumu.
- o Diseksiyon: Arter duvarının yırtılması sonucu sahte lümen oluşumu.

2. Enfeksiyon:

- o Kateter giriş yerinde enfeksiyonlar oldukça yaygındır ve doğru yönetilmezse ciddi komplikasyonlara yol açabilir.

3. Tromboz ve Embolizm:

- o Kan pıhtısı oluşumu kan akışını engelleyebilir ve embolik olaylara yol açarak doku iskemisine neden olabilir.

4. Kanama:

- o Özellikle antikoagülan veya antiplatelet tedavi gören hastalarda ciddi kanamalar meydana gelebilir.

Önleme ve Yönetim:

- Kateter yerleştirme sırasında ultrason rehberliği kullanımı, antikoagülan tedavinin dikkatli izlenmesi ve uygun aseptik teknikler kullanımı komplikasyon riskini önemli ölçüde azaltabilir.
- Komplikasyonların hızlı tanınması ve derhal yönetilmesi, olumsuz sonuçları en aza indirmek için kritik öneme sahiptir.

Sonuç: Perkütan girişim işlemlerinde komplikasyon oranı düşük olmasına rağmen, sağlık hizmeti sağlayıcıları her zaman dikkatli olmalıdır. Teknikler ve teknoloji konusundaki sürekli iyileştirmeler, hasta güvenliğinin ve sonuçlarının iyileştirilmesi açısından esastır.

Anahtar kelimeler: Perkütan girişim, komplikasyon

ABOUT the CHAPTER

Introduction: Percutaneous interventions, similar to non-invasive procedures, carry an inherent risk of complications. These interventions, which involve inserting catheters and devices into the circulatory system for diagnostic and therapeutic purposes, can lead to various complications. Currently, the incidence of procedural complications related to percutaneous interventions is less than 1-2%.

Complications:

1. Vascular Complications:

- o Hematoma: Formation of a localized collection of blood outside the blood vessels.
- o Pseudoaneurysm: Occurs when there is a connection between the arterial lumen and a saccular hematoma.
- o Arteriovenous Fistula: An abnormal connection between an artery and a vein.
- o Dissection: The tearing of the arterial wall can lead to the formation of a false lumen.

2. Infection:

- o Infections at the catheter insertion site are relatively common and can lead to severe complications if not managed properly.

3. Thrombosis and Embolism:

- o Blood clot formation can obstruct blood flow and lead to embolic events, causing tissue ischemia.

4. Bleeding:

- o Major bleeding can occur, especially in patients with anticoagulant or antiplatelet therapy.

Prevention and Management:

- The use of ultrasound guidance during catheter insertion, careful monitoring of anticoagulant therapy, and proper aseptic techniques can significantly reduce the risk of complications.
- Immediate recognition and prompt management of complications are crucial for minimizing adverse outcomes.

Conclusion: Despite the low incidence of complications in percutaneous interventions, healthcare providers must remain vigilant. Continuous improvements in techniques and technology are essential for enhancing patient safety and outcomes.

Keywords: Chronic total occlusion , retrograde, antegrade, ADR



¹Gürsu Demirci

²Veysel Oktay

³Sait Mesut Doğan

¹Düzce Akçakoca Devlet Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Üniversite-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Enstitüsü, Kardiyoloji Bölümü, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: gursu55@hotmail.com
veysel.oktay@iuc.edu.tr
sait.dogan@iuc.edu.tr

Bu bölümü alıntıyla / Cite this chapter as:
Demirci G, Doğan MS, Oktay V. Perkütan Girişim Komplikasyonları. Ersanlı M, [Ed.] *Tanıdan tedaviye koroner girişimler* içinde. İstanbul: İÜC Yayınevi; 2024: 148-155.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

Perkütan girişimlerde komplikasyon gelişimi yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkilidir. Özellikle tanı ve tedavi amaçlı dolaşım sistemine kateter ve cihazların yerleştirilmesi esnasında çeşitli komplikasyonlar görülmesi doğal olup, günlük pratikte perkütan girişimlerle ilişkili prosedürel komplikasyonların sıklığı %1-2 dolayındadır. Perkütan girişimlerde komplikasyon gelişiminde hasta özellikleri, kullanılan malzemeler ve operatör tecrübesi önemli rol oynar. Özellikle ileri yaş, girişim uygulanacak bölgenin anatomisinin kompleks oluşu, operatör tecrübesizliği, akut miyokart enfarktüsü veya kardiyojenik şok gibi stabil olmayan klinik durumlarda işlem yapılması komplikasyon gelişim ihtimalini arttıran başlıca etmenlerdir. Perkütan girişim yapan operatörlerin işlem sırasında komplikasyon gelişimini engellemek için dikkatli olması ve olası komplikasyonları yönetebilme becerisine sahip olması gerekmektedir.

Vasküler Girişimle İlgili Lokal Komplikasyonlar

İşlemlerle ilişkili morbiditenin en sık nedenlerinden biri olan kateter giriş yeri ilişkili komplikasyonlar en sık karşılaşılan komplikasyonlardır. Bu spektrum içinde başlıca femoral arter ve ven trombozu, distal embolizasyon, ponksiyon bölgesinde kanama, diseksiyon, retroperitoneal kanama, psödoanevrizma, arteriyovenöz fistül ve femoral nöropati yer almaktadır.

