

Koroner Anjioplasti Esnasında Sol Ventrikül Ejeksiyon Fraksiyonu ve Bölgesel Duvar Hareket Değişiklikleri

LEFT VENTRICULAR EJECTION FRACTION AND REGIONAL WALL MOTION ABNORMALITIES DURING CORONARY ANGIOPLASTY

Yard.Doç.Dr.Ahmet ALPMAN, Prof.Dr.Derviş ORAL, Doç.Dr.Kenan ÖMÜRLÜ, Yard.Doç.Dr.Gülgün PAMİR, Prof.Dr.Çetin EROL, Doç.Dr.Celal KERVANCIOĞLU, Prof.Dr.Güneş AKGÜN, Prof.Dr.Turhan AKYOL

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji ABD, ANKARA

ÖZET

Geçici miyokart iskemisinin sol ventrikül fonksiyonu üzerine olan etkisi "digital subtraction angiography" sistemiyle incelendi. Prospektif olarak yapılan çalışmada, çalışma grubunu angina pectoris tedavisi için koroner anjioplasti uygulanan 24 hasta oluşturdu. Her hastada tek bir koroner artere uygulanan anjioplasti işlemi, 14 hastada sol ön inen artere (LAD grubu), 10 hastada ise sağ koroner artere (RCA grubu) yapıldı.

Anjioplasti öncesinde, balonun şişirilmesinin 60.saniyesinde ve balon söndürüldükten sonraki 10.dakikada sağ pulmoner artere kontrast madde verilerek sağ ön oblik pozisyonda sol ventrikülografi yapıldı. Balonun şişirilmesi anında ejeksiyon fraksiyonu (EF) önemli oranda azalma gösterdi (%75.1±10.7 ve %55.4±14.6, p<0.0001). LAD dilatasyonu esnasında EF azalması ve sol ventriküldeki akinetik alanlar daha fazla idi. Anjioplasti öncesi EF ile anjioplasti esnasındaki EF arasında bulunan lineer korelasyona dayanarak, önceden sol ventrikül disfonksiyonunun olduğu durumlarda, geçici koroner kan akımının durdurulmasının sol ventrikül fonksiyonu üstüne daha çok olumsuz etkisinin olacağı ve iskemi sırasında sol ventrikül fonksiyonunun bozulma derecesini saptamada, anjioplasti öncesi EF'nin önemli bir parametre olduğu düşünüldü.

LAD grubunda, anjioplasti sonrasında sol ventrikül EF'sinde anlamlı ölçüde artış görüldü (%74.1±10.7 ve %76.2±10.4, p=0.016). Sol ventrikül sistolik fonksiyonunda görülen bu artış, sistol sonu volümünün anlamlı olarak azalmasına bağlı idi. Aynı zamanda LAD grubunun %85.7'sinde, RCA grubunun ise %60.0'ında, anjioplasti sırasında iskemik olan bölgelerin kontraksiyonunda, anjioplasti sonrasında anlamlı artış meydana geldi.

Anahtar Kelimeler: Koroner anjioplasti, Sol ventrikül fonksiyonu, Dijital anjiografi

T Klin Kardiyoloji 1993, 6:173-182

Geliş Tarihi: 10.3.1993

Kabul Tarihi: 3.4.1993

Yazışma Adresi: Yard.Doç.Dr.Ahmet ALPMAN
İbn-i Sina Hastanesi
Kardiyoloji ABD, ANKARA

Turk J Cardiol 1993, 6

SUMMARY

The impact of transient myocardial ischemia on left ventricular function was examined by digital subtraction angiography. We prospectively studied 24 patients undergoing coronary angioplasty for treatment of angina pectoris. Angioplasty was performed single coronary artery, with left anterior descending stenosis in 14 (LAD group) and right coronary stenosis in 10 (RCA group).

Left ventriculograms were obtained at right anterior oblique position by injection of contrast medium into the right pulmonary artery before, at 60 seconds of balloon inflation and 10 minutes after balloon deflation. Ejection fraction (EF) declined by balloon inflation (75.1±10.7% vs 55.4±14.6%, p<0.0001). There was tendency toward a lower EF and wider akinetic area for LAD dilatation. The linear correlation between resting EF and EF during balloon inflation suggested that the effect of momentary coronary occlusion on left ventricular function appears to be additive to preexisting left ventricular dysfunction, and resting EF is an important parameter for estimating the degree of diminished left ventricular function during myocardial ischemia.

Left ventricular EF increased significantly after angioplasty (from 74.1±10.7% to 76.2±10.4%, p=0.016) in the LAD group. The improved systolic left ventricular function in this group was evidenced by the significant decrease in end-systolic volume. Regional wall motion of jeopardized myocardial segments improved significantly in 85.7% of the LAD group, 60.0% of the RCA group after angioplasty.

Keywords: Coronary angioplasty, Left ventricular function, Digital subtraction angiography

Turk J Cardiol 1993, 6:173-182

Tennant ve VViggers'in (1) ilk kez 1935'de deneysel olarak koroner arter ligasyonu ile oluşturdukları akut miyokart iskemisinin, ventrikül kontraksiyonu üzerine olan etkilerini araştırmalarından bu yana, akut iske-

173

minin sol ventrikül fonksiyonlarına etkisi hayvan modellerinde yaygın olarak incelenmiştir (2,3). İnsanlarda ise bu incelemeler uzun süre akut miyokart infarktüsülü hastalarla sınırlı kalmıştır. Bu hastalarda akut iskemi öncesi miyokart fonksiyonları ile karşılaştırma yapılamaması ve iskeminin tam olarak başladığı zamanın çoğunlukla saptanamaması, deneyimlerin eksik olmasına neden olmuştur. Koroner arter hastalığı tedavisinde perkütan transluminal koroner anjioplasti (PTCA)'nin yaygın olarak kullanılmaya başlanmasından sonra, kontrol edilebilir akut iskeminin sol ventrikül fonksiyonları üstüne etkisini incelemek için iyi bir fırsat doğmuştur (4).

PTCA işlemi sırasında, balon ile koroner kan akımının kısa bir süre için durdurulması, sol ventrikül dinamiğinde geçici ancak oldukça önemli değişiklikler meydana getirir (5,6). Kan akımının engellenmesinin uzun olduğu veya önceden sol ventrikül disfonksiyonunun bulunduğu hastalarda, pompa yetmezliği ve buna bağlı hipotansiyon, ventrikül fibrilasyonu veya elektromekanik disosiyasyon meydana gelebilmektedir (7). Bu nedenle, PTCA sırasında hastalarda oluşabilecek sol ventrikül disfonksiyonunun derecesini önceden tahmin etmek, hasta seçiminde ve dolayısıyla komplikasyonların önlenmesinde oldukça önemli role sahip olacaktır.

Bunlardan dolayı, çalışmamızda aşağıda belirtilen konuların araştırılması amaçlandı:

1. PTCA sırasında balonun şişirilmesiyle oluşturulan geçici akut iskeminin, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (EF) ve bölgesel duvar hareketleri üstüne etkisi ve bu etkinin süresi,

2. Anjioplasti sonrası EF ve bölgesel duvar hareketlerindeki değişiklikler,

3. PTCA sırasında önemli sol ventrikül disfonksiyonu gelişebilecek hastaların önceden belirlenmesinin mümkün olup olmadığı.

MATERYEL VE METOD

Hasta Grubu

Çalışma, "Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı"nda, Kasım 1991 ile Ekim 1992 tarihleri arasında elektif olarak PTCA yapılan hastalar içinden prospektif olarak seçilen 24 hastada gerçekleştirildi.

