

Koroner arter hastalarında sol ventrikül bölgesel sistolik fonksiyonlarının ikiboyutlu gerilim (strain) görüntüleme ile değerlendirilmesi: Hız vektör görüntüleme çalışması

Evaluation of left ventricular regional systolic functions in patients with coronary artery disease by two-dimensional strain imaging: a velocity vector imaging study

Dr. Yelda Tayyareci, Dr. Özlem Yıldırım Türk, Dr. Selen Yurdakul,
Dr. Vedat Aytekin,[#] Dr. İ. C. Cemşid Demiroğlu, Dr. Saide Aytekin[#]

Florence Nightingale Hastanesi Kardiyoloji Bölümü; [#]İstanbul Bilim Üniversitesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, koroner arter hastalığında (KAH) sol ventrikül (SV) bölgesel sistolik fonksiyonları yeni bir gerilim (strain) görüntüleme yöntemi olan hız vektör görüntüleme (HVG) ile değerlendirildi.

Çalışma planı: Çalışmaya KAH tanısı konan 69 hasta (51 erkek, 18 kadın; ort. yaş 59.2±10.3) ve 30 sağlıklı gönüllü (22 erkek, 8 kadın; ort. yaş 58.1±13.8) alındı. Hastaların 33'ünde geçirilmiş miyokart enfarktüsü (ME) vardı. Tüm hastalarda, Amerikan Kalp Birliği'nin 16 segment modeli kullanılarak SV bölgesel duvar hareketleri (akinetik, hipokinetik ve normokinetik) belirlendi. Ayrıca, HVG yöntemi kullanılarak, SV'ye ait tüm segmentlerin zirve sistolik gerilimi (strain), gerilim hızı (SRs) ve segmenter ejeksiyon fraksiyonları (SEF) hesaplandı.

Bulgular: Ortalama zirve gerilim, SRs ve SEF değerleri ME geçirmiş hastalarda, ME olmayan hastalara ve kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük bulundu (p=0.0001). Çokdamar hastalığı varlığında da, zirve gerilim (p=0.04), SRs (p=0.02) ve SEF (p=0.0001) değerleri düşük bulundu. Subtotal/total darlık (≥%99) ile ilişkili miyokart segmentlerinde de zirve gerilim (p=0.02), SRs (p=0.001) ve SEF (p=0.0001) değerleri daha az darlıkla ilişkili olan segmentlerden düşüktü. Segmenter analizde, boylamasına deformasyonun en fazla akinetik segmentlerde olduğu (p=0.0001), hipokinetik ve normokinetik segmentler arasında da deformasyon açısından anlamlı fark olduğu görüldü (gerilim için p=0.01, SRs ve SEF için p=0.0001). Ayrıca, normokinetik segmentlerdeki deformasyon, kontrol grubundaki normal segmentlere göre daha fazla idi (gerilim için p=0.02, SRs ve SEF için p=0.0001).

Sonuç: Hız vektör görüntüleme ile yapılan bölgesel deformasyon analizleriyle, SV bölgesel sistolik fonksiyonları nicel olarak değerlendirilebilir; bu yöntem, duvar hareket bozukluklarının belirlenmesinde standart ekokardiyografiden daha güvenilir bir inceleme sağlayabilir.

ABSTRACT

Objectives: The aim of the study was to assess left ventricular (LV) regional systolic functions in coronary artery disease (CAD) using a novel strain imaging method, namely, velocity vector imaging (VVI).

Study design: The study included 69 patients (51 men, 18 women; mean age 52.9±10.3 years) with CAD and 30 healthy volunteers (22 men, 8 women; mean age 58.1±13.8 years). Thirty-three patients had previous myocardial infarction (MI). In all the patients, LV wall motions were analyzed as aknetic, hypokinetic, or normokinetic using the 16-segment model of the American Heart Association. In addition, LV peak systolic strain, strain rate (SRs), and segmental ejection fraction (SEF) of all the segments were calculated by using VVI.