Psödo Anevrizma

Arter lümeninin bütünlüğü hematomla sağlandığında ve arteriyel lümen ile sakküler genişleyen hematoma arasında bağlantı olduğunda psödo anevrizma gelişir. Örneğin femoral bölgeden yapılan girişimlerde yüzeysel femoral artere uygunsuz şekilde alt kısımlarından veya derin/yüzeysel femoral artere ponksiyon yapılması sonucu psödo anevrizma oluşabilir. Üzerinde pulsasyon alınması ve üfürüm duyulmasıyla tanı konulabilse de tanının teyidi için ultrasonografi (USG) gerekmektedir. Femoral girişimlerde insidansı % 1-6 arasındadır.¹ Radyal arter psödo anevrizmaları nadir görülmekle birlikte sıklıkla cihazın uygunsuz yerleştirilmesi ve kompresyonun kısa süreli yapılması nedeniyle oluşmaktadır.² Özellikle antikoagülan veya antiagregan kullanan hastalarda gelişen psödo anevrizmalar ile 2 cm üzerindeki psödoanevrizmalar büyümeye ve rüptüre yatkındır. 2-3 cm altındaki psödo anevrizmalar semptomsuz takip edildiğinde rezolüsyona uğrayabilir.³ Psödoanevrizmaların rüptüre olma, distal embolizasyona neden olma, enfeksiyon odağı oluşturma ve çevre dokulara baskı yaparak ağrıya sebep olma ihtimalleri vardır. Tedavi seçenekleri arasında lokal anestezi altında cerrahi, USG eşliğinde eksternal kompresyon veya trombin enjeksiyonu, anevrizma boyununun coil veya karşı taraftan yerleştirilen balon ile tıkanması sayılabilir.^{4,5}

Arteriyovenöz Fistül

Girişim esnasında arterin komşuluğundaki venle bağlantı oluşması sonucu meydana gelmektedir. Sıklıkla femoral arter girişimi esnasında ponksiyonun vene ulaşmasıyla oluşmaktadır. Fizik muayenede trill palpe edilmesi ve sürekli üfürüm duyulmasıyla tanı konulup, Doppler USG ile tanı doğrulanmaktadır. Femoral girişimlerin % 1'inde görülmekle birlikte sıklıkla konservatif tedavi edilen nadir bir komplikasyondur. Nadir de olsa fistüller zamanla büyüyerek önemli bir şant meydana getirerek yüksek debili kalp yetersizliği tablosu oluşturabilir. Nadiren cerrahi işlem gereksinimi olmakla birlikte 1/3'ü kendiliğinden kapanmaktadır.^{6,7}

Retroperitoneal Kanama

Femoral bölge girişimlerinden sonra nispeten nadir görülen komplikasyonlardan olan retroperitoneal kanama yüksek mortalite ve morbitideyle seyredabilen ciddi bir komplikasyondur. % 0,4 oranında görülen nadir bir komplikasyon olmasına rağmen %6,6 oranında periprocedürel mortaliteyle ilişkilendirilmiştir.⁸ Femoral arter ponksiyonunun inguinal ligamentin üzerinden arterin ön ya da arka yüzünden yapılması sonucu kanamanın retroperitoneal boşluğa yayılmasıyla oluşur.⁸ İpsilateral yan ağrısı olan, açıklanamayan hipotansiyon ve hemoglobin düşüşü olan hastalarda öncelikle akla gelmelidir. BT veya USG ile tanı konabilir. Tedavi sıklıkla cerrahi yaklaşımdan ziyade intravenöz sıvı tedavisi, kan transfüzyonu ve yatak istirahati gibi palyatif yaklaşımdır. Son zamanlarda kateter temelli tedavi yaklaşımları da uygulanmaya başlanmıştır. Hemodinamik olarak instabil özellik gösteren hastalarda perkütan olarak uzun süreli balon dilatasyonu ve sonuç alınmazsa kaplı stent yerleştirilmesi düşünülmelidir.^{9,10,11}

Femoral Arter ve Ven Trombozu

Anatomik olarak femoral arteri küçük olan, periferik vasküler hastalığın eşlik ettiği, büyük çaplı kateter yada kılıf kullanılan hastalarda özellikle de kateterin kalış süresi uzunsa femoral arter trombozu meydana gelebilir. Distal nabızların alınamadığı, distal sensöryal ve motor işlev bozukluğu olan bir ekstremitede mutlaka akla gelmelidir. Özellikle uzun süren işlemlerde kılıfın sık olarak yıkanması ve yeterli antikoagülasyonun sağlanması bu komplikasyonun gelişim riskini azaltmaktadır. Eğer kateterizasyon işlemi sırasında meydana gelirse; kılıf çıkarılmasına rağmen hızla düzelme olmazsa ponksiyon yerinde akımı engelleyen trombüs araştırılmalıdır. Kontralateral girilerek common femoral arterdeki tıkanıklığa perkütan müdahale edilmesi veya cerrahi müdahale tedavi seçenekleri arasındadır.⁹

Pulmoner emboli risk faktörleri arasında bulunan femoral ven trombozu nadir görülen komplikasyonlardandır. Elektrofizyolojik işlemler gibi çok sayıda kılıf konulan ve uzun süren işlemler ile büyük arteriyel hematoma oluşturduğu mekanik baskı femoral ven trombozuna neden olabilmektedir.

Hemorajik Komplikasyonlar

Özellikle femoral ponksiyon sonrası kontrol edilmesi zor hemorajik komplikasyonlar sıklıkla görülmektedir. Kılıfın giriş bölgesi etrafından kontrol edilemeyen kanama durumunda akla mutlaka femoral arter laserasyonu gelmelidir. Kılıfın daha büyük kılıfla değiştirilmesine rağmen kanama kontrol altına alınamazsa, kanama kılıf etrafına yapılacak manuel kompresyonla durdurulmaya çalışılır. Kılıf çekilip uzun süreli kompresyona (30-60 dakika) veya femoral kapatma cihazına rağmen kanama kontrol altına alınamazsa vasküler onarım için cerrahi yardım istenebilir. Hematom oluşması serbest kanamaya göre daha sık rastlanan bir durumdur. Oluşan hematoma genellikle 1-2 hafta içinde kendiliğinde kaybolmaktadır. Nadiren de olsa kan transfüzyonuna ihtiyaç oluşturabilecek büyüklükte veya cerrahi boşaltılması gereken persistan büyük hematoma görülebilmektedir. Kılıfın büyüklüğü, kadın cinsiyet, ileri yaş, antikoagülan veya antitrombosit tedavi kullanımı hemorajik komplikasyon riskini arttıran durumlardır. Son yıllarda kollajen tıkaçları ve perkütan sütür gibi femoral ponksiyon yerini kapatmaya yönelik girişimler mevcuttur ancak klinik çalışmalar

vasküler komplikasyonları azaltmada standart kompresyona göre daha iyi olduklarını gösterememiştir.¹³ Radyal arter girişimleri esnasında ön kolda ağrı ve şişme durumunda hematoma oluşumundan erken dönemde şüphelenmek kilit noktadır. Çünkü erken tespit ve girişimle en korkulan komplikasyonlardan biri olan kompartman sendromuna gidişi durdurulabilir. Hızlıca ön kola çevresel kompresyon uygulanmalıdır. Bu konuda önerilen yaklaşım ön kolun elastik bandajla sarılması veya tansiyon manşonunun sistolik kan basıncının 15 mmHg altında kalacak şekilde şişirilmesidir. Bu şişirme süresi genellikle 1-2 saattir. Baş parmağa el iskemisini takip amaçlı pulse oksimetre takılabilir. Nadir de olsa ön kolda cerrahi fasyotomi gerektiren durumlar söz konusu olabilir.¹⁴