Hastaların seçiminde aşağıdaki koşullar gözönüne alındı:

1. Hedef (anjioplasti yapılacak) lezyonda tam tıkanıklık olmaması,

2. Sol ön inen arter (LAD)'in veya dominant sağ koroner arter (RCA)'in 1/3 proksimalinde önemli (>%70) darlık olması,

3. Hedef lezyonun LAD'nin çıkış yerinden en az 1 cm uzakta olması (anjioplasti balonu şişirildiğinde hem LAD'i hem de sirkumfleks arteri (Cx) tıkanmaması için),

Tablo 1. Hastaların klinik özellikleri

Sayı	24
Yaş	51.4±8.7 (34-64 arası)
Cins (erkek/kadın)	18/6
Eski miyokart infarktüsü	
Anterior	2
inferior	2
PTCA indikasyonu	
Stabil angina pectoris	7
Anstabil angina pectoris	17

4. Ventrikülogramlarda akinezi veya diskinezi olmaması,

5. Elektrokardiyogramlarda, hastanın işlem öncesi ve işlem sırasında normal sinüzal ritimde olması ve işlem öncesi akut iskemik değişikliklerin olmaması,

6. Koroner arter anomalisi olmaması,

7. PTCA yapılacak olan artere anjiyografik olarak görünür kollateral olmaması.

İşlem öncesi teknik güçlüklerin çıkabileceğinin düşünüldüğü hastalar, böbrek yetmezliğinin olduğu hastalar ve koopere olamayan veya ventrikülograflerinin alınma süresi boyunca nefesini tutamayacak olan hastalar çalışmaya alınmadı.

Anjioplasti öncesinde hastaların hiçbirisi negatif veya pozitif inotropik ilaç kullanmıyordu. PTCA, 14 hastada LAD'ye, 10 hastada ise RCA'ye yapıldı. Hastaların klinik özellikleri Tablo 1'de görülmektedir.

Daha önce anterior miyokart infarktüsü geçiren 2 hastada PTCA, bir hastada LAD'ye, diğer hastada ise RCA'ya, inferior miyokart infarktüsü geçiren 2 hastanın birinde LAD'ye, diğer hastada ise RCA'ya uygulandı. Tüm hastalarda anjioplasti işlemi tek damarda yapıldı.

Sol Ventrikülogramların Alınması ve Koroner Anjioplasti

Ventrikülogramlar, kateterin sol ventriküldeki mekanik irritasyonuna bağlı ektopik atımların oluşmasını önlemek için venöz yolla kontrast madde verilerek digital subtraction anjiyografi yöntemiyle alındı. Bu amaçla, premedikasyon ve lokal anesteziden sonra 7F NIH kateteri normal anatomik yollardan ilerletildi ve ucu sağ a.pulmonalise yerleştirildi. Aynı taraf a.femoralise ponksiyon yapılarak kılıf konulup 8F kılavuz kateter, çıkan aorta hizasında tutuldu. Sağ koroner artere anjioplasti yapılacak hastalarda ayrıca karşı taraftaki v.femoralise aynı teknik ile girilerek profilaktik geçici pacemaker elektrodu sağ ventrikül apeksine yerleştirildi ve pacemaker hızı hastanın kendi ritminin altında tutuldu. Daha sonra kalibrasyon için çapı 3.8 santimetre olan metal top hastanın kalbi hizasında tutularak sineanjiyogram çekildi. Bundan sonra ucu sağ a.pulmonaliste olan NIH kateteri konnektör yolu ile otomatik enjektöre bağlandı. İşlem öncesi sol ventrikülografi, 30° sağ ön oblik pozisyonda, 30-35 cc kontrast madde, 12 ml/sn hızda ve

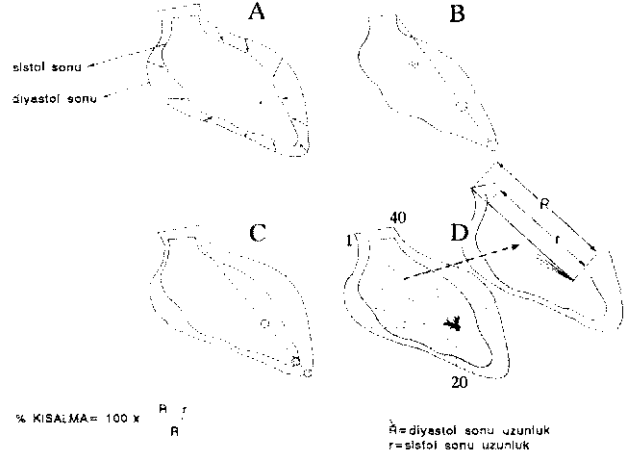
500 psi basınçta sağ a.pulrnonalise verildikten 2-3 sn sonra, sol ventriküle dönüş fazında alınmaya başlandı. İşlem öncesi sol ventrikülogramların alınmasından sonra, çıkan aortada bulunan kılavuz kateter, dilatasyon yapılacak koroner artere yerleştirildi. Anjioplasti işlemi, yönlendirilebilir kılavuz teller ve damar çapına uygun çeşitli çaplarda balon kateterler ile gerçekleştirildi. Hedef lezyona yerleştirilen balon ilk önce 60 sn süreyle 5-9 atmosfer (ortalama 6.2±1.3) arası basınçlarda skopi altında şişirildi. Bu sürenin sonlarında (55-60. sn'lerde) balon söndürülmeden önce aynı teknik ile sol ventrikülogramlar alındı. Anjioplasti işlemi, yeterli dilatasyon sağlanıncaya kadar tekrarlandı (2-4 arası, ortalama 2.3±1.1). Yeterli dilatasyon sağlandıktan sonra kılavuz kateter, kılavuz tel ve balon kateter geri çekildi. Daha sonra, son dilatasyondan itibaren 10 dakika sonra aynı pozisyon ve koşullarda kontrol ventrikülogramlar alındı. Ventrikülogramların alınması sırasında, hastaya derin bir inspirasyondan sonra nefesini tutması ve hareket etmemesi söylendi. Kontrast madde olarak İyonik olmayan ajanlar kullanıldı.

İşlem tüm hastalar tarafından iyi tolere edildi ve komplikasyon meydana gelmedi.

Ventrikülogramların Değerlendirilmesi

Ventrikülogramların kaydı ve daha sonraki işlemler için General Electric Dx Advantx Digital Subtraction anjiyografi sistemi kullanıldı. Sistem, çekilen görüntüleri hafızasında kaydettiğinden, ventrikülogramların değerlendirilmesi hafızadaki görüntüler üzerinde yapıldı. Anjioplasti öncesi, anjioplasti sırası ve anjioplasti sonrası alınan ventrikülogramlarda global EF, sistol ve diyastol sonu volümler ve bölgesel duvar hareketleri, sistemin özel görüntü işlemcisi tarafından hesaplandı. Bunun için ventrikülogramlarda tek bir kardiyak siklustaki, kontrast maddenin en fazla olduğu görüntü (frame) diyastol sonu, en az olduğu görüntü ise sistol sonu olarak seçildi. Ventriküler prematür kontraksiyonların olduğu durumlarda, ventriküler prematür kontraksiyon ve bunu izleyen siklus değerlendirilmeye alınmadı. Diyastol ve sistol sonu görüntülerde, iztopu (trackball) yardımıyla ventriküllerin dış çizgisi (contour) çizildi. Sistemin kullanıldığı metodlar arasından, volüm ve EF'u hesaplamaları için Simpson metodu (8), bölgesel duvar hareketleri için ise radial metot seçildi.

