

İnferiyor Akut Miyokard İnfarktüsünde Sağ Ventrikül Tutulumunun Gösterilmesinde Görsel ve Kantitatif Radyonüklid Yeni bir Yöntem: Tc-99m Sestamibi Gated SPECT Perfüzyon Görüntüleme

Dr. Mehmet AKSOY, Dr. Tülin KURT, Dr. Ayşe Emre PINARLI, Dr. Metin GÜRSÜRER,
Dr. Dursun ÜNAL, Dr. Birsen ERSEK
Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Merkezi, İstanbul

ÖZET

Çalışmamızda teknesyum-99m sestamibi ile yapılan gated SPECT perfüzyon görüntülemeyi kullanarak, geliştirdiğimiz görsel ve kantitatif yeni bir yöntemle sağ ventrikülün görüntülenmesi, böylece miyokard perfüzyonu ile fonksiyonel değerlendirmenin aynı anda sağlanarak inferiyor akut miyokard infarktüsünde sağ ventrikül tutulumunun (RVI) incelenmesini amaçladık. Elektrokardiyografik olarak RVI düşünülen 14 hasta ile kontrol grubunu oluşturan 16 normal olgu çalışmaya dahil edildi. RVI tanısını doğrulamak için hastalara hemodinamik monitörizasyon ve koroner anjiyografi uygulandı. Tümünde RVI ile uyumlu hemodinamik bulgular ve sağ koroner arter proksimalinde tıkanıklık saptandı. Hemodinamik parametreler normale döndükten sonra (ortalama 6. gün) aynı günde olacak şekilde ekokardiyografik ve gated SPECT inceleme yapıldı. Sirkumferansiyel analiz yöntemiyle normal olguların gated görüntülerine kantitatif değerlendirme uygulandı. Sol ventrikül maksimum sistolik (ES) sayısı ortalama 138 ± 13 piksel, sağ ventrikül maksimum ES sayısı ortalama 48 ± 8 piksel bulundu. Maksimum sol ventrikül aktivitesine normalize edilmiş olan renk skalası geliştirilen yöntemle maksimum sağ ventrikül aktivitesine normalize edilerek sol ventrikül maskelendi ve tüm olgularda sağ ventrikül görülür hale geldi. ES perfüzyon 5 puanlı (0: normal; 4: radyoaktif tutulum yok), duvar hareketi 4 puanlı (0: akinezi/diskinezi; 3: normal) ve sistolik kalınlaşma da 4 puanlı (0: sistolik kalınlaşma yok; 3: normal) sistemlere göre skorlandı. Perfüzyon skoru ≥ 2 ve duvar hareket skoru ≤ 1 bulunanlar RVI kabul edildi. Bu görsel değerlendirme ile hastaların hepsinde (%100) RVI tanısı konuldu. Ayrıca RVI olan segmentlere kantitatif analiz yapıldığında tümünde ortalama 19 ± 6 sayım/piksel değeri ile normal olguların alt sınırı olan 33 sayım/piksel'den daha düşük ES değerleri elde edildi ($p < 0.0001$). Ekokardiyografiyle ise ancak hastaların %57'si tanılabildi.

Sonuç olarak, geliştirdiğimiz görsel ve kantitatif yeni yöntemle gated SPECT perfüzyon görüntülemenin, RVI tanı-

sında radyonüklid yeni bir yöntem olarak kullanılabileceği kanısına varıldı.

Anahtar kelimeler: Gated SPECT, inferiyor miyokard infarktüsü, sağ ventrikül tutulumu.

İnferiyor miyokard infarktüsü geçiren hastaların %30-55'inde görülen sağ ventrikül tutulumu (RVI) (1-4), hemodinamik bozukluk, atriyoventriküler tam blok ve hastane içi mortalitede artışa yol açar (5-9). Farklı tedavi yaklaşımı gerektiren bu klinik sendromun tanısı prognozu olumlu yönde etkileyecektir (10-13). Sıklıkla sağ koroner arterin sağ ventrikül dalında önceki proksimal tıkanmalarında görülen RVI'nun (4,14) tanısında fizik muayene (3,15), elektrokardiyografi (EKG) (16-18), hemodinamik ölçümler (19,20), ekokardiyografi (21,22), radyonüklid ventrikülografi (23,24) ve teknesyum pirofosfat sintigrafisi (25-26) gibi çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin bazısında infarktüsün erken saatlerinde (27), bazılarında da hemodinamik bulgular belirgin olduğunda yüksek tanı değerleri (15,28) elde edilebilmesi, RVI'nun tanısına yönelik çalışmaların sürmesine neden olmuştur.

Sağ ventrikülün anatomik pozisyonu ve sol ventriküle göre küçük olan kitlesi nedeniyle talyum-201 ile görüntülenmesi zordur (29). Teknesyum-99m (Tc-99m) sestamibinin bu konuda talyum 201'e üstün olduğu ve sağ ventrikül perfüzyon değerlendirmesinde kullanılabilmesi bildirilmiştir (29,30). Ayrıca uygun biyokinetik özellikleri nedeniyle elektrokardiyografik gated "Single-photon emission computed tomography (SPECT)" kayıt alınabilmesini de kolaylaştırmıştır (31).

Alındığı tarih: 28 Ekim, 1997
Yazışma adresi: Dr. Mehmet Aksoy
Sofular Mah. Kızıtaşı Kızanlık Cad. No: 4/5 Müftüoğlu Apt.
34260 Fatih, İstanbul Tel.: (0 212) 534 46 13
*Bu çalışma TKD'nin düzenlediği 1997 yılı Genç Araştırmacı Teşvik İkincilik Ödülünü almıştır.

Gated SPECT perfüzyon görüntüleme, aynı anda hem miyokard perfüzyonunun hem de bölgesel ve global sol ventrikül fonksiyonun değerlendirilebilmesine imkan sağlar (32,33). Ayrıca bu yöntemle, sağ ventrikülün gated olmayan görüntülere göre daha belirgin olduğu bildirilmiştir (34). Bu çalışmanın amacı da sağ ventrikül görüntülemesinde üstünlük sağlayan gated SPECT yöntemini ve Tc-99m sestamibi radyoaktif maddesini kullanarak, daha önce incelenmemiş bir konu olarak dikkatimizi çeken RVI tanısındaki değerini, hem sağ ventrikül miyokard perfüzyonunu hem de bölgesel duvar fonksiyonunu tek görüntüleme ile ortaya koyarak araştırmaktır.

MATERYAL ve METOD

Çalışma, Haziran 1996 ile Şubat 1997 tarihleri arasında Siyami Ersek Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Hastanesi'nde gerçekleştirildi.

Çalışma grubu: Sağ ventrikül görüntülemesindeki normal sınırları belirlemek amacıyla koroner arter hastalığı olasılığı düşük, tümü erkek, yaş ortalaması 51.4 ± 10 (yaş aralığı 36-68) olan 16 olgudan kontrol grubu oluşturuldu. Olguların 6'sında daha önce yapılan koroner anjiyografisi normal, diğer 10'unda koroner arter hastalığı anemnezi mevcut değildi. Tümünde istirahat EKG'si, göğüs röntgeni ve egzersiz talyum-201 sintigrafisi normal bulundu. Transtorasik ekokardiyografi ile kalbin fonksiyonel incelemesinde kalp boşlukları ve miyokard segmentleri normal olarak değerlendirildi.