Results: Patients with MI had significantly lower mean peak systolic strain, SRs, and SEF compared to patients without MI and controls (p=0.0001). The presence of multivessel disease was accompanied by significantly decreased peak systolic strain (p=0.04), SRs (p=0.02), and SEF (p=0.0001). Myocardial segments affected by subtotal/total occlusion (≥99%) had lower peak systolic strain (p=0.02), SRs (p=0.001), and SEF (p=0.0001) values compared to segments with less severe occlusion. In segmental analysis, longitudinal deformation was most significant in aknetic segments (p=0.0001), but hypokinetic and normokinetic segments also differed significantly with respect to deformation (for strain, p=0.01; for SRs and SEF, p=0.0001). Moreover, deformation in the normokinetic segments was more significant than normal segments of the controls (for strain, p=0.02; for SRs and SEF, p=0.0001).

Conclusion: Velocity vector imaging allows regional deformation analysis for quantitative assessment of regional LV systolic functions; this technique may be more reliable than conventional echocardiography in determining wall motion abnormalities.

Geliş tarihi: 07.12.2009 Kabul tarihi: 17.06.2010

Yazışma adresi: Dr. Saide Aytekin, İstanbul Bilim Üniversitesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Abide-i Hürriyet Cad., No: 290, Çağlayan, 34381 Şişli, İstanbul. Tel: 0212 - 224 49 50 e-posta: saytekin@gmail.com

© 2011 Türk Kardiyoloji Derneği

Koroner arter hastalığının tanı ve takibinde, sol ventrikül bölgesel fonksiyonlarının incelenmesi klinik ve prognostik önem taşımaktadır.^[1,2] Koroner arter hastalığında, eşlik eden miyokart enfarktüsü (ME) olsun ya da olmasın, koroner arterdeki darlığın derecesine bağlı olarak SV bölgesel sistolik fonksiyonlarında bozukluk meydana gelebilir. Bu amaçla, başta transtorasik ekokardiyografi olmak üzere, radyonüklit ventrikülografi, manyetik rezonans görüntüleme gibi girişimsel olmayan görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır.^[3] Transtorasik ekokardiyografi, işlem süresi kısa, kullanımı pratik ve düşük maliyetli bir yöntem oluşu ile SV fonksiyonlarının değerlendirilmesinde günlük pratiğimizde en sık tercih edilen yöntemdir. Ancak, TTE ile yapılan duvar hareketi skorlaması tamamen görsel olduğundan, incelemeyi yapan kişinin bilgi düzeyi ve deneyiminden büyük oranda etkilenmektedir. Bu nedenle, niceliksel olarak bölgesel analiz yapabilecek yeni, yardımcı yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Doku Doppler görüntüleme ve gerilim (strain) görüntülemesi teknikleri, hem global hem de bölgesel kalp fonksiyonlarının değerlendirilmesinde güvenilir olduğu gösterilmiş yeni yöntemlerdir.^[4,5] Bölgesel olarak miyokart hızlarının ölçüldüğü bu yöntemlerden DDG'nin açığı ve özellikle de ön/ard-yükteki değişimlere bağımlı olma gibi kısıtlılıkları vardır.^[6] İki boyutlu gerilim görüntülemesi, konvansiyonel DDG'ye göre, açıdan bağımsız oluşu ve kalbin "tethering" hareketlerinden etkilenmeme gibi üstünlüklere sahiptir. Yapılan çalışmalar, 2B gerilim görüntülemesi ile kalbin bölgesel sistolik fonksiyonlarının güvenilir bir biçimde incelenebileceğini ortaya koymuştur.^[7,8]

Bu çalışmada, KAH'li hastalarda SV bölgesel sistolik fonksiyonları yeni bir 2B görüntüleme yöntemi olan hız vektör görüntüleme ile değerlendirilerek, bu yöntemin konvansiyonel TTE bulgularıyla ilişkisi araştırıldı.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