Radial Metot: Daughters ve Ingels tarafından geliştirilen bu metotta, sistol sırasında endokardiyal yüzeydeki her bir noktanın, ventrikül içinde tek bir noktaya doğru hareket ettiği kabul edilmektedir (Şekil 1A). Daughters ve Ingels, miyokarda radyoopak işaretler koyarak yaptıkları çalışmalarında, bu noktanın aort kapağı ve ventrikül çizgisinin birleştiği köşe ile apeks arasına çizilen çizginin (uzun eksen) üzerinde, aort kapağı ve ventrikül çizgisinin birleştiği köşenin yaklaşık 2/3 proksimalinin distalinde bulunduğunu (%69) belirtmişlerdir (9) (Şekil 1B). Metotta referans noktası olarak bu nokta alınmaktadır. Daha sonra sistol sonu ventrikül çizgisi, diyastol sonu ventrikül çizgisi üzerine, referans



Şekil 1. Sol ventrikülün bölgesel duvar hareketlerini değerlendirmede kullanılan radial metot

noktaları üstüste gelecek şekilde yerleştirilir ve referans noktası ile sistol ve diyastol sonu görüntülerdeki apeksler aynı çizgi üstüne gelecek şekilde sistol sonu görüntü döndürülür (Şekil 1C). Bundan sonra referans noktasından, aort bölgesi hariç olacak şekilde, diyastol sonu ventrikül çizgisine radial olarak 40 çizgi çizilir (Şekil 1D). Daha sonra şekilde gösterilen formül ile her bir çizginin kılma yüzdesi bulunur. Saat yönünün tersinden numaralandırılan bu çizgilerin her biri belli bir segmenti gösterdiğinden, bölgesel duvar hareketleri hakkında fikir edinmek mümkün olabilmektedir.

Sistem bilgisayarında yapılan bu değerlendirmeler sonucu elde edilen şekil ve grafikler (Şekil 2A ve B) röntgen filmlerine aktarıldı ve bu filmlerden her hastanın anjioplasti öncesi, esnası ve sonrası ventrikül volümleri ve EF'leri kaydedildi. Grafiklerden 40 radial çizginin kılma yüzdesi ayrı ayrı hesaplandı. Daha sonra her hastanın anjioplasti öncesi, esnası ve sonrası ventrikülogramlarında bölgesel duvar hareketleri değerlendirildi. Kılma yüzdesinin sıfır olduğu segmentler akinetik, negatif olduğu segmentler ise diskinetik olarak alındı. 1-19. çizgiler arası inferior duvar, 20-40. çizgiler arası ise anterior duvar olarak kabul edildi (Şekil 1).

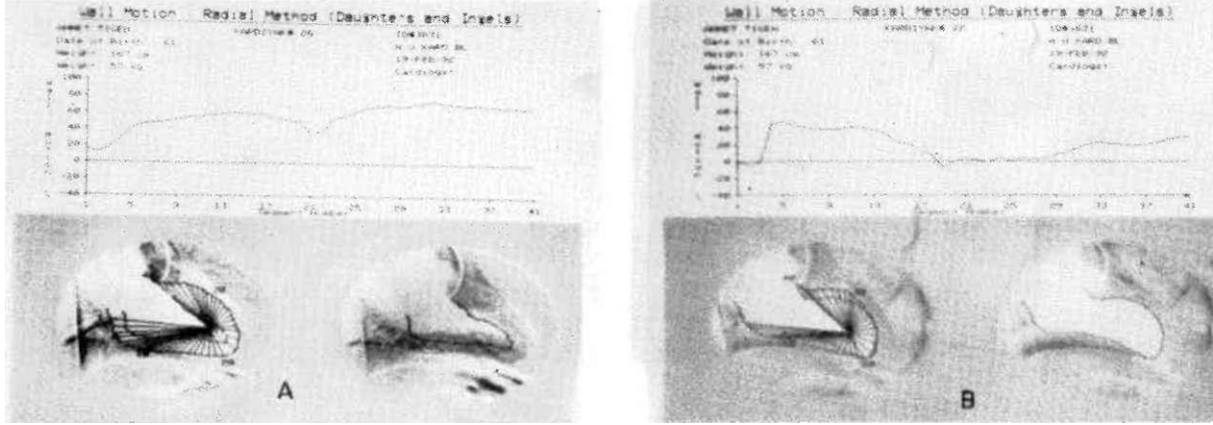
İstatistiksel Değerlendirme

Veriler ortalama ± standart sapma olarak ifade edildi. Aynı hastanın anjioplasti öncesi, esnası ve sonrası EF ve radial çizgi kılalmalarından farklılıkların karşılaştırılmasında "paired t" testi, farklı gruptaki hastaların karşılaştırılmasında "student t" testi kullanıldı. Ayrıca anjioplasti öncesi ve esnasındaki EF'ler arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için regresyon ve korelasyon analizi yapıldı. P değerinin <0.05 olması anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR

Koroner Arteriografi ve Anjioplasti

Yapılan koroner arteriografilerde, LAD'ye PTCA yapılan 14 hastanın 7'sinde diğer koroner arterler nor-



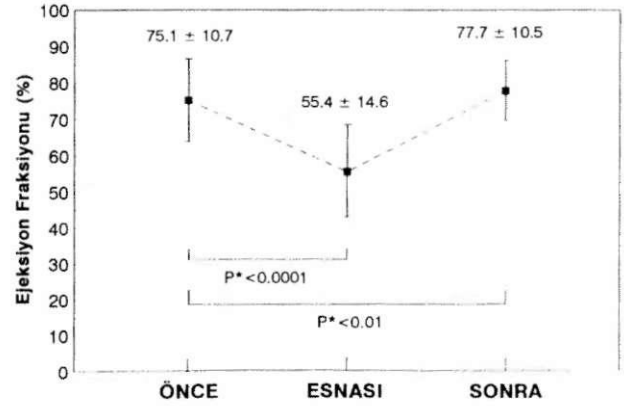
Şekil 2. Sol ön inen artere anjioplasti yapılan bir hastanın anjioplasti öncesi (A) ve esnasındaki (B) sol ventrikül bölgesel duvar hareketleri

mal, 4'ünde Cx veya RCA'da %20-30 arası değişen lezyonlar, 2'sinde RCA'da tama yakın tıkanıklık, birinde ise Cx'de %90 darlık vardı. RCA'ya PTCA yapılan 10 hastanın ise 6'sında diğer koroner arterler normal, birinde Cx'de %40, birinde Cx'de %80, birinde LAD'de %50, birinde ise LAD'de tama yakın tıkanıklık vardı. Koroner anjioplasti, çalışmaya alınan tüm hastalarda başarılıydı. Anjioplasti öncesi ortalama %82.3±9.1 (%70-95 arası) darlık, anjioplasti sonrası %9.6±11.2 (%0-30 arası) oldu ($p<0.0001$).

Koroner arteriografi esnasında yapılan ventrikülograflerde ise, anterior miyokart infarktüsü geçiren 2 hastanın birinde anterior duvarda hafif, diğerinde ise önemli hipokinezi, inferior miyokart infarktüsü geçiren 2 hastada ise inferior duvarda hafif hipokinezi bulundu. Anterior duvarda hafif hipokinezi olan hastada PTCA, LAD'ye, önemli hipokinezi olan hastada ise RCA'ya yapıldı. LAD'ye anjioplasti yapılan 14 hastanın 4'ünde anterior duvarda hafif hipokinezi, RCA'ya anjioplasti yapılan 10 hastanın birinde anterior duvarda önemli hipokinezi, üçünde ise inferior duvarda hafif hipokinezi bulunuyordu. Diğer hastaların ventrikülogramları normal olarak değerlendirildi.