İnferyor veya inferoposteriyor infarktüs tanısıyla koroner yoğun bakım ünitesine yatırılan, hemodinamik olarak belirgin RVI olduğu düşünülen, 12'si erkek, 2'si kadın, yaş ortalaması 52 ± 8 (yaş aralığı 38-66) olan 14 olgu da hasta grubunu oluşturdu. Daha önce miyokard infarktüsü geçirenler, valvüler kalp hastalığı, perikardit, kardiyomiyopati, konjestif kalp yetmezliği ve kronik akciğer hastalığı olanlar çalışma dışı bırakıldı.

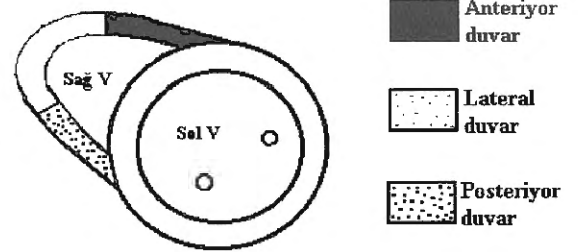
RVI tanısı: Akut miyokard infarktüsü tanısı, ≥ 0.5 saat süren karakteristik göğüs ağrısı, tipik EKG değişiklikleri ve kardiyak enzim düzeylerinde artış ile konuldu. RVI tanısı için V4R göğüs derivasyonu midklavikuler hatta sağ 4. interkostal aralıkta kaydedildi. Bu derivasyonda 1 mm veya daha fazla ST segment yükselmesi görülen hastalarda RVI düşünüldü.

Hipotansiyon, juguler venöz dolgunluk veya Kussmaul belirtisi gibi hemodinamik olarak belirgin RVI bulgusu⁽³⁾ saptananlar çalışmaya alındı. Tanıyı doğrulamak için koroner yoğun bakım ünitesine yatırılan sonra Swan Ganz kateteriyle hemodinamik monitörizasyon, hastaneden çıkmazdan önce (ortalama 8. gün) koroner anjiyografi uygulandı. Sağ atriyum, sağ ventrikül, pulmoner arter ve pulmoner kapiller uç basınçlar her 8 saatte bir ölçüldü. Bir ölçümde sağ atriyum basıncı ≥ 10 mmHg saptananlar RVI kabul edildi. Ölçümleri bu seviyenin altında bulunanlara sıvı yüklemesi yapılarak⁽¹⁵⁾ tekrar değerlendirildi. Hemodina-

mik parametreler normale döndükten sonra (2-4. gün) işleme son verildi. Koroner anjiyografi ve sol ventrikülografi Judkins tekniği ile yapıldı. Sol damar sisteminin en az dört, sağ damar sisteminin en az iki plandan sineanjiyogram kayıtları alındı. Koroner arterler iki gözlemci tarafından değerlendirildi ve yanındaki normal segmente göre %70'i geçen darlıklar anlamlı kabul edildi. Sol ventrikülografi sağ ve sol anterior oblik pozisyonlarda uygulanarak sol ventrikül segmenter kontraktilesi incelendi.

Klinik ve laboratuvar incelemelerine göre aşağıdaki bulgular saptanan 14 olguya RVI tanısı konuldu: (1) EKG'de inferyor veya inferoposteriyor akut miyokard infarktüs bulgusuyla birlikte V4R derivasyonunda ≥ 1 mm ST segment yükselmesi görülmesi. (2) Juguler venöz basıncı ≥ 10 mmHg ölçülmesi (3), Koroner anjiyografide sağ koroner arter proksimalinde anlamlı darlık saptanması.

Ekokardiyografik inceleme: Hemodinamik bulgular düzeldikten sonra ortalama 6. günde, tüm hastalara aynı günde olacak şekilde transtorasik ekokardiyografi ve gated SPECT perfüzyon görüntüleme uygulandı. Ekokardiyografik inceleme Vingmed CFM 750 cihazı ile 2.5 MHz probe kullanılarak yapıldı. Hasta 30° sol yan ve sırtüstü pozisyonunda yatarak sağ ventrikülün değişik pencerelerden görüntüleri alınarak video kaydı yapılmaya çalışıldı. Hem anında hem de daha sonra video görüntüleri ile değerlendirme yapıldı. Sağ ventrikül anterior, lateral ve posteriyor duvar olmak üzere başlıca 3 ana segmente bölündü (28) (Şekil 1). Sistol esnasında duvarın normal kalınlaşması ve normal hareketi normal, sistolik kalınlaşmanın ve hareketin azalması hipokinezi, sistolik kalınlaşmanın ve hareketin olmaması akinezi olarak değerlendirildi (35). Ekokardiyografi RVI tanısı akinezi ve hipokinezi gibi anormal duvar hareketlerinin görülmesiyle konuldu. Ayrıca sağ ventrikül kavite dilatasyonu ve triküspit yetersizliği sekonder bulgular olarak dikkate alındı (21,22).



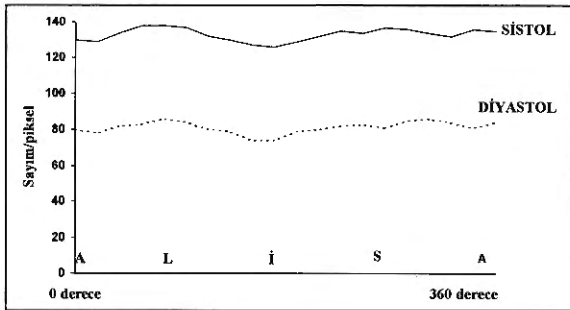
Şekil 1. Ekokardiyografik kısa eksen kesitte sağ ventrikülün şematik görünüşü

Gated SPECT çalışması: Hastalara istirahat halinde 30 mCi Tc-99m sestamibi i.v. yoldan verildikten 30-60 dakika sonra çekimler alınmaya başlandı. Çekimler, hasta etrafında dönebilen, düşük enerjili-yüksek rezolüsyonlu kolimatör içeren çift başlı gama kamera (Elsint Apex SPX CardiaL) ile yapıldı. Gated çalışması için hastalar EKG'ye bağlandı. Tümünün çekim sırasında sinüs ritminde olmasına ve sık ektopik vuru göstermemesine dikkat edildi. Her kalp siklusu 16 frame'e (parçaya) bölündü. Projeksiyon görüntüleri için, kamera hastanın toraksı çevresinde, 25'er saniyelik, her 3° 'de bir görüntü alacak şekilde, 45° sağ anterior oblik noktasından başlayarak 45° sol posteriyor oblik noktasına kadar 180° döndürüldü. Veriler 64×64 mat-

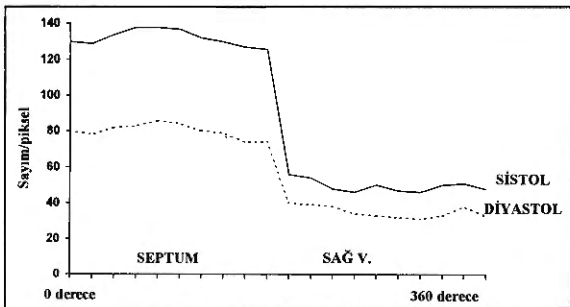
rikte toplandı ve projeksiyon görüntüleri rekonstrüksiyondan önce Butterworth filtresinden geçirildi (cut off frekansı 0.35, order 5). Gated verileri Metz filtresi (FWHM 12 mm) kullanılarak rekonstrükte edildi. 64 mm kalınlığında, vertikal uzun eksen, horizontal uzun eksen, orta ve bazal kısa eksen, toplam 4 adet gated SPECT kesiti oluşturuldu. Maksimum miyokard aktivitesine normalize edilerek yorum hazırlanır hale getirildi.