Nöropati

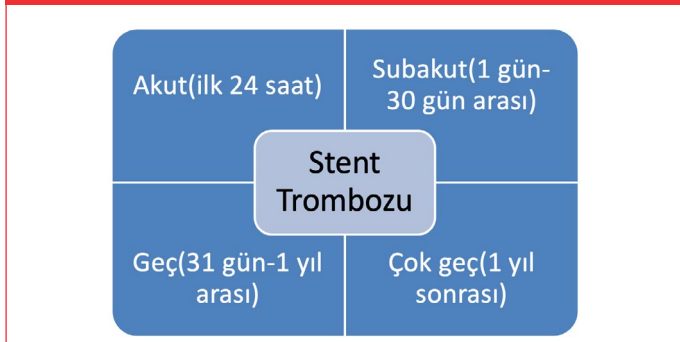
Özellikle femoral girişimlerin nadir görülen bir diğer komplikasyonu femoral nöropatidir. Femoral sinirin doğrudan veya hemostaz amaçlı kompresyonun uzaması sonucu dolaylı olarak etkilenmesi sonucu görülebilmektedir.

Girişim İlişkili Komplikasyonlar

Stent Trombozu

Stent trombozu gelişim zamanlamasına göre 4 gruba ayrılmaktadır (Şekil 1).¹⁵

Şekil 1. Stent Trombozunun Zamana Göre Sınıflandırılması



İkinci jenerasyon stentlerle beraber stent trombozu sıklığı % 1-2'lere kadar düşmüştür.^{15,16} Stent trombozu patofizyolojisinde malapozisyon, neoateroskleroz, undereksansiyon, pozitif remodeling, stent fraktürü, edge-köşe diseksiyonları sıklıkla suçlanan mekanizmalardır. Tanısal yaklaşımda intravasküler ultrason (İVUS), optik koherans tomografi (OCT) yardımcı olmaktadır. Antiagregan tedaviye uyumsuzluk, uzun stentler, stent metal yükünün fazla olması, yaygın koroner arter hastalığı ve koroner anatomisinin kompleks oluşu predispozan faktörler arasında gösterilebilir. Günümüzde ST elevasyonlu miyokard infarktüsü gelişen stent trombozu vakalarında girişim sonrası hasta yönetiminin, de novo lezyon trombozu sonucu ST elevasyonlu miyokard infarktüsü gelişen hastalardan farklı olduğunu gösteren bir kanıt yoktur. 2018 ESC Miyokardiyal Revaskülarizasyon kılavuzu ve 2021 ACC/AHA/SCAI Koroner Arter Revaskülarizasyon kılavuzunda tedavide klopidogrel'den ziyade tikagrelor veya prasugrel'in olduğu ikili antiplatelet tedavi önerilmekte ancak rutin trombüs aspirasyonu önerilmemektedir.

Stent Sıyırılması

Nadir görülmesine rağmen korkulan komplikasyonlardan birisi de stent sıyırılması olup sıklığı % 1'in altındadır.¹⁷ Stent ilerletilirken tortiozite nedeniyle balondan ayrılması, lezyon içinde sıkışan stentin geri çekmeye zorlanması sonucu balondan sıyırılması, işlem esnasında deforme olmuş stentin kateter içine alınmaya çalışılırken kateter distaline takılıp sıyırılması en olası oluşum mekanizmaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Risk faktörleri arasında kalsifikasyon, tortiozite, anatomisinin kompleks oluşu, zayıf kateter desteği, deneyimsiz operatör gibi faktörler yer almaktadır. Predilatasyon sonrası stentlemeye kıyasla doğrudan stentleme stratejisi daha yüksek stent sıyırılması ihtimaline sahiptir.^{18,19,20} Sıyrılan stentin geri alınmasında kıvrımlı kement (snare), basket geri alma cihazı, safra forsepsi, biyopsi forsepsi gibi cihazlar kullanılabilir. Perifere embolize olan küçük stentlerde genellikle agresif tedaviye ihtiyaç duyulmamaktadır. Stent kılavuz tel üzerinde bulunuyorsa içinden balon geçirilip olduğu yere implante edilip esas lezyona ikinci bir stent koyulabilir. Stent hem tel hemde balondan sıyrılmışsa sıklıkla snare kullanılarak geri alınmaya çalışılabilir. Stent ana koroner harici bir bölgede sıyrıldıysa balonla ezilip başka bir stentle duvara yapıştırılabilir.

Diseksiyon

Diseksiyon etyolojisinde kateterin derin entübasyonu, atrektomi cihazları, kılavuz telin yarattığı travma, lezyonun kompleks oluşu gibi etmenlerin rol oynadığı diseksiyonlar hafiften ciddiye kadar semptomlar oluşturabilecek klinik durumlardır. Kateter tercihi (EBU, amplatz), uzun ve ekzantrik lezyonlar, hızlı ve kuvvetli kontrast enjeksiyonu, büyük boyutlu balon kullanımı diğer suçlanan etmenler arasındadır.²⁰ Bazı diseksiyonlar akımı sınırlandırmayıp spontan rezolüsyon gösterebileceği gibi, bazıları da tomboza sebep olabilir. NHLBI (Amerikan Ulusal Kalp Akciğer ve Kan Enstitüsü)'nün yaptığı sınıflama göre koroner diseksiyon sınıflandırması aşağıdaki gibidir (Tablo 1).