Hasta grubu

Çalışmaya, Ocak-Nisan 2008 tarihleri arasında merkezimizde koroner anjiyografi ile KAH tanısı konan ve tedavi olarak koroner arter baypas greft ameliyatı (KABG) kararı alınmış olan 69 hasta (51 erkek, 18 kadın; ort. yaş 59.2±10.3) alındı. Hastaların 33'ü (%47.8) klinik, elektrokardiyografi ve/veya ekokardiyografi ile daha önce ME geçirdiği saptanan hastalardı. Diğer 36 hastada (%52.2) ise sadece kararlı

angina pectoris nedeniyle yapılan inceleme sırasında en az bir koroner arterde >%70 darlık saptanmış ve koroner arter baypas greft ameliyatı kararı alınmıştı. Son altı ay içinde ME geçirenler ve/veya perkütan translüminal koroner anjiyoplasti/stent uygulanmış hastalar, SV bölgesel fonksiyonlarını etkileyecek orta veya ciddi derecede kalp kapak hastalığı, kardiyomiyopati, sol dal bloku, atriyal fibrilasyon, ileri evre karaciğer veya böbrek yetersizliği olanlar ve göğüs yapısı ekokardiyografik görüntülemeye uygun olmayan hastalar çalışmanın dışında bırakıldı. Tüm hastaların öyküleri alındı ve ayrıntılı fizik muayenele-ri yapıldı. Çalışma Helsinki Deklerasyonu'nda belirtilmiş kurallara uyularak yapıldı ve tüm hastalardan çalışma öncesi yazılı onam ve çalışma için yerel etik kurulu onayı alındı.