Normal sınırların belirlenmesi: Normal olgulara ait Gated SPECT görüntülerinde sağ ventrikül, horizontal uzun ve kısa eksen kesitlerde, özellikle sistolde (ES) seçilebiliyordu. Sağ ventrikülü tüm kalp siklusu boyunca görüntülemek, duvar hareketlerini ve sistolik kalınlaşmayı değerlendirebilmek amacıyla aşağıda geliştirilen yöntemle sol ventrikül maskelendi. Sol ventrikül maksimum sayımına uyarlanmış olan renk skalasındaki maksimum değer, sağ ventrikül maksimum sayımına normalize edilerek tüm sağ ventrikül bölümlerinin görüntülenmesi sağlandı.

Sirkumferansiyel analiz yöntemi kullanılarak yapılan kantitatif değerlendirme ile normal olguların sol ventrikül maksimum ES sayımı 138 ± 13 /piksel, diyastolik (ED) sayımı 83 ± 7 /piksel bulundu (Şekil 2). İşaretli alan (ROI), merkezi sağ ventrikül kavitesinin ortasında, çevresi sağ ventrikül tüm duvarlarını ve sol ventrikül septum komşuluğunu içine alacak şekilde yerleştirildi. Kantitatif değerlendirme ile sağ ventrikül maksimum ES sayımı 48 ± 8 , ED sayımı 38 ± 6 olarak ölçüldü (Şekil 3). Ortalama maksimum sağ ventrikül ES sayımı maksimum sol ventrikül sayımının %34'üne ($48/138$) uymaktaydı. 0 ile 255 arasında değişen ve 255 değeri maksimum sol ventrikül aktivitesine normalize edilmiş olan renk skalası penceresi %34'üne ($255 \times 0.34 = 86$) daraltılarak 0 ile 86 arasında olacak şekilde düzenlendi. Bu sınırın üzerinde sayıma sahip miyokard



Şekil 2. Normal bir olgunun sirkumferansiyel analiz ile yapılan sol ventrikül kantitatif incelemesi. A: Anterior, L: Lateral, İ: Inferior, S: Septum



Şekil 3. Normal bir olgunun sirkumferansiyel analiz ile yapılan sağ ventrikül kantitatif incelemesi. V: Ventrikül

alanlarının bilgisayar tarafından siyah görülmesi sağlanarak sol ventrikülün görüntüde maskelenmesi, sınırın altında sayım değerlerine sahip sağ ventrikülün de renk skalasının maksimumuna normalize edilmesiyle belirgin hale gelmesi sağlandı. Kontrol grubu olgularının hepsinde, bu yöntemle elde edilen gated SPECT görüntüleriyle sağ ventrikül başarılı bir şekilde görüntülendi (%100) Şekil 4). Sağ ventrikül ekokardiyografik incelemelere uygun şekilde anterior, lateral ve posteriyor duvarlar olmak üzere 3 segmente bölündü⁽²⁹⁾ (Şekil 5).

Görsel ve kantitatif değerlendirme ile RVI tanısı: Elde edilen görüntülerde sağ ventrikül miyokard perfüzyonu sistolde, duvar hareketi ve sistolik kalınlaşma ise tüm kalp siklusu boyunca değerlendirildi. Perfüzyon değerlendirmesi gated olmayan Tc-99m sestamibi incelemelerinde kullanılan 5 puanlı skorlama sistemine göre (0: normal, 1: hafifçe azalma, 2: orta derecede azalma, 3: belirgin azalma, 4: radyoaktif tutulum yok) yapıldı⁽³⁶⁾. Duvar hareketleri 4 puanlık skorlama sistemine göre (3: normal duvar hareketi, 2: hafif hipokinezi, 1: ağır hipokinezi, 0: diskinetik/akinetik), duvar kalınlaşması ise sistolde miyokard duvarının radyoaktivite tutulumuna göre (3: normal, 2: kalınlaşmada hafif azalma, 1: kalınlaşmada belirgin azalma ve 0: kalınlaşma yok) değerlendirildi⁽³²⁾. Radyoaktivite tutulumu olmaması nedeniyle fonksiyonların değerlendirilmesinin mümkün olmadığı olgularda bu segmentlerdeki duvar hareketi ve kalınlaşmasına "0" puan verildi. Görsel olarak perfüzyon skoru ≥ 2 puan olan veya duvar hareket skoru (duvar hareketi veya sistolik kalınlaşması) ≤ 1 puan olan segmentlerde RVI olduğu kabul edildi. Ayrıca tüm sağ ventrikül segmentlerine sirkumferansiyel analizle 6'şar derecelik aralıklarla kantitatif değerlendirme yapıldı. ES sayımı, normal olguların alt sınırı olan 33 sayım/piksel'in (ortalamanın - 2 standart sapması) altında bulunanlar RVI olarak değerlendirildi.

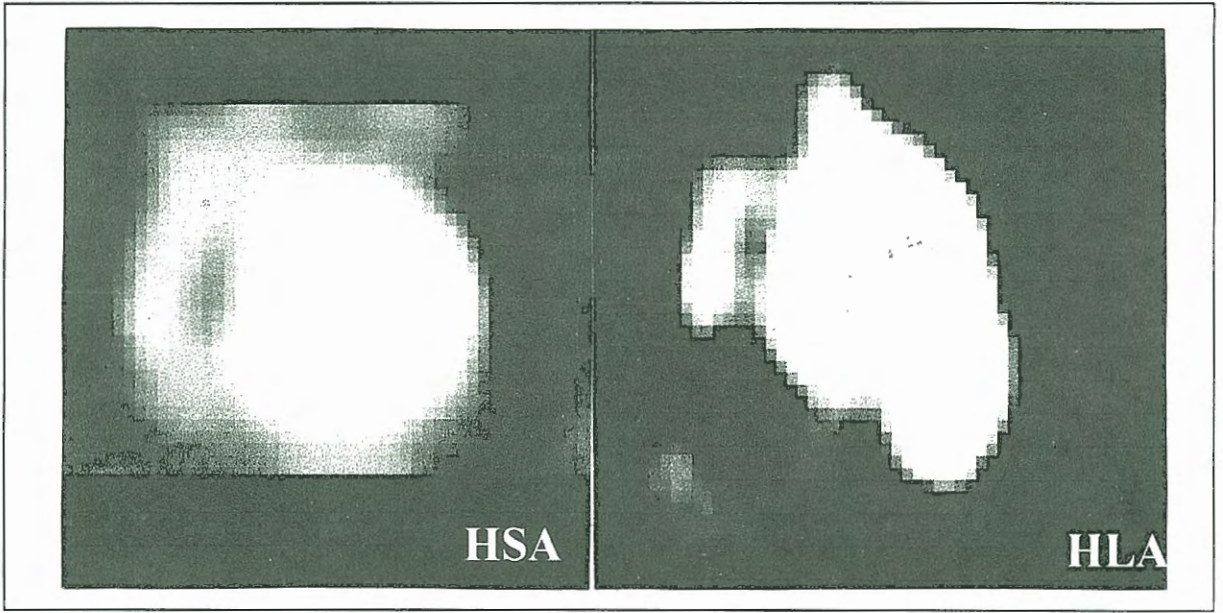
Gated SPECT görüntüleri 2 gözlemci tarafından değerlendirildi. Ortak karar alınmadığında üçüncü bir gözlemcinin görüşüne başvuruldu. Gözlemciler hastanın klinik bulguları hakkında bilgi sahibi değillerdi.