Şekil 1. Koroner Diseksiyon Sınıflaması (NHLBI)

| | |
|--|--|
| Tip A koroner diseksiyon: Kontrast enjeksiyonu esnasında küçük radyolüsen alanlar vardır. Boya temizlendikten sonra çok az kontrast vardır veya hiç yoktur. | |
| Tip B koroner diseksiyon: Kontrast enjeksiyonu esnasında radyolüsen alan tarafından ayrılan iki lümen veya paralel alanlar vardır. | |
| Tip C koroner diseksiyon: Boya temizlendikten sonra kontrastın sebat ettiği görülür. Ayrıca koroner dışı kontrast tutulumunun oluşturduğu ekstralümenal kep görünümü vardır. | |
| Tip D koroner diseksiyon: Spiral luminal bir dolun defekti olarak görülür. Ayrıca diseksiyonlu lümenin aşırı kontrast lekelenmesi görülür. | |
| Tip E koroner diseksiyon: Koroner lümenin ısrarcı bir dolun defekti vardır. | |
| Tip F koroner diseksiyon: Distal antegrad akımın olmadığı total oklüzyon görünümündedir. | |

Koroner Diseksiyonlara Yaklaşım

Tip A ve B diseksiyonlar sıklıkla daha iyi huylu seyrederken, Tip

Tanıdan Tedaviye Koroner Girişimler

C-F diseksiyonlar hayatı tehdit edici klinik durumlara yol açabilir. Güncel stent ve tedavi modaliteleri diseksiyon sıklığını azaltmıştır. Anjiyografik olarak stabil seyreden Tip A-B diseksiyonlar takip edilebilir veya glikoprotein 2b/3a tedavisi başlanabilir.²¹ Tip C-F diseksiyonlara özellikle Ellis tip 1 perforasyon eşlik ediyorsa stent tedavisi düşünülebilir. Gerçek lümen kılavuz telin veya stentin ilerletilmesi zorsa damar çapına göre tedavi yaklaşımı belirlemek gerekir. Özellikle damar çapı 2 mm üzerindeyse teknik açıdan mümkünse koroner arter bypass cerrahisi (KABC) düşünülebilir. Ancak diseksiyon distalde veya çap 2 mm altındaysa konservatif yaklaşım tercih edilebilir.

Perforasyon

Tanısal kateterizasyon esnasında koroner arter veya büyük damarların perforasyonu neyse ki sık görülen bir komplikasyon değildir. Çalışmalar koroner perforasyonu oranını %0,3-0,6 olarak bildirmektedir.²² Büyük damarların (aort, pulmoner arter) perforasyonu elastik yapıya sahip olmaları nedeniyle oldukça nadir görülür. Ancak proksimal koroner arter diseksiyonunun yayılımı ile oluşan aort diseksiyonu mutlak akılda bulundurulmalıdır. Geleşen anjiyografi teknikleri, yüksek hızlı mekanik atarektomi gibi yöntemlerin yaygınlaşmasıyla perforasyonlar daha sık görülmeye başlanmıştır. Kardiyak perforasyonun ön harbercisi vagal stimülasyona bağlı bradikardi ve dirençli hipotansiyondur. Günümüzde koroner perforasyonları sınıflamak için en sık kullanılan sınıflama Ellis sınıflamasıdır (Şekil 2).

İleri yaş, kadın cinsiyet, hidrofilik tel kullanımı, sert kateterler, kronik total oklüzyonlar, ileri derece kalsifik lezyonlar ve balon/damar çap uyumsuzluğu gibi faktörler perforasyon riskini arttıran faktörler arasındadır.

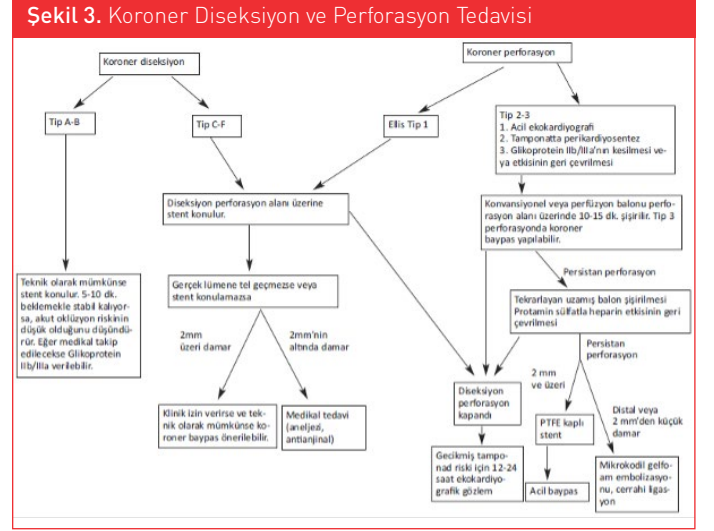
Şekil 2. Koroner Perforasyon Sınıflaması (Ellis)

| | | |
|---|---|--|
| Tip 1 | Damardan kontrast ekstravazasyonu olmadan lümen dışına uzanan krater görünümü vardır. | |
| Tip 2 | Koroner ekstravazasyonun jet olarak izlenmemesi ancak yağ dokusu veya miyokardın kontrast ile boyanmasıdır. | |
| Tip 3 | Belirgin perforasyondan (>1 mm) aşıkır kontrast ekstravazasyonunun görülmüştür. | |
| Tip 4 (Tip 3 kaviteye dökülen) | Perforasyona bağlı kontrastın doğrudan sol ventrikül, koroner sinüs veya başka bir boşluğa dökülmesidir. | |
| Tip 5: Distal koronerin tele bağlı perforasyondur. | | |