Ejeksiyon Fraksiyonu

Anjioplasti öncesi 24 hastanın EF'leri ortalama %75.1±10.7 (%51-%89 arası) iken, balonun ilk defa şişirilmesinin 55-60. saniyelerinde ortalama %55.4±14.6'ya (%30-%79 arası) düştü ($p<0.0001$). Bu düşüş yüzdesi LAD grubu için %24.3 ile %47.1 arasında, ortalama %38.3±6.6 idi. RCA grubu için ise %2.6-%21.3 arası, ortalama %11.2±7.1 bulundu. Son balon şişirilmesinden 10 dakika sonraki EF ise %54-%92 arasında, ortalama %77.7±10.5 bulundu. İşlem öncesi ve sonrası EF'ler arasında anlamlı farklılık vardı ($p<0.01$) (Şekil 3). Anjioplastinin yapıldığı damara göre EF değişimleri incelendiğinde, iki grup arasında anjioplasti öncesi EF'lerde anlamlı farklılık bulunmadı (Şekil 4A). Anjioplasti sırasında ise her iki grupta da EF an-



*= paired-t testi

Şekil 3. Anjioplasti öncesinde, esnasında ve 10 dakika sonrasında ejeksiyon fraksiyonları (n=24)

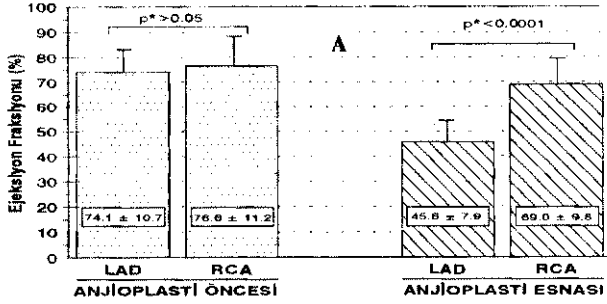
lamlı şekilde düşmekle birlikte, LAD'e anjioplasti yapılan hastalardaki düşme daha belirgindi (Şekil 4B).

Anjioplasti sonrası EF'deki artış, anjioplasti öncesine göre, RCA grubunda anlamlı değilken, LAD grubunda anlamlı bulundu (RCA grubunda; %76.6±11.2 ve %79.7±10.9, $p=0.051$, LAD grubunda; %74.1±10.7 ve %76.2±10.4, $p=0.016$ (paired-t testi)).

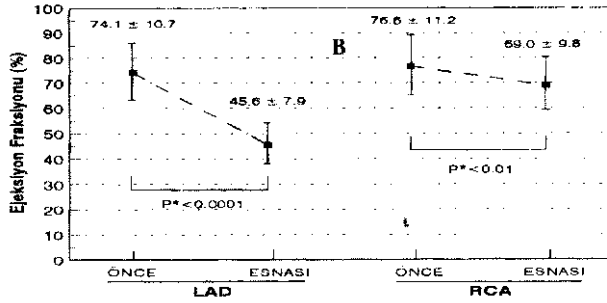
Anjioplasti öncesi EF'nin, anjioplasti esnasında ne kadar düşeceğini önceden belirlemeye yönelik olarak yaptığımız regresyon ve korelasyon analizinde, hem LAD grubunda hem de RCA grubunda anjioplasti öncesi ve esnasındaki EF'ler arasında anlamlı lineer korelasyon saptandı (Şekil 5A ve B).

Sol Ventrikül Volümleri

Anjioplasti sırasında, sol ventrikül sistol sonu volüm ortalamaları, anjioplasti öncesine göre anlamlı olarak artarken diyastol sonu volümlerinde anlamlı değişiklik gözlenmedi (Tablo 2). Sonuçlar, anjioplasti yapılan damara göre değerlendirildiğinde ise LAD gr-



* student-t testi, LAD= sol ön inen arter, RCA= sağ koroner arter



* = paired-t testi

Şekil 4 A ve B. Anjioplastinin yapıldığı koroner artere göre, işlem öncesi ve esnasında ejeksiyon fraksiyonlarından değişimler

bunda sistol sonu volümünde anjioplasti sırasında anlamlı artış görüldü ($p < 0.01$). Ancak diyastol sonu volümünde bir farklılık gözlenmedi. RCA grubunda ise sistol sonu volümünde anjioplasti sırasında artış olmakla birlikte bu artış anlamlı bulunmadı. Bu grupta da diyastol sonu volümlerde anjioplasti öncesi ve esnasında anlamlı değişiklik yoktu (Tablo 2).

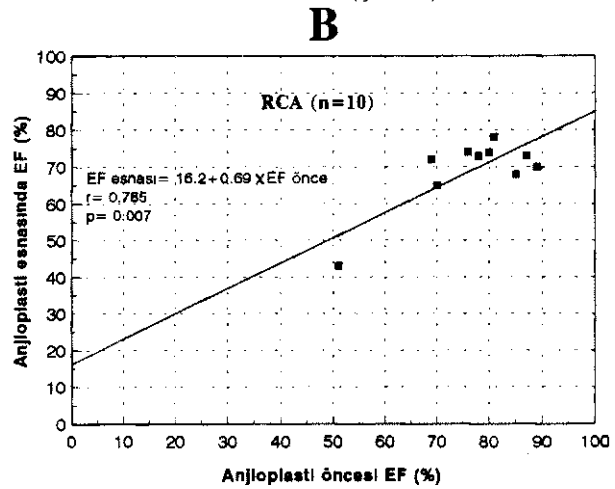
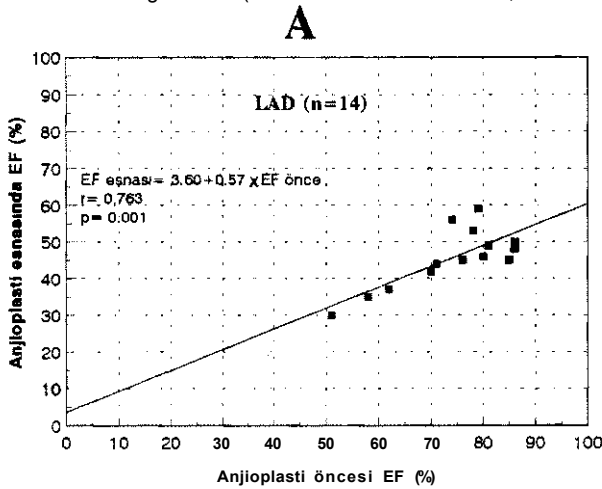
Anjioplasti sonrasında ise her iki gruptaki sistol sonu volüm ortalamaları, anjioplasti öncesine göre anlamlı azalma gösterdi (öncesi: 18.5 ± 13.1 ml/m², sonra-

sı: 16.2 ± 11.6 ml/m², $p < 0.05$). Diyastol sonu volüm ortalamaları yönünden öncesi ve sonrası arasında farklılık bulunmadı (sırasıyla 71.4 ± 18.9 ve 69.8 ± 22.4 ml/m², $p > 0.05$).

Bölgesel Duvar Hareketleri

Anjioplasti öncesi ve esnası: Hastaların hiçbirinde anjioplasti öncesi sol ventrikülogramlarda akinezi veya diskinezi yokken, LAD anjioplastisi sırasında alınan ventrikülogramlarda, 12 hastada 19-40. çizgiler arasındaki segmentlerde akinezi veya diskinezi, 2 hastada ise aynı bölgede anjioplasti öncesine göre hafif hipokinezi oldu. RCA anjioplastisi sırasında ise yalnızca 3 hastada 1-19. çizgiler arasındaki segmentlerde akinezi veya diskinezi gözlenirken, 4 hastada anlamlı hipokinezi oldu. 3 hastada ise anlamlı değişiklik gözlenmedi. LAD anjioplastisi yapılan 14 hastanın, anjioplasti öncesi ve esnasındaki sol ventrikülogramlarında her bir radial çizginin kısalma yüzdesi ortalamaları alınıp karşılaştırıldığında, inferior duvarda bulunan (Şekil 6) 2-10. çizgilerin gösterdiği segmentlerin kısalma yüzdelerinde anjioplasti esnasında artış görüldü. Bu artış, 5-7. çizgilerde anlamlı idi. 13-40. çizgilerin gösterdiği segmentlerin kısalma yüzdelerinde ise anjioplasti esnasında anlamlı azalma görüldü. Bu anlamlılık özellikle 23-37. çizgiler arasında daha fazla idi. Anterior duvarda bulunan 24-32. çizgilerin gösterdiği segmentlerde ise diskinezi görüldü (Şekil 6).