İstatistiksel analiz: Kantitatif değişkenler ortalama \pm standart sapma, kalitatif değişkenler % olarak ifade edildi. Kantitatif değişkenler arası fark "Student-t" testi ile değerlendirildi.

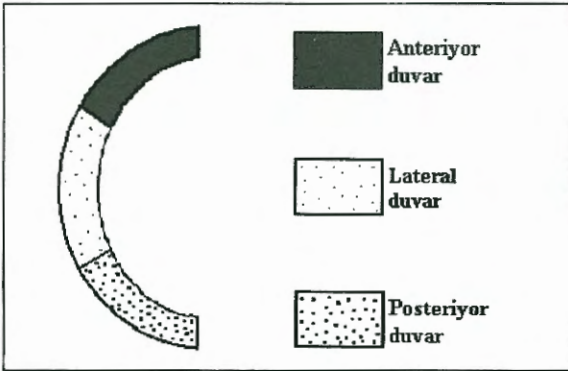
BULGULAR

Klinik, hemodinamik ve anjiyografik bulgular: Tablo 1'de hastaların klinik, hemodinamik ve anjiyografik bulguları özetlenmiştir.

Hastaların ilk çekilen EKG'lerinde 10 olguda inferior, 4 olguda inferoposteriyor miyokard infarktüsü saptandı. Tümünde sağ taraf V4 derivasyonunda 1 mm veya daha fazla ST segment yükselmesi görüldü. Bu ST segment yükselmesi olguların 10'unda (%70) ilk 24 saat içinde, kalanlarda ise ilk 72 saat içinde kayboldu.



Şekil 4. Normal bir olgunun geliştirilen yöntemle elde edilen sistolik ve uzun eksen görüntüleri. Sağ ventrikül tüm segmentleri belirgin olarak görülürken sol ventrikül maskelenmiştir.



Şekil 5. Gated SPECT kısa eksen kesitte sağ ventrikülün şematik görünüşü

Olguların 7'sinde (%50) juguler venöz dolgunluk, 10'unda (%70) Kussmaul belirtisi, 9'unda (%64) belirgin hipotansiyon saptandı. Tümünde akciğer oksültasyonu ve çekilen göğüs röntgenleri normal bulundu. Sistolik kan basıncı ortalama 91.7 ± 11 mmHg olarak ölçüldü. Sağ kalp kateterizasyonunda ortalama sağ atriyum basıncı 11.1 ± 3 mmHg saptandı. Hastaların 10'unda koroner yoğun bakım ünitesinde yatarken yapılan ölçümlerde, 4'ünde ise sıvı yüklemesinden sonra yapılan ölçümlerde ortalama sağ atriyum basıncı 10 mmHg veya üzerinde bulundu. Ortalama sağ ventrikül basıncı $28.5 \pm 4/11 \pm 3$ mmHg, pulmoner arter basıncı $29 \pm 4/11 \pm 2$ mmHg ve pulmoner kapiller uç basıncı 11.8 ± 2 mmHg olarak saptandı.

Koroner anjiyografide hastaların 4'ünde üç damar hastalığı, 5'inde iki damar hastalığı, 6'sında da tek damar hastalığı belirlendi. Tümünde infarktüstten sorumlu damar sağ koroner arterdi ve tıkanmalar sağ ventrikül dalı öncesi proksimal bölümünde yer almaktaydı. 84'ünde sağ koroner arter %100 tıkalı iken 6'sında %80'nin üzerinde darlıklar mevcuttu. Sol ventrikülografide olguların 11'inde posterobazal akinezi, 3'ünde posterobazal hipokinezi, 4'ünde diyafragmatik hipokinezi saptandı.

Klinik, EKG, hemodinamik ve anjiyografik bulgular ile RVI tanısı konan ve hastaneden çıkış süresine kadar takip edilen bu olguların 7'sinde elektriksel komplikasyonlar (üç hastada atriyoventriküler tam blok, iki hastada atriyal fibrilasyon, birer hastada ventriküler taşikardi ve ventriküler fibrilasyon) gelişti. Atriyoventriküler tam blok gelişenlere geçici pacemaker yerleştirildi. Olguların 9'una trombolitik tedavi uygulandı. Diğer 5'ine bir kontrendikasyon olması veya geç geliş süresi nedeniyle trombolitik tedavi yapılmadı. Hastaların hiç birisinde ölüm olayı görülmedi.

Ekokardiyografik bulgular: Transtorasik ekokardiyografi incelemesinde olguların 2'sinde sağ ventrikülü değerlendirecek yeterli görüntü alınamadı. 4'ünde sağ ventrikül normal olarak değerlendirildi (Tablo 2). Diğer 8 (%57) hastada RVI düşündürülen

Tablo 1. Hastaların klinik, hemodinamik ve anjiyografik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl) Cinsiyet	Kuss bl.	EKG	Kan b.	SAb	SVb.	PAb.	PCW	Koroner anjiyo.	Kompli- kasyon
1	66 K	+	I,RVI	80/60	14	28/14	28/10	10	RCp, L	AF
2	49 E	+	I,RVI	80/50	13	34/13	34/9	15	RCp	-
3	45 E	-	IP,RVI	100/70	5*	20/5	20/9	9	RCp	VT
4	60 E	+	I,RVI	105/75	10	31/10	30/13	13	RCp	-
5	57 E	+	IP,RVI	70/40	8*	28/8	29/7	11	RCp,Cx	Av blok
6	38 E	-	I,RVI	95/60	12	35/12	35/10	10	RCp,Cx	-
7	42 E	+	I,RVI	90/55	10	25/10	28q5/8	13	RCp,L,C	Av blok
8	61 E	+	I,RVI	100/50	11	30/11	30/12	12	RCp,L,C	VF
9	59 E	-	I,RVI	110/60	6*	24/6	25/10	10	RCp	-
10	41 E	+	I,RVI	85/40	14	27/14	28/15	13	RCp,L,C	-
11	54 E	+	IP,RVI	90/50	16	30/15	30/13	12	RCp,L	AV blok
12	55 K	+	I,RVI	105/70	7*	22/7	27/11	11	RCp,Cx	-
13	58 E	-	IP,RVI	95/60	13	30/13	31/14	13	RCp	AF
14	42 E	+	I,RVI	80/50	17	35/17	35/15	14	RCp,L,C	-

*Kısaltmalar: K: Kadın, E: Erkek, Kuss. bl.: Kussmaul belirtisi, I: İnferyor miyokard infarktüsü, IP: İnferoposteriyör miyokard infarktüsü, RVI: Sağ ventrikül tutulumu, b.: basıncı (mmHg), SA: Sağ atriyum ortalama, SV: Sağ ventrikül, PA: Pulmoner arter, PCW: Pulmoner kapiller uç basıncı, RCp: Sağ koroner arter proksimal darlığı, L: Sol ön inen arter darlığı, Cx: Sirkumfleks arter darlığı, AF: Atrial fibrilasyon, VT: Ventriküler taşikardi, VF: Ventriküler fibrilasyon. *Sıvı yüklemesinden sonra ≥ 10 mmHg oldu.*

segmenter duvar hareket bozukluğu saptandı. En sık posteriyör duvar anormal hareketi görüldü (%50). Ayrıca sekonder bulgu olarak 5'er hastada sağ ventrikül genişlemesi ve triküspit yetersizliği saptandı. Sol ventriküle ait incelemelerin tümünde inferiyör segment anormal hareketi tesbit edildi.