Koroner Perforasyona Yaklaşım

Genellikle perforasyonun büyüklüğü ve lokalizasyonu klinik ciddiyeti belirler. Tip 3-4-5 perforasyonlar acilen tedavi edilmezse hızla kardiyak tamponad gelişip katastrofik sonuçlara yol açabilirler. Tip 1 ve 2 perforasyonlar %85-90 oranında kendini sınırlar ve cerrahi tedaviye ihtiyaç duyulmaz. Tedaviye koroner perforasyon gelişikten sonra perforasyon bölgesinde uzun süreli (10-15 dakika) balon şişirilmesiyle başlanması akılcı görünmektedir. Özellikle kılavuz tel ilişkili küçük distal perforasyonlarda balon dilatasyonu, sarmal embolizasyonu, subkutan yağ dokusu embolizasyonu gibi yeni yaklaşımlar vardır. Ancak proksimal perforasyonlarda greft stent gerekebilir. Koroner perforasyonlarda uygulanmış olan heparin protaminle nötralize edilecekse koroner arterlerdeki tüm cihazlar çıkarıldıktan sonra nötralizasyon önerilmektedir. Mutlaka ekokardiyografi ile perikardiyal efüzyon takibi yapılmalı ve peri-

kardiyosentez için geç kalınmamalıdır. Anjiyografik ve klinik olarak perforasyon bulguları devam ederse tekrarlayan uzun süreli balon şişirme işlemi tekrarlanabilir. Perforasyonun perkütan yolla tedavi edilememesi durumunda acil KABC düşünülmelidir. Koroner diseksiyon ve perforasyon tedavisi aşağıda özetlenmiştir (Şekil 3).



Hava Embolisi

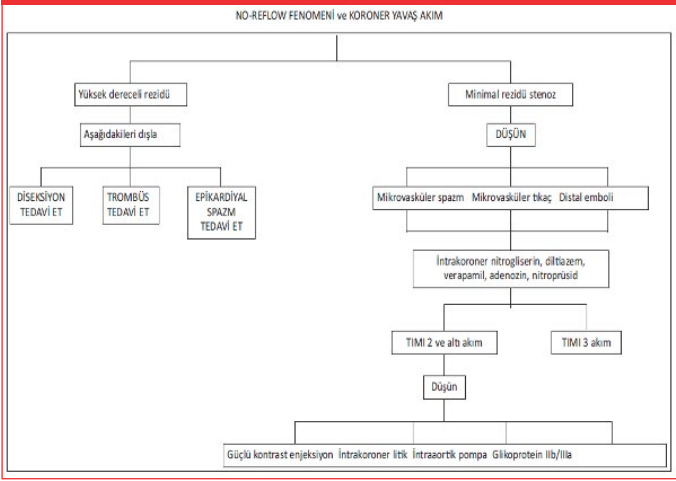
Y konektör bağlantısının açılması, kullanılan balonun patlaması veya kontrast madde değiştirilirken oluşabilen hava embolisi %0,1-0,3 oranında görülmektedir.²³ Hava kabarcıkları distal mikrosirkülasyona ilerledikçe göğüs ağrısı, hipotansiyon, bradikardi, ST segment değişiklikleri ve ventriküler aritmilere sebep olabilir. Tedavi olarak %100 oksijen verilir. Kontrast madde enjeksiyonuyla hava kabarcıkları distal uç kısımlara gönderilmeye çalışılır. Büyük hava embolilerinde trombüs aspirasyonu kateteriyle aspirasyon denenebilir. Hava embolileri vazospazm oluşturabileceği için tedavi olarak nitroprussid ve adenozin kullanılabilir. Hemodinamik instabilite halinde klinik duruma göre intravenöz sıvı, intraaortik balon pompası, atropin, vazopressör ve inotropik tedavi seçenekleri akılda bulundurulmalıdır.

No-reflow Fenomeni

Darlık veya oklüzyonun ortadan kaldırılmasına rağmen akımın yetersiz olmasına no-reflow denir. Örneğin koroner no-reflow, bazı kaynaklarda koroner akımın TIMI-3 [Miyokart enfarktüsünde tromboliz]'in altında olması, bazı kaynaklarda da TIMI 0-1 olması olarak adlandırılmıştır. Ancak güncel pratik TIMI 0-1 akımı no-reflow olarak kabul etmektedir.^{24,25} Endotel hasarı, mikrovasküler disfonksiyon, intrasellüler ve interstisyel ödem gibi mekanizmalar no-reflow oluşumundan sorumlu tutulmaktadır. Reperfüzyon ilişkili ve primer no-reflow olmak üzere 2 tipi vardır. Reperfüzyon ilişkili no-reflow, reperfüzyon sağlansa bile yeterli distal akım elde edilememesidir. Primer no-reflow ise perkütan koroner girişim ilişkili barotrauma nedenli trombüs ve aterom plak embolisidir. Tanı genellikle kateterizasyon esnasında antegrad-ileri akımın gecikmesi veya yavaşlamasıyla konur. Buna genellikle anjina, iskemik elektrokardiyografi değişiklikleri ve hemodinamik instabilite eşlik eder. Safen ven greft işlemleri, rotasyonel atarektomi, mo-

bil trombüs varlığı ve uzamış reperfüzyon zamanı durumlarında no-reflow gelişme ihtimali daha yüksektir. ST elevasyonlu miyokard enfarktüsünde kapı-balon zamanının azaltılması ile teknik olarak mümkünse balonla predilatasyon yapılmadan direkt stentlemeye geçilmesi no-reflow fenomeni gelişmesini önleyebilir. Tedavi yaklaşımında, muhtemel eşlik edebilecek spazmı dışlamak için nitrogliserin uygulanması, diseksiyon ihtimalinin akla getirilip dışlanması, ciddi hipotansiyon yokluğunda intrakoronar verapamil/diltiazem uygulanması, GP IIb/IIIa bailout uygulama, distal emboliler için trombolitik tedavi, intrakoronar kontrast madde veya salin uygulama, vazodilatasyon amaçlı adenozin, sodyum nitroprussid, papaverin, epinefrin uygulama ve gerek halinde acil KABC vardır.^{26,27} No-reflow fenomeni tedavi yaklaşımı aşağıda özetlenmiştir (Şekil 4).