RCA anjioplastisi yapılan 10 hastada ise anjioplasti esnasında 1-21. çizgilerin gösterdiği segmentlerde hipokinezi görüldü. Hipokinezi derecesi 7-19. çizgiler arasında anlamlı olmakla birlikte, 7-11. çizgilerin gösterdiği segmentlerde daha anlamlı idi (Şekil 7). 23-36. çizgilerin gösterdiği segmentlerde ise anjioplasti esnasında kontraksiyonda artış görüldü, ancak bu, istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (Şekil 7).

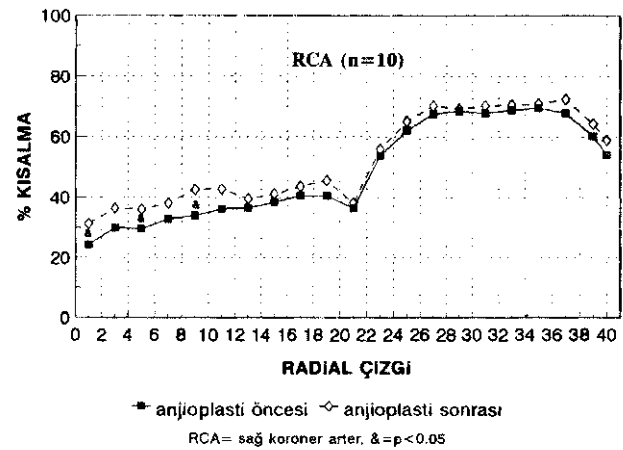
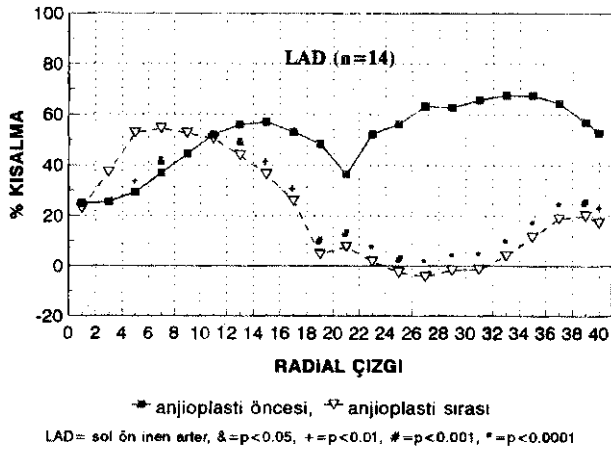


LAD= sol ön inen arter, RCA= sağ koroner arter, EF= ejeksiyon fraksiyonu, EF önce= anjioplasti öncesi EF, EF esnası = anjioplasti esnasında EF

Şekil 5. Sol ön inen artere (A) ve sağ koroner artere (B) anjioplasti yapılan hastalarda, işlem öncesi ve esnasındaki ejeksiyon fraksiyonları arasındaki ilişki

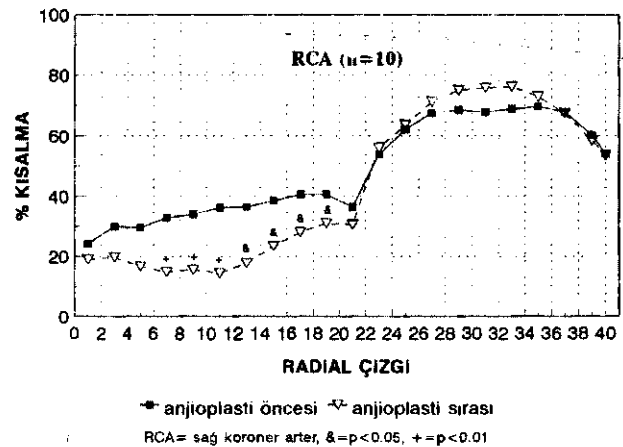
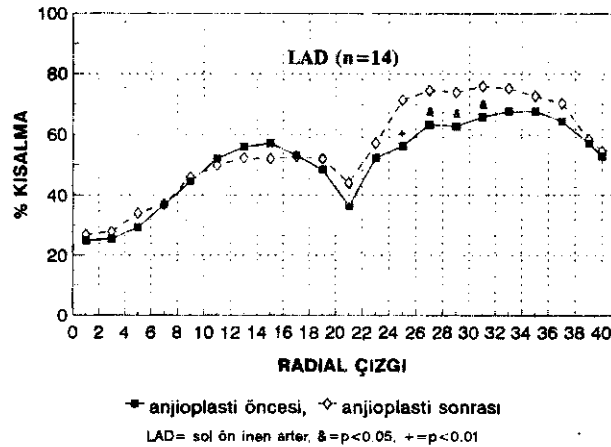
Tablo 2. Anjioplasti öncesi ve esnasında sol ventrikül sistol ve diyastol sonu volümleri

	Anjioplasti öncesi	Anjioplasti sırası	P
Tüm hastalar (n=24)			
Sistol sonu volüm (ml/m ²)	18.5±13.1	29.5±14.6	<0.01
Diyastol sonu volüm (ml/m ²)	71.4±18.9	72.6±18.4	>0.05
LAD Anjioplastisi (n=14)			
Sistol sonu volüm (ml/m ²)	18.1±12.7	38.9±11.9	<0.01
Diyastol sonu volüm (ml/m ²)	70.9±25.6	75.6±19.2	>0.05
RCA Anjioplastisi (n=10)			
Sistol sonu volüm (ml/m ²)	18.8±14.1	22.0±12.4	>0.05
Diyastol sonu volüm (ml/m ²)	71.9±13.1	70.2±18.4	>0.05



Şekil 6. Sol ön inen artere anjioplasti yapılan hastalarda, işlem öncesi ve esnasındaki sol ventrikül bölgesel duvar hareketleri

Şekil 7. Sağ koroner artere anjioplasti yapılan hastalarda, işlem öncesi ve esnasındaki sol ventrikül bölgesel duvar hareketleri



Şekil 8. Sol ön inen artere anjioplasti yapılan hastalarda, işlem öncesi ve sonrasındaki sol ventrikül bölgesel duvar hareketleri

Şekil 9. Sağ koroner artere anjioplasti yapılan hastalarda, işlem öncesi ve sonrasındaki sol ventrikül bölgesel duvar hareketleri

Anjioplasti Sonrası: Her bir radial çizginin kılma yüzdesi ortalamaları değerlendirildiğinde, LAD grubunda anterior duvarda, 25-31. çizgilerin gösterdiği segmentlerde anjioplasti öncesine göre kontraksiyonda anlamlı artış gözlemlendi (Şekil 8). RCA grubunda ise, anlamlı artış 1-9. çizgilerin gösterdiği segmentlerde oldu

(Şekil 9). Her bir hasta tek tek değerlendirildiğinde ise; LAD grubunda, anjioplasti sonrası 14 hastanın 2'sinde anterior bölgede anlamlı değişiklik gözlenmezken, 12 hastada (%85.7) anterior bölgenin kontraksiyonunda anlamlı artış görüldü. Bu 12 hastanın 3'ünde, anjioplasti öncesinde anterior bölgede hipokinezi vardı. RCA

grubunda ise anjioplasti sonrası 10 hastanın 6'sında (%60.0) inferior bölgenin kontraksiyonlarında anlamlı artış olurken, 4 hastada anlamlı değişiklik olmadı. Bu grupta, anjioplasti sonrası inferior bölgenin kontraksiyonlarında artış görülen 6 hastanın 1'inde anjioplasti öncesi inferior bölgede hipokinezi bulunuyordu. Her iki grupta da, anjioplasti sonrası anlamlı değişiklik gözlenen ve gözlenmeyen hastalar arasında, koroner arter darlık derecesi veya anjioplasti öncesi duvar hareket bozukluğu olup olmaması yönünden farklılık saptanmadı.