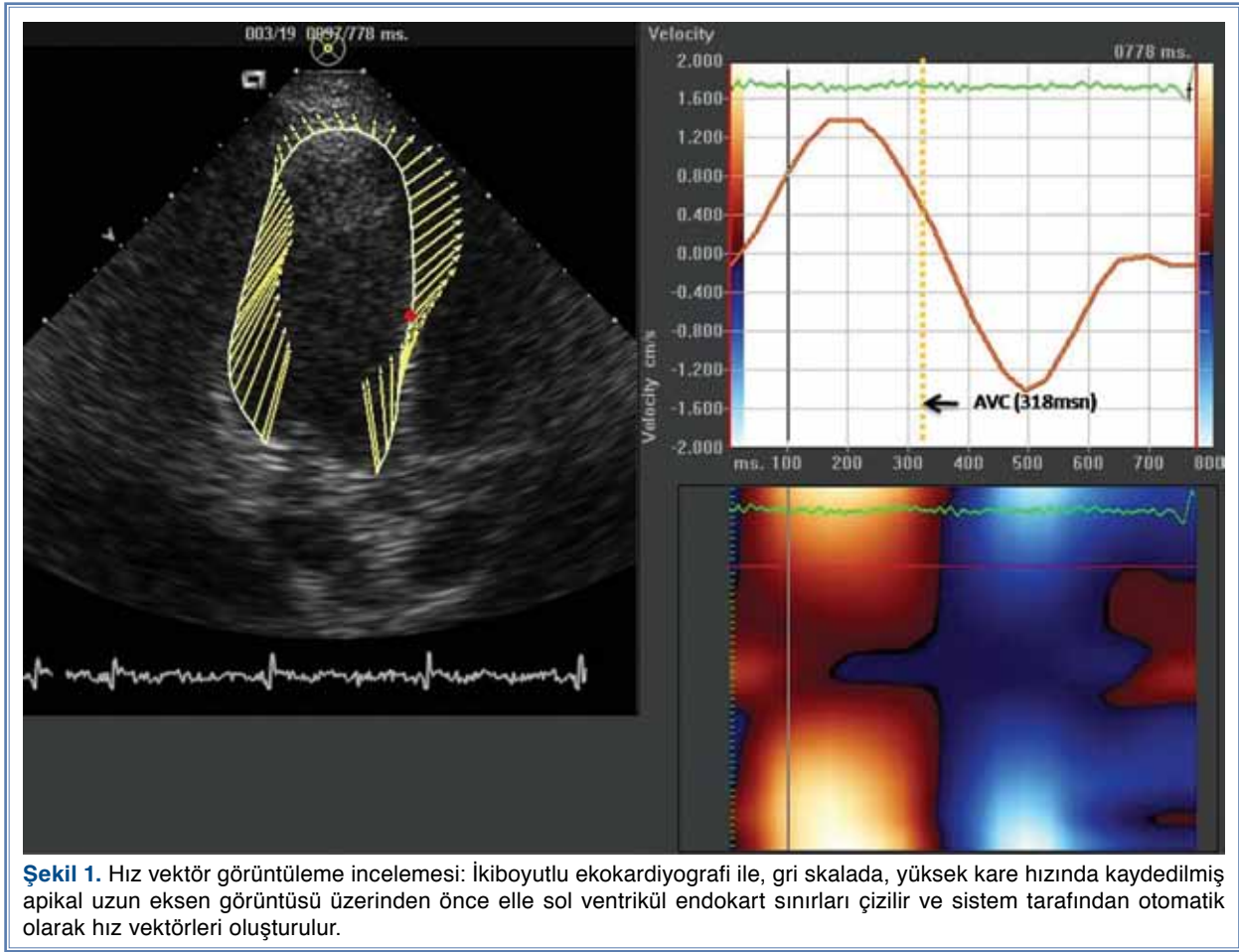
Ekokardiyografi

Tüm hastalara, Siemens Sequoia C256 (Mountainview, CA, ABD) cihazında, 2.5-3.5 MHz transdüser kullanılarak, sol yana yatar pozisyonda ekokardiyografik inceleme yapıldı. Standart olarak Amerikan Kalp Birliği'nin önerdiği ölçütler kullanılarak, sırasıyla 2B, nabız dalgası, devamlı akım ve renkli akım Doppler ile ölçümler alındı.^[9] Parasternal uzun eksen- de, M-mod kullanılarak, SV diyastol çapı, sistol çapı, interventriküler septum ve arka duvar kalınlıkları ölçüldü.^[10] Apikal dört boşluk görüntüleri üzerinden modifiye edilmiş Simpson yöntemi kullanılarak, SV diyastol sonu ve sistol sonu hacimleri ile SV global ejeksiyon fraksiyonu hesaplandı. Yine nabız dalgası Doppler kullanılarak, mitral kapak üzerinden erken (E) ve geç (A) diyastolik hızlar, E/A oranı ve E dalgasının yavaşlama zamanı ölçüldü. Devamlı akım Doppler kullanılarak, apikal uzun eksen- de, SV giriş akımı ile aortik ejeksiyonun eşzamanlı elde edilebileceği görüntülerde, örnekleme volümü SV çıkış yolu ile mitral kapak arasına konularak elde edilen akım trasesinden, aortik ejeksiyonun bitiminden mitral E dalgasının başlangıcına kadar geçen süre izovolumetrik gevşeme zamanı olarak hesaplandı.

Sol ventrikül segmenter duvar hareketlerinin incelenmesi için, Amerikan Kalp Birliği tarafından tanımlanan 16 segment modeli kullanıldı.^[11] Buna göre, parasternal kısa eksen, apikal uzun eksen, dört boşluk

Kısaltmalar:

| | |
|------|--|
| DDG | Doku Doppler görüntüleme |
| GEF | Global ejeksiyon fraksiyonu |
| HVG | Hız vektör görüntüleme |
| KAH | Koroner arter hastalığı |
| MRG | Manyetik rezonans görüntüleme |
| PTKA | Perkütan translüminal koroner anjiyoplasti |
| SEF | Segmenter ejeksiyon fraksiyonu |
| SRs | Sistolik gerilim hızı |
| SV | Sol ventrikül |
| TTE | Transtorasik ekokardiyografi |
| 2B | İki boyutlu |
| 3B | Üç boyutlu |