Şekil 4. No-RefLOW Tedavi Yaklaşımı



Diğer Komplikasyonlar

Aritmiler veya İleti Bozuklukları

Perkütan koroner girişimlerde (PKG) asemptomatikten hemodinamik instabiliteye kadar ilerleyebilecek çeşitli ritm ve ileti bozuklukları gelişebilir. Sağ veya sol ventriküle kateter teması sonucu oluşan ventriküler erken atımlar (VEA) sıklıkla klinik açıdan önemsizdir. Atriyal fibrilasyon (AF) gibi bazı ritm bozuklukları genellikle iyi tolere edilebilmesine rağmen, aort darlığı, ciddi koroner arter hastalığı ve hipertrofik kardiyomyopatisi olanlarda hemodinamik dekompanseasyonu tetikleyebilir. Güvenli katererizasyon için basınç traseleri ve elektrokardiyogramın işlem süresinde aynı ekranda takip edilmesi, hatta her QRS kompleksinin sesli şekilde operatöre duyurulması önerilir. Klinik açıdan önemli olan ventriküler taşikardi (VT) ve ventriküler fibrilasyon (VF), kateter manipülasyonu sonucu ortaya çıkabilmesine rağmen daha sıklıkla sağ koroner artere yapılan intrakoronar enjeksiyon nedeniyle oluşur. Ektopik atımlarda ani bir artış fark edilir veya ventriküler taşikardi atağı başlarsa buna sebep olabilecek kateterin pozisyonu ivedilikle değiştirilmelidir. Kateterin sağ atriyumdan süperior vena kavaya ilerletilmesi veya sağ atriyum için kateterin halka yapması gibi durumlarda atriyal ekstrasistoller oluşabilir ve AF/fluttera dejenerere olabilir. Genellikle kateterin yerini değiştirmekle veya bazen kendiliğinden yok olurlar. Daha önceleri özellikle yüksek ozmolar iyonik kontrast madde kullanılarak yapılan koroner anjiyografi esnasında, sağ koroner arter enjeksiyonunda geçici bradikardiler

sık görülürdü. Günümüzde düşük veya izo ozmolar ajanların kullanımıyla beraber artık çok nadir görülmektedirler. Bradikardiye hipotansiyon, terleme, uykuya meyil eşlik ettiğinde öncelikle akla vazovagal reaksiyon gelmelidir. Bu durumda ağırlı uyaran ortadan kaldırılmalı, hızlı sıvı takviyesi yapılmalı ve bradikardi uzarsa atropin uygulanmalıdır. Ancak perikardın kanla uyarılması sonucu da oluşabilen vagal uyarının kardiyak rüptürün erken habercisi olabileceği akılda bulundurulmalıdır. Özellikle sağ koroner arter girişimlerinde görülen tam kalp bloğu durumunda hemodinamik bozulma halinde atropin denenebilir ancak nadiren fayda sağlar. Mutlaka her kateter laboratuvarında geçici kalp pili bulundurulmalıdır.

Enfeksiyonlar ve Pirojen Reaksiyonlar

Kateterizasyon ve perkütan girişimler steril bir işlem olmakla birlikte nadiren enfektif sonuçlar görülür. Enfeksiyonun önlenmesi için ponksiyon yapılacak bölgenin traşlanıp klorheksidinle temizlenmesine ekstra özen gösterilmelidir. Özellikle uzun süren ve kompleks perkütan girişimlerde bakteriyemi bildirilmiştir.²⁸ Tanısal işlemi takiben kılıf değiştirildiyse, gecikmiş bir girişim yapıldığında, yüksek riskli hasta (protez kapak) kompleks girişime gidecekse işlemden 30-60 dakika öncesinde tek doz sefalosporin grubu antibiyotik düşünülebilir. Femoral girişimden sonraki 2 hafta içerisinde tekrar femoral girişim planlanıyorsa enfektif durumlardan kaçınmak için karşı taraftaki bölge tercih edilmelidir.²⁹ Femoral girişimlere göre daha yüksek enfeksiyon oranlarına sahip brakial girişimlerde cerrahi el yıkama, bone ve maske gibi öneriler konusunda daha ısrarcı olunmalıdır. Tüm sterilizasyon önerilerine dikkat edilmesine rağmen işlem sonrası ateş görüldüğünde olası tek neden enfeksiyon değildir. Bu durumda ateş nedeni olabilecek sebeplere yönelik standart araştırma yapılmalıdır (akciğer grafisi, idrar tetkiki, tam kan sayımı, kan kültürü vs).

Alerjik/Anafilaktoid Reaksiyonlar

Kateterizasyon ve perkütan girişimler sonrası özellikle lokal anestetikler, iyotlu kontrast ajanlar ve protamin sülfat nedenli alerjik veya anafilaktoid reaksiyonlar görülebilir. Lokal anestetiklere karşı alerjik reaksiyonlar daha eski ajanlardan olan prokainde yeni ajanlar olan lidokain ve bupivakaine göre daha sık gözlenir. %1'e kadar ulaşan oranda iyotlu kontrast ajanlara bağlı alerjik reaksiyonlar gelişebilir. Bu reaksiyonlar sıklıkla yan etkiler veya gerçek anafilaktik reaksiyonlar olarak ortaya çıkar. Dolaşımdaki bazofillerin degranüle olması ve doku mast hücrelerinin doğrudan kompleman aktivasyonu ile gelişen bu tabloda hapsirik, ürtikerden şok tablosuna kadar geniş aralıkta klinik durumlar görülebilir. Atopik bünyesi olan veya daha önce kontrast alerjisi gelişmiş hastalara mutlaka premedikasyon uygulanmalıdır. En sık uygulanan premedikasyon protokolleri; 50 mg oral prednizonun kontrast verilmesinden 13, 7 ve 1 saat önce verilmesi, difenhidramin 50 mg kontrast verilmesinden 1 saat önce intravenöz, intramusküler veya oral verilmesi ile H2 blokörü verilmesidir. İşlem sırasında ciddi reaksiyon gelişmesi durumunda 1:10.000'lik adrenalinden 1 ml çekilip 10 ml'ye tamamlanır. 10 ml'den fazla vermemek kaydıyla dakikada bir 1 ml uygulanabilir. Nadiren de olsa somon balığı yumurtasından elde edilen biyolojik ajan olan protamin sülfata karşıda reaksiyon gelişebilir.