/TARTIŞMA

Çalışmamızın sonuçları, anjioplasti esnasında balon ile oluşturulan akut iskeminin sol ventrikül fonksiyonlarında oldukça önemli değişikliklere yol açtığını göstermektedir.

Akut iskemi sırasında EF, tüm hastalarda ortalama 75.1 ± 10.7 'den 55.4 ± 14.6 'ya düştü. Düşüş yüzdesi ortalama %26 idi. Özellikle LAD anjioplastisi sırasında EF'deki düşme daha belirgindi (Şekil 4). Bu gruptaki düşme yüzdesi ortalama 38.3 ± 6.6 olarak bulundu. RCA anjioplastisi yapılan hastalarda ise düşme yüzdesi daha azdı (11.2 ± 7.1). Bu konu ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunluğunda, bulgular damar lokalizasyonlarına göre ayrılmamış ve toplu olarak verilmiş veya tek bir koroner arter incelenmiştir (1,5,10). Kitazume ve ark.ları (11) duvar hareket bozukluğu olmayan hastalarda, PTCA sırasında ventrikülografi ile sol ventrikül fonksiyonlarını inceledikleri çalışmalarında, anjioplasti sırasında LAD grubunda EF'deki düşüş yüzdesini ortalama %26 olarak bulmuşlardır. Bizim aynı grup hastalarda düşüş yüzdesini biraz daha fazla bulmamız, bu grup hastalarımızın bir kısmında anterior duvarda bulunan hipokinezi ile ilgili olabilir.

Anjioplasti sırasında sol ventrikül fonksiyonlarının ekokardiyografi (10) veya ventrikülografi (11,12) ile değerlendirildiği çalışmalarda, bizim çalışmamızda da olduğu gibi varılan ortak sonuç, anjioplasti sırasında EF'nin öncesine göre anlamlı şekilde düştüğüdür.

Çalışmamızda anjioplasti öncesi ve sırasındaki EF'ler arasında her iki grupta da anlamlı lineer korelasyon saptadık (Şekil 5). Bu bulgu, işlem öncesi EF'nin işlem sırasında ne kadar düşeceğini tahmin etmede oldukça önemlidir. LAD grubunda işlem öncesi EF %60'ın altında olan 2 hastada, işlem sırasında EF %35 ve altına düşerken, EF %60'ın üzerinde olan hastalarda %35'in altına düşüş hiç görülmedi (Şekil 5A). Bu da bize anjioplasti sırasında EF'deki düşme derecesinin tahmininde, anjioplasti öncesindeki EF'nin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Çalışmamızdaki hastalarda ileri derecede sol ventrikül disfonksiyonu bulunmamakla birlikte, korelasyon eğrilerinden (Şekil 5), anjioplasti öncesi EF'si düşük olan hastalarda, anjioplasti sırasında EF'nin ne kadar düşebileceğini tahmin etmek mümkündür. Buna göre LAD anjioplastisi sırasında işlem öncesi EF < 50 olan hastalarda anjioplasti es-

nasında EF'nin %35'in altına düşmesi beklenir (Şekil 5A). Ejeksiyon fraksiyonundaki bu ani ve önemli düşüklük hemodinamik olarak bozukluğa yol açabileceğinden (13,14), LAD'ye PTCA yapılacak hastalardan, EF'si %50'nin altında olanlarda, anjioplasti sırasında Intraaortik balon veya inotropik ajanlar gibi hemodinamik desteğin hazır tutulması veya perfüzyon kateteri, perkütan kardiyopulmoner bypass (15), koroner sinüs retroperfüzyonu (16) gibi daha az iskemiye yol açacak yöntemlerle anjioplastinin destek altında yapılması (supported angioplasty) uygun olabilir.

Çalışmamızda, anjioplasti sonrası 10.dakikadaki EF ortalamalarını öncesine göre anlamlı olarak yüksek bulmamız (Şekil 8 ve 9) ilginç bir bulgudur. Anjioplasti sonrası ventrikülografleri aynı sürede aldığımız halde Kitazume ve arkadaşları (11) anjioplasti öncesi ve sonrası EF'lerde değişikliğin olmadığını belirtmişlerdir. Seruys ve arkadaşları da (12) son anjioplastiden 5 dakika sonra aldıkları ventrikülograflerde işlem öncesi ve sonrası EF'ler arasında anlamlı ilişki bulamamışlardır. Bizim işlem sonrası EF'de gördüğümüz bu anlamlı artış, birazdan değinileceği gibi, PTCA yapılan arterin kanlandırdığı miyokart bölgesinde, PTCA sonrası saptanan sistol sonu volümlerindeki azalma ile ilgilidir.

PTCA sırasında hesaplanan sistol ve diyastol sonu volüm ve çaplarını değerlendiren birkaç çalışmadaki bulgular çelişkilidir (1,10,12,17). Bazı çalışmalarda (12,17) anjioplasti sırasında alınan ventrikülogramlarda yalnızca sistol sonu volümünde anlamlı artış saptanmış, ekokardiyografi ile yapılan bir çalışmada (10), hem sistol sonu hem de diyastol sonu çaplarında artış bulunmuş, ekokardiyografik olarak yalnızca diyastol sonu endokardiyal çevrenin değerlendirildiği bir başka çalışmada ise (1) anjioplasti sırasında diyastolik çevrede anlamlı artış görülmüştür. Biz çalışmamızda yalnız LAD grubunda, anjioplasti öncesi ve sırasındaki sistol sonu volümleri arasında anlamlı farklılık bulduk (Tablo 2). RCA grubunda da anjioplasti sırasında sistol sonu volümlerinde artış olmakla birlikte, farklılık anlamlı bulunmadı. Dolayısıyla anjioplasti sırasında saptadığımız EF'deki düşme, sistol sonu volümünün artışıyla ilgili görünmektedir. Aynı şekilde anjioplasti sonrasında gördüğümüz EF'deki anlamlı artış, sistol sonu volümünün anlamlı azalmasına bağlıdır.

Anjioplasti sırasında, görüntüleri yeterli olan hastalarda yapılan iki boyutlu (2D) veya M mode ekokardiyografi ile devamlı kayıt sayesinde, duvar hareket bozukluklarının ne zaman başladığını ve reperfüzyonu takiben ne zaman normale döndüğünü belirlemek olasıdır. Hauser ve arkadaşları (6) anjioplasti sırasındaki sol ventrikül hareketlerini 2D ekokardiyografi ile izledikleri çalışmalarında, oklüzyonu takiben 19+8 saniyede tıkanan arterin kanlandırdığı miyokart bölgesinde hipokinezinin başladığını ve kısa zaman içinde diskinezi meydana geldiğini, reperfüzyonu takiben ise 17+8 saniyede duvar hareketlerinin normale döndüğünü belirtmişlerdir.

Ekokardiyografi ile yapılan başka çalışmalarda da oklüzyonu takiben duvar hareket bozukluklarının 8/20. saniyelerde başladığı, 60.saniye civarında maksimuma ulaştığı ve reperfüzyonu takibinde 10-43. saniyelerde normale geldiği bildirilmektedir (1,5,10). Bundan dolayı, biz çalışmamızda, anjioplasti sırasında duvar hareket bozukluğunun en fazla görüldüğü zaman olan 60.saniye civarında ventrikülogramları aldık. Ventrikülogramların incelenmesi sonucu, ilgili arterin kanlandığı miyokart bölgelerinde önemli hipokinezi, akinezi veya diskinezi saptadık. LAD dilatasyonu sırasında görülen bölgesel duvar hareket bozukluğu, RCA grubuna göre daha fazla ve daha geniş sahada idi (Şekil 6 ve 7).