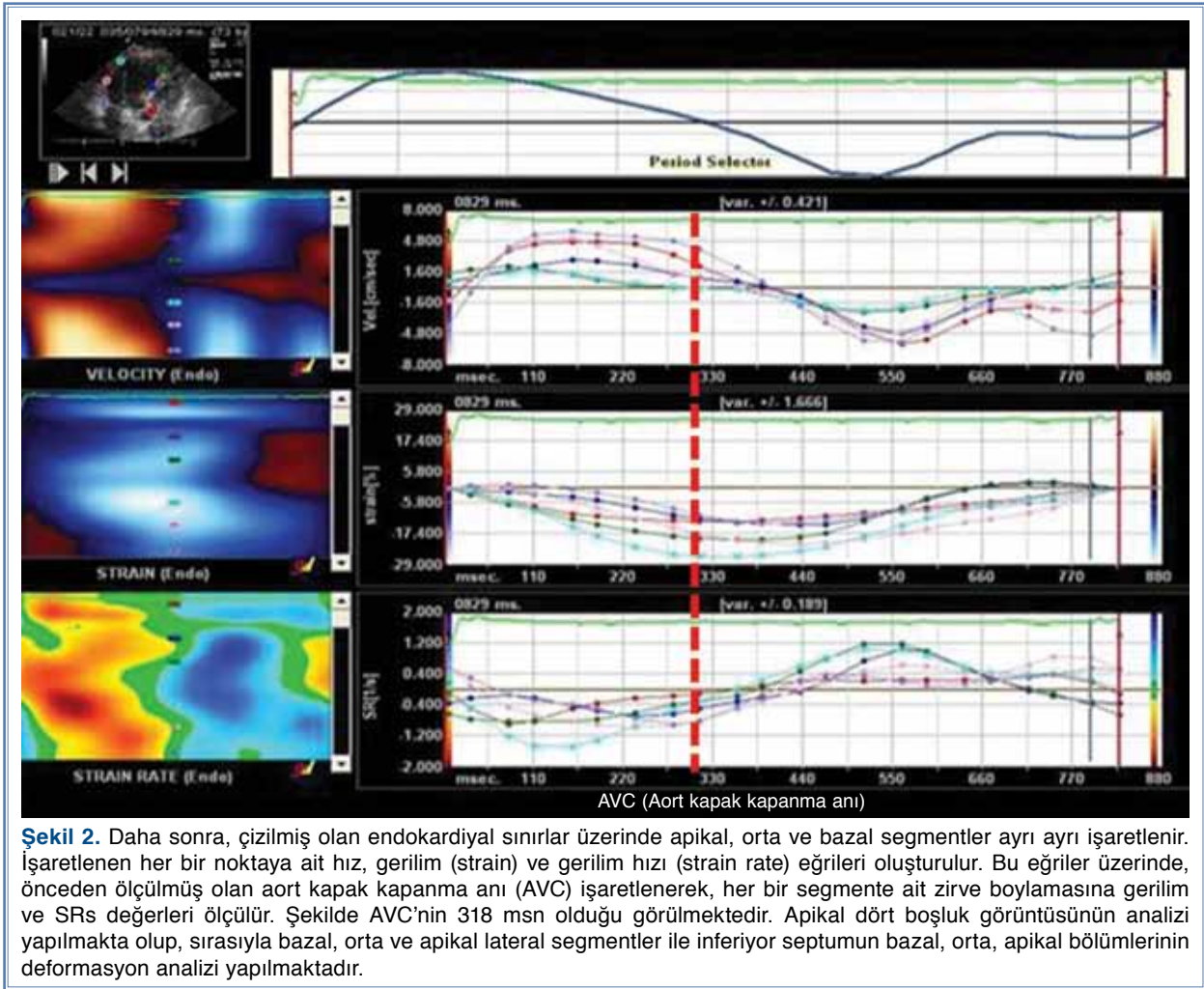


ve iki boşluk görüntüleri üzerinden sırasıyla antero-septal, anterior, lateral, inferiyor ve inferolateral segmentler ve inferiyor septum değerlendirildi. Her bir segment kendi içinde apikal, orta ve alt segmentlere ayrıldı. Daha sonra segmentlere kasılmalarına göre puan verildi (1: normokinetik; 2: hipokinetik; 3: akinetik; 4: diskinetik; 5: anevrizma).

Hız vektör görüntüleme

İki-boyutlu gri skalada, yüksek kare hızında (70-100 Hz) ve tek vuru akustik yakalama prensibi kullanılarak kaydedilmiş olan, apikal dört boşluk, iki boşluk ve uzun eksen görüntüleri, Syngo HVG (Siemens Medical Solutions, Mountain View, CA, ABD) yazılımı kullanılarak analiz edildi. Önce bu görüntüler üzerinden endokardiyal sınır el ile çizildi ve Syngo HVG yazılımında otomatik olarak hız vektörleri oluşturuldu (Şekil 1). Daha sonra SV'nin 16 segmenti ayrı ayrı işaretlenerek, her bir segmente ait boylamasına (longitudinal) zirve sistolik gerilim (%) ve sistolik gerilim hızı (strain rate) (1/sn) değerleri hesaplandı. Zirve sistolik boylamasına gerilim ve SRs değerleri-

nin belirlenmesinde, daha önceden aort kapak üzerinden yapılmış olan Doppler ölçümü ile belirlenmiş aort kapak kapanma anı kullanıldı (Şekil 2).