Kontrast Nefropatisi ve Akut Böbrek Hasarı

En yaygın kullanılan tanımlamaya göre kontrast nefropatisi, kont-

rast maruziyetinden 48-72 saat sonrasında serum kreatininde 0,5 mg/dL'lik artış veya serum kreatininde bazal değere göre %25'lik artış olarak tanımlanmıştır. Daha öncesinde böbrek yetmezliği olması, kadın cinsiyet, ileri yaş, kalp yetersizliği, dehidratasyon, diyabetes mellitus, yüksek miktarda kontrast madde kullanımı ve 48 saatten daha kısa sürede kontrast maddeye tekrar maruz kalmak gibi risk faktörleri tanımlanmıştır.³⁰ Kontrast nefropatisi genellikle işlem sonrası 48-72. saatte ortaya çıkar ve bir hafta içerisinde düzelmesi beklenir. Güncel kılavuzlar kontrast nefropatisinin önlenmesi için yeterli miktarda hidrasyon, kontrast volümünün azaltılması, kateterizasyon öncesi pleotropik etkileri nedeniyle kısa süreli yüksek doz statin verilmesi (rosuvastatin 20-40 mg, atorvastatin 80 mg) ile hipoozmalar veya izoozmalar kontrast madde kullanılması gibi önerilerde bulunmaktadır. Ciddi böbrek yetmezliği olan hastalarda profilaktik hemofiltrasyon düşünülebilir ancak hemodiyaliz önerilmez. Ateroembolizm perkütan girişim sonrası akut böbrek hasarı patofizyolojisinde yer alabilir. Renal artere yakınlığı nedeniyle femoral girişimlerde radyal girişimlere oranla akut böbrek hasarı görülme riski daha yüksektir.^{31,32,33}

Serebrovasküler Komplikasyonlar

İnme özellikle PKG sonrası %0,22-0,34 oranında nadir görülen ancak sonuçları kötü olan bir komplikasyondur.³⁴ Kontrast enjeksiyonu sonrası aterosklerotik debrisler ile aortadaki aterosklerotik plakların rüptürü sonrası oluşan emboliler nedeniyle meydana gelebilir. Bu nedenle koroner anjiyografide kılavuz kateterler arkus aortayı dönene kadar rutin olarak kılavuz tel eşliğinde ilerletilmelidir. İleri yaş, düşük ejeksiyon fraksiyonu, tip 2 DM, intraaortik balon pompası kullanımı, akut koroner sendrom ve geçirilmiş serebrovasküler hastalık risk faktörleri arasındadır. Özellikle perkütan girişimler esnasında kullanılan kontrast miktarının fazla oluşu, büyük kılavuz kateter kullanımı, aort kökünde çok sayıda malzemenin değiştirilmesi, kateter manipülasyonlarının fazla oluşu, rotasyonel atarektomi gibi durumlar inme oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Örneğin PKG sonrası inme gelişen hastalarda hastane içi mortalite %30'a ulaşmaktadır. Serebral hemoraji hemen daima ekarte edilmesi gerektiği halde, perkütan girişimler ilişkili inmelerin ana sebebi embolik olarak görünmektedir. Bu nedenle kateterlerin yıkanması, kontrast enjeksiyonu sırasında hava verilmemesi ve kılavuz tellerin aort kökünde kalış sürelerine azami özen gösterilmelidir. Ayrıca kalp içi, arteriyel veya kateter kaynaklı serebrovasküler embolilerin ötesinde antikoagülan/antiagregan tedavi alan hastalar ile trombolitik uygulanan hastalarda hemorajik serebrovasküler olay görülebileceği akılda bulundurulmalıdır. Tedaviye hemen daima nöroloji konsültasyonu yapılarak karar verilmelidir.

Radyasyon

Tanısal anjiyografi ve perkütan koroner girişimler esnasında alında radyasyon dozu 7-15 mSv'dir. Radyasyonun etkileri genellikle deterministik ve sitokastik olarak 2 gruba ayrılır. Radyasyonun maruziyetine bağlı dokuda gelişen etkiler (cilt yanıkları, gastrointestinal sistem etkileri gibi) deterministik etkiler; malignite gibi radyasyon dozundan bağımsız etkilerde stokastik etkiler olarak adlandırılır. Radyasyon maruziyetini azaltmak için, tüpten olabildiğince uzak durulmalı, floroskopi süresi ile frame rate azaltılmalı, mümkün olan en düşük doz kullanılmalı, tüpün masa altında uygulayıcıyla ters taraflı olması sağlanmalı ve kurşun önlük-boyunluk gibi ekip-