Yapılan anatomopatolojik çalışmalarda gösterildiği gibi, tüm ventriküllerin kanlanması LAD'nin payı %41.5, RCA'nın payı ise %36.5'dur (18). Yalnızca sol ventrikül değerlendirildiğinde ise, interventriküler septum (İVS) ve serbest duvar %79 oranında sol koronerden, bunun da 2/3'ü LAD'den kanlanmaktadır. Sol ventrikülde yalnızca posterior İVS ve posterior duvarı kanlandıran RCA'nın payı ise %21.5'dir (18). Bundan dolayı beklenildiği gibi, bizim de LAD oklüzyonu sırasında anterior bölgedeki duvar hareketlerinde daha geniş sahada ve daha önemli bozukluk saptamamız, LAD'nin sol ventrikülde daha geniş bir bölgeyi kanlandırmasıyla ilgilidir.

Deneyisel olarak akut oklüzyon oluşturulmuş hayvanlarda ve akut miyokart infarktüsü insanlarda yapılan ekokardiyografik ve ventrikülografik incelemelerde, akut oklüzyon sırasında ventrikülün iskemik olmayan bölgelerinin kontraksiyonunda artış saptanmıştır. Bu durumun, anjioplasti esnasında da iskemik olmayan bölgelerde görülmesi beklenirken, yapılan çalışmalarda ya bu konuya değinilmemiş (1,5,6,12) veya iskemik olmayan bölgelerin kontraksiyonunda, anjioplasti öncesi ve sonrası arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (10,11). Oysa biz çalışmamızda, LAD anjioplastisi sırasında inferior bölgenin kontraksiyonunda anlamlı artış gözledik (Şekil 6). Artış, RCA anjioplastisinde anterior duvarda da olmakla birlikte anlamlı bulunmadı (Şekil 7). Önceki çalışmalarda, iskemik olmayan bölgelerin kontraksiyonunda artışın saptanamama nedeni, bulguların anjioplasti yapılan damara göre ayrılmamış olması (6) veya sol ventrikülün bölgesel duvar hareketlerini değerlendirmede geniş alanları kapsayan segmentlerin kullanılmış olması olabilir (1,6,10). Deneyisel olarak yapılan çalışmalarda, iskemik olmayan bölgelerdeki bu "kompansatuar" artış, esas olarak, akut iskemi sonucu artan diyastol sonu basıncından dolayı, iskemik olmayan bölgelerin Frank-Starling mekanizmasını kullanmasıyla açıklanmaktadır (19).

Deneyisel hayvan çalışmalarından, en az 5 dakika süren koroner oklüzyonu izleyen reperfüzyon döneminde, oklüzyon sırasında iskemik olan bölgelerde uzun süreli sistolik fonksiyon bozuklukları olduğu bilinmektedir (20). "Stunned miyokardium" olarak bilinen bu tablonun, oklüzyonların kısa olması nedeniyle koroner

anjioplasti sırasında gelişmemesi beklenir. Gerçekten de birden fazla yapılan anjioplasti işlemlerinden sonra bile, oluşan sistolik fonksiyon bozuklukları 5 dakika içinde tamamen normale dönmektedir (6,10,17). Biz de anjioplasti işleminden 10 dakika sonra aldığımız ventrikülogramlarda, anjioplasti öncesine göre sistolik fonksiyonlarda "stunned miyokardium" lehine bir bulgu saptamadık.

Deneyisel ve klinik çalışmalarda, akut oklüzyonu takip eden reperfüzyonun ilk saniyelerinde, akut oklüzyon öncesine göre koroner kan akımı ile bölgesel ve global sol ventrikül fonksiyonlarında artış görülmüştür (12,21). Reaktif hiperemi olarak adlandırılan bu olay, akut oklüzyon sırasında biriken adenozin gibi vazodilatör maddelerin, reperfüzyonu takiben geçici vazodilatasyon yapmasına bağlanmaktadır (22). Reaktif hiperemi, reperfüzyon sonrası 30-60. saniyelerde zirveye ulaşmakta, 3-5 dakika içinde de kontrol düzeylerine inmektedir (21). Çalışmamızda, anjioplasti sonrası ventrikülogramları, son anjioplasti işleminden 10 dakika sonra aldığımız için, anjioplasti sonrası özellikle LAD grubunda daha belirgin olarak bulduğumuz, anjioplasti sırasında iskemik olan bölgelerin kontraksiyonundaki anlamlı artışı, reaktif hiperemi ile açıklamak pek mümkün görünmemektedir. Anjioplasti sırasında iskemik olan bölgelerin, anjioplasti sonrası sistolik fonksiyonlarında gözlediğimiz bu artış, "hipernating miyokardium"la ilgili olabilir. 1984 yılında Rahimtoola tarafından önerilen bir klinik kavram olan hibernating miyokardium, önemli derecede azalmış kan akımından dolayı, miyokart ve sol ventrikül fonksiyonlarında reversibl kalıcı bozukluk olarak bilinmektedir (23). Hibernating miyokardium, önemli derecede kronik iskemide, miyokart dokusunun ancak canlı kalmasına yeterli olacak düzeyde, fonksiyonlarını en alt seviyede tutması sonucu oluşur ve yeterli perfüzyon yeniden sağlandığı taktirde normal fonksiyonuna döner (23). Bu klinik tablo ilk defa koroner arter bypass cerrahisinden sonra sol ventrikül fonksiyonu düzelen hastalarda dikkati çekmiştir (24). PTCA'nın revaskülarizasyonda yeni bir dönem açması ve yaygın olarak kullanılmasıyla, yapılan çalışmalarda PTCA uygulanan hastalarda da sol ventrikül fonksiyonlarında düzelme bildirilmiştir (25-27). Bu çalışmaların çoğunluğunda, PTCA sonrası sol ventrikül fonksiyonları günler ve hatta haftalar sonra incelenmiştir (25,26). Carlson ve arkadaşları ise sol ventrikülü, 5 segmente ayırarak değerlendirdikleri çalışmalarında (27) anjioplasti sonrası ventrikülogramları 20.dakikada almışlar ve işlem öncesine göre, özellikle iskemik olan bölgelerin sistolik fonksiyonlarında anlamlı artış bulmuşlardır. Ancak bu çalışmada sonuçlar anjioplasti yapılan koroner artere göre verilmemiştir.

Çalışmamızdaki hastaların hepsinde anjioplasti yapılan koroner arterde önemli darlık vardı ve hepsinde başarılı dilatasyon yapıldı. Anjioplasti sonrası alınan ventrikülogramlardaki EF'de, öncesine göre anlamlı artış görüldü. Ayrıca, LAD anjioplastisi yapılan hastaların

%86'sında, RCA anjioplastisi yapılan hastaların da %60'ında ilgili damarın kanlandığı bölgelerde anjioplasti öncesine göre kontraksiyonda anlamlı artış saptandı. Bundan başka LAD grubunda 3 hastada, RCA grubunda ise 1 hastada, anjioplasti öncesi hipokinetik olan bölgelerin kontraksiyonunda anjioplasti sonrası artış gözlemlendi. Bütün bu bulgular bize *-anjioplasti öncesi ventrikülogramların çoğunluğu normal olarak değerlendirilmesine rağmen-* hastalarımızın büyük bir bölümünde hibernating miyokardium olabileceğini düşündürmektedir.