Gated SPECT perfüzyon görüntüleme bulguları: Gated SPECT perfüzyon görüntülemeye ait görsel değerlendirme sonuçları tablo 3'te verilmiştir. Olguların 13'ünde en az bir segmentinde perfüzyon defekti (perfüzyon skoru ≥ 2) saptandı. En sık posteriyör duvarda (%92), sonra sırasıyla lateral duvar (%64) ve anterior duvarda (%21) görüldü. Segmenter duvar bozukluğu (duvar hareket skoru ≤ 1) ise tüm hastalarda (%100) vardı. En sık posteriyör duvarda (%100), sonra lateral (%71) ve anterior (%28) duvarda görüldü. Ayrıca sekonder bir bulgu olarak hastaların hepsinde normal olgulara göre değişen derecelerde sağ ventrikül dilatasyonu görüntüsü tesbit edildi (Şekil 6). Sol ventrikül incelemesinde ise tüm hastaların inferiyör duvarında perfüzyon defekti ve duvar hareket bozukluğu vardı.

RVI'nu kantitatif olarak değerlendirmek amacıyla yapılan sirkumferansiyel analiz sonuçları da şekil

7'de gösterilmiştir. Görsel değerlendirme ile RVI olduğu kabul edilen segmentlere ait ortalama sayım ES'de 19 ± 6 /piksel, ED'de 17 ± 4 /piksel bulundu. Daha önce elde edilen normal olguların 48 ± 8 /piksel ES ve 36 ± 6 /piksel ED ortalama sayımı ile karşılaştırıldığında ileri derecede anlamlı farklılık saptandı ($p < 0.0001$ ve $p < 0.0001$). Hastaların 13'ünde (%92) ES sayım normal olguların alt sınırı olarak belirlenen ES 33 sayım/piksel'in altında bulundu. Görsel perfüzyon değerlendirme ile %100, duvar hareket skoru değerlendirmesi ile %92 uyumluydu. Hem görsel hem de kantitatif incelemede uyumsuzluk saptanan olgu aynı hastaydı. Bu hastanın perfüzyonu görsel ve kantitatif değerlendirmede normale yakın bulunurken, belirgin duvar hareket bozukluğu mevcuttu. Şekil 8'de sirkumferansiyel analiz sonuçları gösterilen bu hastada stunning miyokard olabileceği kanısına varıldı.

TARTIŞMA

Gated SPECT inceleme ile sağ ventrikül görüntülemesi ve RVI tanısı: Sağ ventrikülün talyum-201'le görüntülemesinin yetersiz oluşu (37,38), sağ ventrikül perfüzyon incelemesinin klinik kullanıma girmesini

Tablo 2. Hastaların transtorasik ekokardiyografi bulguları

<u>Sağ Ventrikül</u>	<u>Sıklığı</u>
Posteriyor duvar akinezi	4/14
Posteriyor duvar hipokinezi	3/14
Lateral duvar hipokinezi	3/14
Anteriyor duvar hipokinezi	2/14
Sağ ventrikül genişlemesi	5/14
<u>Sol ventrikül</u>	
İnferyor segment akinezi	10/14
İnferyor segment hipokinezi	4/14
Sol ventrikül genişlemesi	5/14
<u>Diğer</u>	
Triküspit yetersizliği	5/14
mitral yetersizliği	5/14

Tablo 3. Hastaların Gated SPECT perfüzyon görüntüleme bulguları.

<u>Sağ ventrikül</u>	<u>Sıklığı</u>
Posteriyor duvar perfüzyon defekti	13/14
Posteriyor duvar hareket bozukluğu	14/14
Lateral duvar perfüzyon defekti	9/14
Lateral duvar hareket bozukluğu	10/14
Anteriyor duvar perfüzyon defekti	3/14
Anteriyor duvar hareket bozukluğu	4/14
Sağ ventrikül genişlemesi	14/14
<u>Sol ventrikül</u>	
İnferyor duvar perfüzyon defekti	14/14
İnferyor duvar hareket bozukluğu	14/14

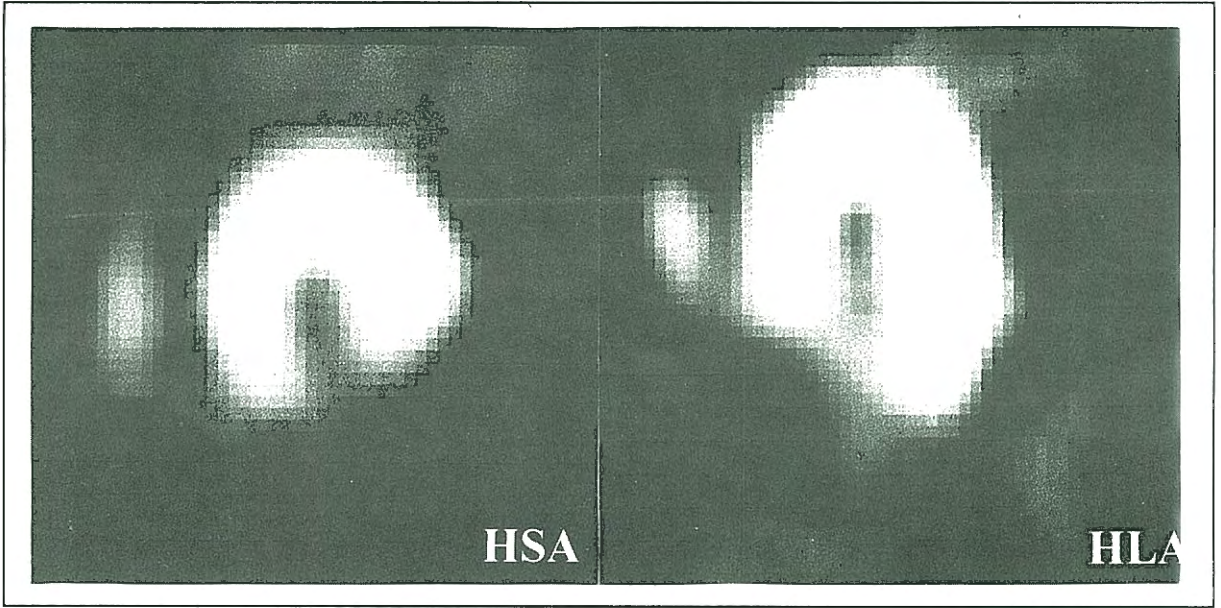
engellemiştir. Tc-99m sestamibinin, düşük radyoaktivitesi nedeniyle daha yüksek dozlarda uygulanabilmesi, yüksek foton enerjisine sahip olması gibi özelliklerinden dolayı görüntüleme talyum-201'e bazı üstünlükleri vardır (39). DePuey ve ark. (30) iki radyofarmasitik ajanı aynı hasta grubunda SPECT yöntemiyle doğrudan karşılaştırmışlar ve Tc-99m sestamibiye sağ ventrikülü görüntüleme daha duyarlı bulmuşlardır. Daha sonra Travin ve ark. (29), Tc-99m sestamibi ile streste %100, istirahatte %96 oranında sağ ventrikül perfüzyonunu görüntülemişlerdir. Mannting ve Morgan-Mannting de gated görüntülemenin sağ ventrikül perfüzyonunu göstermede

gated olmayan görüntülemeye üstün olduğunu bildirmişlerdir (34).