manlara azami özen gösterilmelidir.²⁰

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

1. Webber GW, Jang J, Gustavson S, Olin JW. Contemporary management of postcatheterization pseudoaneurysms. *Circulation* 2007;115(20):2666-74. [Crossref]
2. Petersen JCM, Insua JJV. Pseudoaneurysm after transradial coronary angiography. *N Engl J Med* 2015;373(14):1361 [Crossref]
3. Babunashvili AM, Pancholy SB, Kartashov DS. New technique for treatment of postcatheterization radial artery pseudoaneurysm. *Catheter Cardiovasc Interv* 2017;89 (3):393-8 [Crossref]
4. Dzijan-Horn M, Langwieser N, Groha P et al. Safety and efficacy of a potential treatment algorithm by using manual compression repair and ultrasound guided thrombin injection for the management of iatrogenic femoral artery pseudoaneurysm in a large patient cohort. *Circ Cardiovasc Interv* 2014;7(2):207-15. [Crossref]
5. Cauchi MP, Robb PM, Zemple RP, Ball TC. Radial artery pseudoaneurysm: a simplified treatment method. *J Ultrasound Med* 2014;33(8):1505-9. [Crossref]
6. Kelm M, Perings SM, Jax T et al. Incidence and clinical outcome of iatrogenic femoral arteriovenous fistulas. *J Am Coll Cardiol* 2002;40(2):291-7. [Crossref]
7. Na KJ, Kim MA, Moon HJ, Lee JS, Choi JS. Radial arteriovenous fistula developed late after coronary angiography: a case report. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2012;45(6): 421-3. [Crossref]
8. Mogi S, Maekawa Y, Fukuda K, Noma S. Retroperitoneal bleeding and arteriovenous fistula after percutaneous coronary intervention successfully treated with intravascular ultrasound-guided covered stent implantation. *Intern Med* 2016;55(11):1467-9. [Crossref]
9. Samal AK, White CJ. Percutaneous management of access site complications. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2002 Sep;57(1):12-23. [Crossref]
10. Mak GY, Daly B, Chan W, Tse KK, Chung HK, Woo KS. Percutaneous treatment of post catheterization massive retroperitoneal hemorrhage. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1993 May;29(1):40-3. [Crossref]
11. Farouque HM, Tremmel JA, Raissi Shabari F, Aggarwal M, Fearon WF, Ng MK, Rezaee M, Yeung AC, Lee DP. Risk factors for the development of retroperitoneal hematoma after percutaneous coronary intervention in the era of glycoprotein IIb/IIIa inhibitors and vascular closure devices. *J Am Coll Cardiol*. 2005 Feb 1;45(3):363-8. [Crossref]
12. Trimarchi S, Smith DE, Share D et al. Retroperitoneal hematoma after percutaneous coronary intervention: prevalence, risk factors, management, outcomes, and predictors of mortality. *J Am Coll Cardiol Intv* 2010;3(8):845-50. [Crossref]
13. Koreny M, Riedmüller E, Nikfardjam M, Siostrzonek P, Müllner M. Arterial puncture closing devices compared with standard manual compression after cardiac catheterization: systematic review and meta-analysis. 2004 Jan 21;291(3):350-7. [Crossref]
14. Tizón-Marcos H, Barbeau GR. Incidence of compartment syndrome of the arm in a large series of transradial approach for coronary procedures. *J Interv Cardiol*. 2008 Oct;21(5):380-4. [Crossref]
15. Serruys PW, Silber S, Garg S et al. Comparison of zotaroli -mus-e-

- luting and everolimus-eluting coronary stents. *N Engl J Med* 2010;363(2):136-46. [\[Crossref\]](#)
16. D'ascenzo F, Bollati M, Clementi F et al. Incidence and predictors of coronary stent thrombosis: evidence from an international collaborative meta-analysis including 30 studies, 221,066 patients, and 4276 thromboses. *Int J Cardiol* 2013;167(2):575-84.
 17. The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). ESC/EACTS Guidelines on Myocardial Revascularisation. *Eur Heart J* 2014;35:2541-619. [\[Crossref\]](#)
 18. The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur Heart J* 2018; 39:119-77.
 19. Dash D. Complications of coronary intervention: device embolisation, no-reflow, air embolism. *Heart Asia* 2013; 5(1):54-8 [\[Crossref\]](#)
 20. Chamie D, Bezerra HG, Attizzani GF et al. Incidence, predictors, morphological characteristics, and clinical outcomes of stent edge dissections detected by optical coherence tomography. *J Am Coll Cardiol Interv* 2013;6(8):800-13. [\[Crossref\]](#)
 21. Ellis SG, Ajluni S, Arnold AZ, et al. Increased coronary perforation in the new device era. Incidence, classification, management, and outcome. *Circulation* 1994;90(6):2725-30. [\[Crossref\]](#)
 22. Khan M, Schmidt D, Bajwa T, et al. Coronary air embolism: incidence, severity, and suggested approaches to treatment. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1995;36:313-8. [\[Crossref\]](#)
 23. Antonucci D. Put Off Till Tomorrow What You Can Do Today. *J Am Coll Cardiol* 2014;63(20):2099-100. [\[Crossref\]](#)
 24. Jaffe R, Dick A, Strauss BH. Prevention and treatment of microvascular obstruction related myocardial injury and coronary no-reflow following percutaneous coronary intervention. *J Am Coll Cardiol Interv* 2010;3(7):695-704. [\[Crossref\]](#)
 25. Stone GW. Distal microcirculatory protection during percutaneous coronary intervention in acute ST-segment elevation myocardial infarction: a randomized controlled trial. *JAMA* 2005;293(9):1063. [\[Crossref\]](#)
 26. Oğara PT, Kushner FG, Ascheim DD, et al. ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2013; 28(25):e481.
 27. Ramsdale DR, Aziz S, Newall N, Palmer N, Jackson M. Bacteremia following complex percutaneous coronary intervention. *J Invasive Cardiol*. 2004 Nov;16(11):632-4.
 28. Wiener RS, Ong LS. Local infection after percutaneous transluminal coronary angioplasty: relation to early repuncture of ipsilateral femoral artery. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1989 Mar;16(3):180-1. [\[Crossref\]](#)
 29. Slocum NK, Grossman PM, Moscucci M. The changing definition of contrast-induced nephropathy and its clinical implications: insights from the Blue Cross Blue Shield of Michigan Cardiovascular Consortium BCM2. *Am Heart J* 2012;163:829-34. [\[Crossref\]](#)
 30. Cortese B, Sciahbasi A, Sebik R, et al. Comparison of risk of acute kidney injury after primary percutaneous coronary interventions with the transradial approach versus the transfemoral approach (from the PRIPITENA urban registry). *Am J Cardiol*. 2014;114: 820-825. [\[Crossref\]](#)
 31. Andò G, Cortese B, Russo F, et al. Acute kidney injury after radial or femoral access for invasive acute coronary syndrome management: AKI-MATRIX. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69:2592-2603. [\[Crossref\]](#)
 32. Kooiman J, Seth M, Dixon S, et al. Risk of acute kidney injury after percutaneous coronary interventions using radial versus femoral vascular access: insights from the Blue Cross Blue Shield of Michigan Cardiovascular Consortium. *Circ Cardiovasc Interv*. 2014;7:190-198. [\[Crossref\]](#)
 33. Aggarwal A, Dai D, Rumsfeld JS. Incidence and predictors of stroke associated with percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol* 2009;104:349-53. [\[Crossref\]](#)