Sol ventrikülogramlarda, bölgesel duvar hareketlerini değerlendirmek için kabul edilmiş standart bir yöntem bulunmamaktadır (28). Bölgesel duvar hareketlerini kantitatif olarak değerlendiren metotlarda (28-30) bile akinezi veya diskineziyi saptamak kolay olmakla birlikte, değişen derecelerdeki hipokinezinin gösterilmesi, hastalardaki bireysel farklılıklar yüzünden çok güçtür. Bazı metotların (30) kullandığı, normal olarak kabul edilen popülasyona göre artı veya eksi yönde olan sapmalar, bu normal değerlerde yaş, cins, vücut yüzeyi gibi özellikler gözönüne alınmadığından her zaman doğru sonuç vermeyebilir. Dolayısıyla bir hastanın belirli bir ventrikül segmentindeki hafif hipokinetik alanlar, genelde kabul edilen normal sınırlar içinde kalabilir ve normal olarak değerlendirilebilir. Bundan dolayı, görsel veya kantitatif yöntemlerle normal olarak değerlendirilen ventriküllerde bile, önemli koroner arter darlığı varlığında hibernating miyokardium olasılığı ekarte edilmemelidir.

SONUÇ

Anjioplasti esnasında balon ile oluşturulan akut iskemi, sol ventrikül fonksiyonlarında oldukça önemli değişikliklere yol açmaktadır. Özellikle bu değişiklikler LAD anjioplastisinde oldukça belirgindir. RCA'ya göre, LAD anjioplastisi sırasında EF daha fazla düşmekte, daha önemli ve geniş sahada bölgesel duvar hareket bozukluğu meydana gelmektedir. Buna göre LAD'ye anjioplasti yapılacak hastalar içinde, anjioplasti öncesi EF %50'nin altında olanlarda, anjioplasti sırasında EF kritik seviyelere düşebileceğinden, böyle hastalarda anjioplastinin destek altında yapılması yararlı olabilir.

Ayrıca anjioplasti öncesi ventrikül hareketlerinde önemli bir bozukluk görülmemesi durumunda bile, önemli koroner arter darlıklarında hibernating miyokardium olasılığı gözden uzak tutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Visser CA, David GK, Kan G, et al. Two-dimensional echocardiography during percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am Heart J* 1986; 111:1035-41.
2. Sasayama S, Franklin D, Ross JJ, Kemper WS, McKown D. Dynamic changes in left ventricular wall thickness and their use in analyzing cardiac function in the conscious dog. *Am J Cardiol* 1976; 38:870-9.

3. Pandian NG, Kieso RA, Kerber RE. Two-dimensional echocardiography in experimental coronary stenosis. Relationship between systolic wall thinning and regional myocardial perfusion in severe coronary stenosis. *Circulation* 1982; 66:603-11.
4. Oral D. Koroner anjioplasti. *T Klin Kardiyoloji* 1988; 1:73-89.
5. Wohlgelemler D, Ciernan M, Highman HA, et al. Regional myocardial dysfunction during coronary angioplasty: evaluation by two-dimensional echocardiography and 12 lead electrocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7:1245-54.
6. Hauser AM, Gangadharan V, Ramos RG, Gordon S, Timmis GC, Dudlets PD. Sequence of mechanical, electrocardiographic and clinical effects of repeated coronary artery occlusion in human beings: echocardiographic observations during coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5:193-7.
7. Meier B. Coronary angioplasty. Florida: Grune & Stratton, 1987:137.
8. Shiller NB. Echocardiography and Doppler in clinical cardiology. In: *Cardiology*. Parmlay WW, Chatterjee K, eds. Philadelphia: SB Lippincott, 1990(1)41:10-13.
9. Ingels NB, Daughters GT, Stinson EB, Alderman EL. Evaluation of methods for quantitating left ventricular segmental wall motion in man using myocardial markers as a standard. *Circulation* 1980; 61:966-72.
10. Alam M, Khaja F, Bryner J, Marzelli M, Goldstein S. Echocardiographic evaluation of left ventricular function during coronary artery angioplasty. *Am J Cardiol* 1986; 57:20-5.
11. Kitazume H, Kubo I, Iwama T, Ageishi Y, Suzuki A. Left ventricular function during transient coronary occlusion: digital subtraction left ventriculograms during coronary angioplasty. *Clin Cardiol* 1991; 14:665-70.
12. Serruys PW, Wijns W, Brand M, et al. Left ventricular performance, regional blood flow, wall motion, and lactate metabolism during transluminal angioplasty. *Circulation* 1984; 70:25-36.
13. Hartzler GO, Rutherford BD, McConahay DR, Johnson WL, Giorgi LV. "High-risk" percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am J Cardiol* 1988; 61:33G-37G.
14. Kohli RS, Disciascio G, Cowley MJ, Nath A, Goudreau E, Vetrovec GW. Coronary angioplasty in patients with severe left ventricular dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16:807-11.
15. Vogel RA, Shawl F, Tommaso C, et al. Initial report of the national registry of elective cardiopulmonary bypass supported coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15:23-9.
16. Hajduczki I, Kar S, Areeda J, et al. Reversal of chronic regional myocardial dysfunction (hibernating myocardium) by synchronized diastolic coronary venous retroperfusion during coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15:238-42.
17. Wijns W, Serruys PW, Slager CJ, et al. Effect of coronary occlusion during percutaneous transluminal angioplasty in humans on left ventricular chamber stiffness and regional diastolic pressure-radius relations. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7:455-63.

18. Kalbfleisch H, Hort W. Quantitative study on the size of coronary artery supplying areas postmortem. *Am Heart J* 1977;94:183-7.
19. Lew WYW, Chen Z, Guth B, Covell JW. Mechanisms of augmented segment shortening in nonischemic areas during acute ischemia of the canine left ventricle. *Circ Res* 1985; 56:351-8.
20. Braunwald E. Stunning of the myocardium. In: *Stunning, hibernation, and calcium in myocardial ischemia and reperfusion*. Opie LH, ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1992:4-9.
21. Pagani M, Vatner SF, Baig H, Braunwald E. Initial myocardial adjustments to brief periods of ischemia and reperfusion in the conscious dog. *Circ Res* 1978; 43:83-92.
22. Braunwald E, Sobel BE. Coronary blood flow and myocardial ischemia. In: *Heart Disease*. Braunwald E, ed. Philadelphia: WB Saunders, 1992:1161-99.
23. Rahimtoola SH. The hibernating myocardium. *Am Heart J* 1989; 117:211-21.
24. Rahimtoola SH. A perspective on three large multicenter randomized clinical trials of coronary bypass surgery for chronic stable angina. *Circulation* 1985; 72(Suppl V): 123-35.
25. Berg EK, Popma JJ, Delmer GJ, et al. Reversible segmental left ventricular dysfunction after coronary angioplasty. *Circulation* 1990;81:1210-6.
26. Sigwart U, Grbic M, Essinger A, Bischof-Delaloye A, Sadeghi H, Rivier J. Improvement of left ventricular function after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am J Cardiol* 1982;49:651-7.
27. Carlson EB, Cowley MJ, Wolfgang TC, Vetrovec GW. Acute changes in global and regional rest left ventricular function after successful coronary angioplasty: comparative results in stable and unstable angina. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13:1262-9.
28. Shepetycki TH, Morton BC. A computer graphic-based angiographic model for normal left ventricular contraction in man and its application to the detection of abnormalities in regional wall motion. *Circulation* 1983; 68:1222-30.
29. Sheehan FH, Stewart DK, Dodge HT, Mitten S, Bolson EL, Brown BG. Variability in the measurement of regional left ventricular wall motion from contrast angiograms. *Circulation* 1983; 68:550-9.
30. Sheehan FH, Bolson EL, Dodge HT, Mathey DG, Schofer J, Woo HW. Advantages and applications of the centerline method for characterizing regional ventricular function. *Circulation* 1986; 74:293-305.