Sağ ventrikül görüntülemesinde üstünlük sağlayan Tc-99m sestamibi ve gated SPECT perfüzyon görüntüleme kullanılarak yapılan bu çalışmada, geliştirdiğimiz görsel ve kantitatif yeni yöntemle olguların hepsinde sağ ventrikülün yeterli görüntüsü elde edilmiştir. RVI'nun görsel tanısı için sistolde perfüzyon defekti ve duvar hareket bozukluğu saptanması kriter alındığında klinik, hemodinamik ve anjiyografik olarak RVI belirlenen hastaların tümünün tanısı mümkün olmuştur. Ayrıca bir olguda stunning miyokard tanısı konulmuştur. Kantitatif inceleme ise görsel değerlendirme ile elde edilen bulguları teyit etmiştir. Bu nedenle geliştirilen yöntemle RVI tanısı basit şekilde görsel olarak konulabilir. Bulgular arasında uyumsuzluk bulunduğu kantitatif incelemeden faydalanılabilir. Hemodinamik bulgular düzeldikten sonra yapılan bu çalışmada RVI'nun en sık posteriyor, daha az sıklıkla lateral ve en az anteriyor duvarda görülmesi diğer çalışmalarla uyumlu bulunmuştur (21,22,28).

Gated SPECT görüntülemenin RVI tanısında kullanılan diğer yöntemlerle karşılaştırılması: Hiç bir hemodinamik bulgunun olmadığı olgulardan ciddi hipotansiyon ve kardiyojenik şoka kadar geniş bir klinik yelpazede karşılaşılan RVI'nun (8,40) tanısında çok sayıda başka yöntemler de kullanılmaktadır. Ancak infarktüsün zamanına, hemodinamik bulguların derecesine ve kullanılan tekniğin özelliğine göre bu yöntemlerin uygulanmasında çeşitli kısıtlamalarla karşılaşılmaktadır.

EKG'de sağ taraf göğüs derivasyonlarında ST segment yükselmesinin gösterilmesi RVI tanısında en sık kullanılan, duyarlılık ve özgüllüğü yüksek bir bulgudur (16-18,41). Bununla birlikte inferyor ve lateral duvar infarktüslerinde sık görülen karşıt sağ derivasyonlardaki ST segment çökmesi duyarlılığı azaltabilir. Daha da önemlisi elektrokardiyografik bulguların infarktüsün ancak erken döneminde tesbit edilebilmesi, yarısında ilk 10 saat içinde kaybolmasıdır (27,41). Bu, daha geç dönemde gelen hastaların tanısını sınırlayan bir özelliktir. Nitekim çalışmamızda da EKG bulguları %70 olguda ilk 24 saat içinde kaybolmuştur. Gated SPECT görüntüleme ise zaman sınırlaması olmadan, infarktüsün herhangi bir döneminde inceleme yapılabilir.



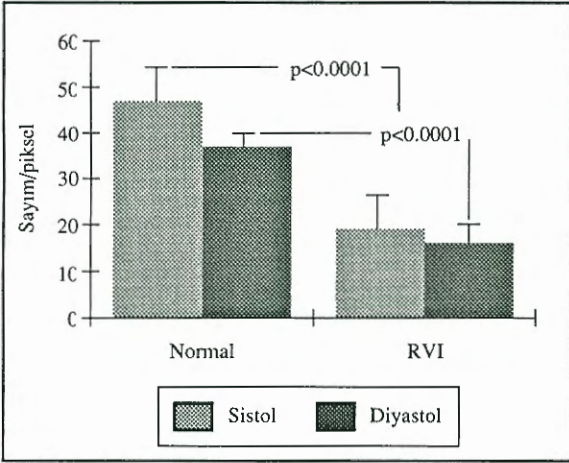
Şekil 6. İnferyor miyokard infarktüsü geçiren bir hastada sağ ventrikül tutulumunun geliştirilen gated SPECT yöntemiyle gösterilmesi. Kısa ve uzun eksen kesitlerde sol ventrikül normal segmentlerinin maskelendiği, inferiyor duvarda ise perfüzyon defekti bulunduğu görülmektedir. Sağ ventrikülün anterior ve posterior duvarlarında perfüzyonun olmadığı, lateral duvarında ise kısmen perfüzyon olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 4 ile karşılaştırmız)

Transtorasik ekokardiyografi ile hemodinamik olarak belirgin RVI olan hastalarda sağ ventrikül genişlemesi, sağ ventrikül duvar hareket bozukluğu ve paradoksal septal hareket gibi bulguların tesbit edilmesiyle (21,22) %82 duyarlılık, %62-93 özgülük ile yüksek tanı değerleri bildirilmiştir (28,42). Çalışmamızda ekokardiyografi ile hastaların ancak %57'si tanınabilmiştir. Düşük tanı değeri elde edilmesinin bir nedeni 2 olguda, ekokardiyografik incelemelerin bir kısıtlayıcısı olan, yeterli görüntü alınmamasıdır. Diğer nedeni incelemelerin hemodinamik bulgular düzeldikten sonra yapılması olabilir. Jose-Lopez ve ark. (28) tarafından yapılan çalışmada hemodinamik parametreler normale döndükten sonra uygulanan ekokardiyografiyle bizim sonuçlarımıza yakın, %61 tanı değeri elde etmişler ve ekokardiyografik bulgular ile hemodinamik parametreler arasında yakın bir ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca sol ventriküle göre sağ ventrikül geometrisinde mevcut olan düzensizlik ve asimetri, bölgesel kontraksiyonlardaki hipokinezi gibi minör değişikliklerin belirlenmesini zorlaştıran diğer kısıtlayıcı bir etken olabilir (43).

Görüntüleme yöntemlerinden gerek ilk geçiş (first-pass) gerekse kalp siklusu ile senkronize kan gölcüğü görüntülemesi (gated equilibrium cardiac pool imaging: MUGA) yöntemleriyle yapılan radyonüklid ventrikülografinin (23,24) de sağ ventrikül ejeksi-

yon fraksiyonu ve duvar hareketleri değerlendirilmesinde altın standart kabul edilmesine rağmen RVI tanısında bazı kısıtlayıcı özellikleri vardır. Çünkü sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu %35 ile %75 arasında geniş değişkenlik gösteren normal değerlere sahiptir. Bu nedenle sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunda bir azalma saptanması RVI için özgül bir bulgu olmayabilir (44). Ayrıca radyonüklid ventrikülografi ile hemodinamik olarak belirgin hastalarda yüksek tanı değeri elde edilmesi (15) diğer kısıtlayıcı bir etkenidir. Gated SPECT incelemede sağ ventrikül duvarının içe doğru hareketi hemodinamiden etkilebilirse de miyokard perfüzyonu ile sistolik kalınlaşmanın doğrudan görüntülenmesi bu kısıtlamaları ortadan kaldıracaktır.

Radyonüklid yöntemlerden çift izotopla (talyum-201 ile birlikte Tc-99m pirofosfat veya indium-111 anti-miyozin) yapılan SPECT incelemenin de RVI'nun gösterilmesinde değerli olduğu bildirilmiştir (26,45). Fakat infarktüsün akut döneminde uygulanamaması, iki izotopla maliyetinin yüksek olması, siklotronla üretilen, bu nedenle hemen elde edilebilirliği güç olan radyofarmositik ajanlarla yapılması ve görüntü rezolüsyonundaki teknik zorluklar (45) bu yöntemin geniş klinik kullanıma girmesini engellemiştir. Gated SPECT incelemede kullanılan Tc-99m sestamibinin infarktüsün hemen başlangıcında dahi uygula-



Şekil 7. Normal sağ ventrikül segmenti ile RVI olan segmentin kantitatif incelemeye karşılaştırılması

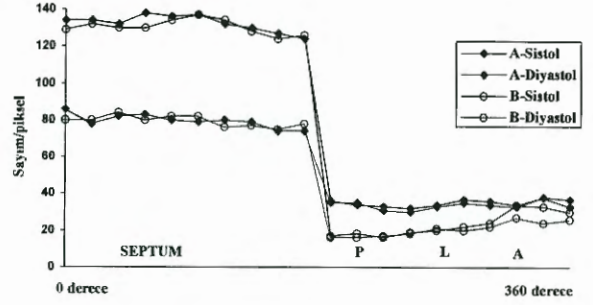
arak o anda risk altında bulunan miyokardı doğru bir şekilde gösterebilmesi (46), jeneratörle üretilmesinden dolayı kolay elde edilebilmesi ve maliyetinin düşük olması bu kısıtlamaları ortadan kaldıran özelliklerdir.

Gated SPECT incelemeye diğerlerine göre üstünlük sağlayan bir nokta da RVI olan hastalarda sık görülen stunning miyokard gibi iskemik durumların bu yöntem sayesinde doğrudan görüntülenebilmesidir.

Gated SPECT uygulamada görülen kısıtlamalar:

İnferyor akut miyokard infarktüsünde RVI'nun gösterilmesinde değerli bir yöntem olarak bulunan gated SPECT perfüzyon görüntülemenin uygulamasında karşılaşılan en önemli sorun, artmış karaciğer Tc-99m sestamibi tutulumunun, dört hastada sağ ventrikül posteriyor duvar incelemesini zorlaştırmasıydı. Bu hastaların görüntü kaydı Tc-99m sestamibi injeksiyonundan 30-45 dakika sonra alınmıştı. Sürenin 1 saat kadar olduğu olgularda bu sorunla karşılaşılması. Bu nedenle bekleme süresinin uzun tutulması, ayrıca süt vb. gibi karaciğerde radyoaktif ajan klirensini artıracak içeceklerin verilmesi faydalı olabilir. Gated SPECT uygulamalarda bir kısıtlama olarak görülen kayıt süresinin uzunluğu, bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmelerle artık ortadan kalkmaktadır. Nitekim kayıtlarımızın süresi ortalama 12.5 dakika ile ekokardiyografik incelemelerden kısa olmuştur. Rekonstrüksiyon işlemi ise 8 dakika sürmüştür.

Sonuç: Geliştirdiğimiz görsel ve kantitatif gated SPECT perfüzyon görüntülemenin, inferyor miyo-



Şekil 8. İki hastanın sirkumferansiyel analiz ile kantitatif değerlendirme sonuçları. A hastasının perfüzyonu normale yakın bulunurken (Şekil 3'le karşılaştırınız), sistol ve diyastol sayımı arasında belirgin farklılık görülmekte, yani sistolik kalınlaşma olmamaktadır. Görsel değerlendirmede de buna uygun şekilde sağ ventrikül miyokardında sistolik kalınlaşmanın olmadığı, duvarın içe doğru hareketinin de ileri derecede azaldığı dikkati çekmiş ve stunning miyokard lehine yorumlanmıştır. B hastasının ise kantitatif değerlendirmede posteriyor ve lateral duvarında perfüzyonun belirgin olarak azaldığı, sistolde sayımında artış olmadığı görülmüştür. Görsel incelemede de uygun şekilde aynı segmentlerde perfüzyon defekti ve duvar hareket bozukluğu saptanmıştır. Posteriyor ve lateral duvar RVI olduğu kanısına varılmıştır. P: Sağ ventrikül posteriyor duvarı, L: Sağ ventrikül lateral duvarı, A: Sağ ventrikül anterior duvarı.

kard infarktüsünde RVI'nun tanısında radyonüklid yeni bir yöntem olarak kullanılabilceği kanısına varılmıştır. Sağ ventrikül miyokard perfüzyonu, bölgesel duvar hareketi ve sistolik kalınlaşmanın aynı anda değerlendirilebildiği bu yöntemle, noninvazif olarak, infarktüsün herhangi bir döneminde, hemodinamik parametrelerden bağımsız bir şekilde RVI'nun görüntülenmesi sağlanabilir. Bu konuda daha fazla sayıda olgu üzerinde ve değişik hasta gruplarında çalışmalar yapılması, yöntemin klinik kullanıma girmesine yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Isner JM, Roberts WC: Right ventricular infarction complicating left ventricular infarction secondary to coronary artery disease: frequency, location, associated findings and significance from analysis of 236 necropsy patients with acute or healed myocardial infarction. Am J Cardiol 1978; 42: 885-94
2. Rackley CE, Russell RO, Mantle JA, Rogers WJ, Pappapetro SE, Schwartz KM: Right ventricular infarction and function. Am Heart J 1981; 101: 215-8
3. Cintron GB, Hernandez, E, Linares E, Aranda JM: Bedside recognition, incidence and clinical course of right ventricular infarction. Am J Cardiol 1981; 7: 224-7
4. Andersen HR, Falk E, Nielsen D: Right ventricular infarction: frequency, size and topography in coronary artery disease. A prospective study comprising 107 consecutive autopsies from a coronary care unit. J Am Coll Cardiol 1987; 10: 1223-32
5. Shah PK, Maddahi J, Berman DS, Pichler M, Swan

- HJC: Scintigraphically detected predominant right ventricular dysfunction in acute myocardial infarction: clinical and hemodynamic correlates and implications for therapy and prognosis. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6: 1264-72.
6. Roberts N, Harrison DG, Reimer K, Crain BS, Wagner GS: Right ventricular infarction with shock but without significant left ventricular infarction: a new clinical syndrome. *Am Heart J* 1985; 110: 1047-53
 7. Mavric Z, Zaputovic I, Matana A, et al: Prognostic significance of complete atrioventricular block in patients with acute inferior myocardial infarction with and without right ventricular involvement. *Am Heart J* 1990; 119: 823-8
 8. Berger PB, Ryan TJ: Inferior myocardial infarction: high-risk subgroups. *Circulation* 1990; 81: 401-11
 9. Zehender M, Kasper W, Kauder E, et al: Right ventricular infarction as an independent predictor of prognosis after acute inferior myocardial infarction. *N Engl J Med*. 1993; 328: 981-8
 10. Moreyra AE, Suh C, Porway MN, Costis JB: Rapid hemodynamic improvement in right ventricular infarction after coronary angioplasty. *Chest* 1988; 94: 197-9
 11. Berger PB, Ruocco NA Jr, Ryan TJ, et al: Frequency and significance of right ventricular dysfunction during inferior wall left ventricular myocardial infarction treated with thrombolytic therapy (results from the Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) II trial). *Am J Cardiol* 1993; 71: 1148-52
 12. Kinch JW, Ryan TJ: Right ventricular infarction. *N Engl J Med* 1994; 330: 1211-7
 13. ACC/AHA Guidelines for the management of patients with acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 1996; 28: 1328-428
 14. Weinshel AJ, Isner JM, Salem DN, Konstam MA: The coronary anatomy of right ventricular myocardial infarction: relationship between the site of right coronary occlusion and origin of the right ventricular free wall branches. *Circulation* 1983; 68: Suppl III: III-351 (abstract).
 15. Dell' Italia LJ, Starling MR, Crawford MH, Boros BL, Chaudhuri TK, O'Rourke RA: Right ventricular infarction: identification by hemodynamic measurements before and after volume loading and correlation with noninvasive techniques. *J Am Coll Cardiol* 1984; 4: 931-9
 16. Braat SH, Brugada P, Den Dulk K, Van Ommen V, Wellens HJ: Value of lead V4R for recognition of the infarct coronary artery in acute inferior myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1984; 53: 1538-41
 17. Lopez-Sendon J, Coma-Canella I, Alcasena S, Seoane J, Gamallo C: Electrocardiographic findings in acute right ventricular infarction: sensitivity and specificity of electrocardiographic alterations in right precordial leads V4R, V3R, V1, V2 and V3. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6: 1273-9
 18. Robalino BD, Whitlow PL, Underwood DA, Salcedo EE: Electrocardiographic manifestations of right ventricular infarction. *Am Heart J* 1989; 118: 138-44
 19. Lopez-Sendon J, Coma-Canella I, Gamallo C: Sensitivity and specificity of hemodynamic criteria in the diagnosis of acute right ventricular infarction. *Circulation* 1981; 64: 515-25
 20. Goldstein JA, Barzilay B, Rosamond TL, Eisenberg PR, Jaffe AS: Determinants of hemodynamic compromise with severe right ventricular infarction. *Circulation* 1990; 82: 359-68
 21. D'Arcy B, Nanda NC: Two-dimensional echocardiographic features of right ventricular infarction. *Circulation* 1982; 65: 167-73
 22. Jugdutt BI, Sussex BA, Sivaram CA, Rossall RE: Right ventricular infarction: two-dimensional echocardiographic evaluation. *Am Heart J* 1984; 107: 505-18
 23. Rigo P, Murray M, Taylor DR, et al: Right ventricular dysfunction detected by gated scintiphotography in patients with acute inferior myocardial infarction. *Circulation* 1975; 52: 268-74
 24. Starling MR, Dell'Italia LJ, Chaudhuri TK, Boros BL, O'Rourke RA: First transit and equilibrium radionuclide angiography in patients with inferior transmural myocardial infarction: criteria for the diagnosis of associated hemodynamically significant right ventricular infarction. *J Am Coll Cardiol* 1984; 4: 923-30
 25. Wackers FJ, Lie KI, Sokole EB, Res J, Van der Schoot JB, Durrer D: Prevalence of right ventricular involvement in inferior wall infarction assessed with myocardial imaging with thallium-201 and technetium-99m pyrophosphate. *Am J Cardiol* 1978; 42: 358-62
 26. Asano H, Some T, Tsuboi H, et al: Diagnosis of right ventricular infarction by overlap images of simultaneous dual emission computed tomography using technetium-99m pyrophosphate and thallium-201. *Am J Cardiol* 1993; 71: 902-8
 27. Braat SH, Brugada P, Zwaan C, Coenegracht JM, Wellens HJJ: Value of electrocardiogram in diagnosis right ventricular involvement in patients with an acute inferior myocardial infarction. *Br Heart J* 1983; 49: 368-72
 28. Lopez-Sendon J, Garcia-Fernandez MA, Coma-Canella I, Yangüela MM, Banelos F: Segmental right ventricular function after acute myocardial infarction: two-dimensional echocardiographic study in 63 patients. *Am J Cardiol* 1983; 51: 390-6
 29. Travin MI, Malkin RD, Garber CA, Messinger DE, Cloutier DJ, Heller GV: Prevalence of right ventricular perfusion defects after myocardial infarction assessed by low-level exercise with technetium 99m sestamibi tomographic myocardial imaging. *Am Heart J* 1994; 127: 797-804
 30. De Puey EG, Jones ME, Garcia EV: Evaluation of right ventricular regional perfusion with technetium-99m-sestamibi SPECT. *J Nucl Med* 1991; 32: 1198-205
 31. De Puey EG, Berman DS, Garcia EV: Cardiac SPECT imaging. New York, Raven Press, 1995. p. 131
 32. Chua T, Kiat H, Germano G, et al: Gated technetium-99m sestamibi for simultaneous assessment of stress

myocardial perfusion, postexercise regional ventricular function and myocardial viability. Correlation with echocardiography and rest thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* 1994; 23: 1107-14

33. Williams KA, Taillon LA: Left ventricular function in patients with coronary artery disease assessed by gated tomographic myocardial perfusion images. Comparison with assessment by contrast ventriculography and first-pass radionuclide angiography. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 173-81

34. Mannting F, Morgan-Mannting MG: Gated SPECT with technetium-99m-sestamibi for assessment of myocardial perfusion abnormalities. *J Nucl Med* 1993; 34: 601-8

35. Gibson RS, Bishop HL, Stamm RB, Crampton RS, Beller GA, Martin RP: Value of early two dimensional echocardiography in patients with acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1982; 49: 1110

36. Berman DS, Kiat H, Friedman JD, et al: Separate acquisition rest thallium-201/ stress technetium-99m sestamibi dual-isotope myocardial perfusion single-photon emission computed tomography: A clinical validation study. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 1455-64

37. Mackers FJ, Kiay JW, Laks H, et al: Pathophysiologic correlates of right ventricular thallium-201 uptake in the canine model. *Circulation* 1981; 64: 1256-64

38. Brown KA, Boucher CA, Okada RD, et al: Serial right ventricular thallium-201 imaging after exercise: relation to anatomy of right coronary artery. *Am J Cardiol* 1982; 50: 1217-22

39. Wackers FJ, Berman DS, Maddahi J, et al: Technetium-99m hexakis 2-methoxyisobutyl isonitrile: human bi-

odistribution, dosimetry, safety and preliminary comparison to thallium-201 for myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* 1989; 30: 301-11

40. Cohn JN, Gulha NH, Broder MI, Limas CJ: Right ventricular infarction: Clinical and hemodynamics features. *Am J Cardiol* 1974; 33: 209-14

41. Klein HO, Tordjman T, Ninio R, et al: The early recognition of right ventricular infarction: diagnosis accuracy of the electrocardiographic V4R lead. *Circulation* 1983; 67: 558-65

42. Bellamy GR, Rasmussen HH, Nasser FN, Wiseman JC, Cooper RA: Value of two-dimensional echocardiography, electrocardiography, and clinical signs in detecting right ventricular infarction. *Am Heart J* 1986; 112: 304-9

43. Arthur E. Weyman: Principles and practice of echocardiography, 1994. p. 916

44. Wilson BC, Cohn JN: Right ventricular infarction: clinical and pathophysiologic considerations. *Adv Intern Med* 1988; 33: 295-309

45. Antunes ML, Johnson LL, Seldin DW, et al: Diagnosis of right ventricular acute myocardial infarction by dual isotope thallium-201 and indium-111 antimyosin SPECT imaging. *Am J Cardiol* 1992; 70: 426-31

46. Gibbons RJ, Verani MS, Behrenbeck T, et al: Feasibility of tomographic ⁹⁹Tc-hexakis-2-methoxy-2-methylpropyl-isonitrile imaging for assessment of myocardial area at risk and the effect of treatment in acute myocardial infarction. *Circulation* 1989; 80: 1277-86