^[12] Ayrıca, SV'ye ait her bir segmentin, segmenter ejeksiyon fraksiyonu da yine Syngo HVG yazılımında renkli band haritalaması yapılarak belirlendi. Buna göre, SV'nin 16 segmentinin HVG yazılımı tarafından otomatik olarak segmenter hacimleri ve SEF'leri hesaplandı. Segmenter ejeksiyon fraksiyonu tayininde kullanılan renkli band haritalama sisteminde, segmentin kontraktilite özelliği, en iyiden en kötüye sırasıyla mavi, yeşil, sarı ve kırmızı bandlara ayrılmaktadır. Mavi ve yeşil bandlar SEF'nin %35'in üzerinde, sarı ve kırmızı bandlar ise SEF'nin %35'in altında olduğu alanları göstermektedir (Şekil 3). Simpson yöntemi ile değerlendirilen GEF'ye göre, SEF'nin değerleri daha düşük olup, referans kestirim değeri genellikle %55'tir.^[13] Hastalar HVG sistemi ile değerlendirilirken, her biri için 16 segmentten ayrı ayrı zirve sistolik gerilim, SRs ve SEF ölçüldü ve tüm bu değerler toplanıp, toplam segment sayısına bölünerek ortalama gerilim, SRs ve SEF değerleri hesaplandı. Bu ortalama değerler hasta



grupları arasında karşılaştırıldı. Boylamasına gerilim deformasyon yüzdesini ve SRs de birim zamandaki deformasyon miktarını ifade ettiği için, aslında negatif yönde olan bu değişimler, yazıya pratiklik kazandırmak için pozitif değerler olarak ifade edildi.^[13]

Hasta grubunun ekokardiyografik ölçümleri ve HVG verileri, yaş, cinsiyet ve beden kütle indeksi açısından denk 30 sağlıklı gönüllüden (22 erkek, 8 kadın; ort. yaş 58.1±13.8) oluşan kontrol grubuyla karşılaştırıldı.

İstatistiksel değerlendirme

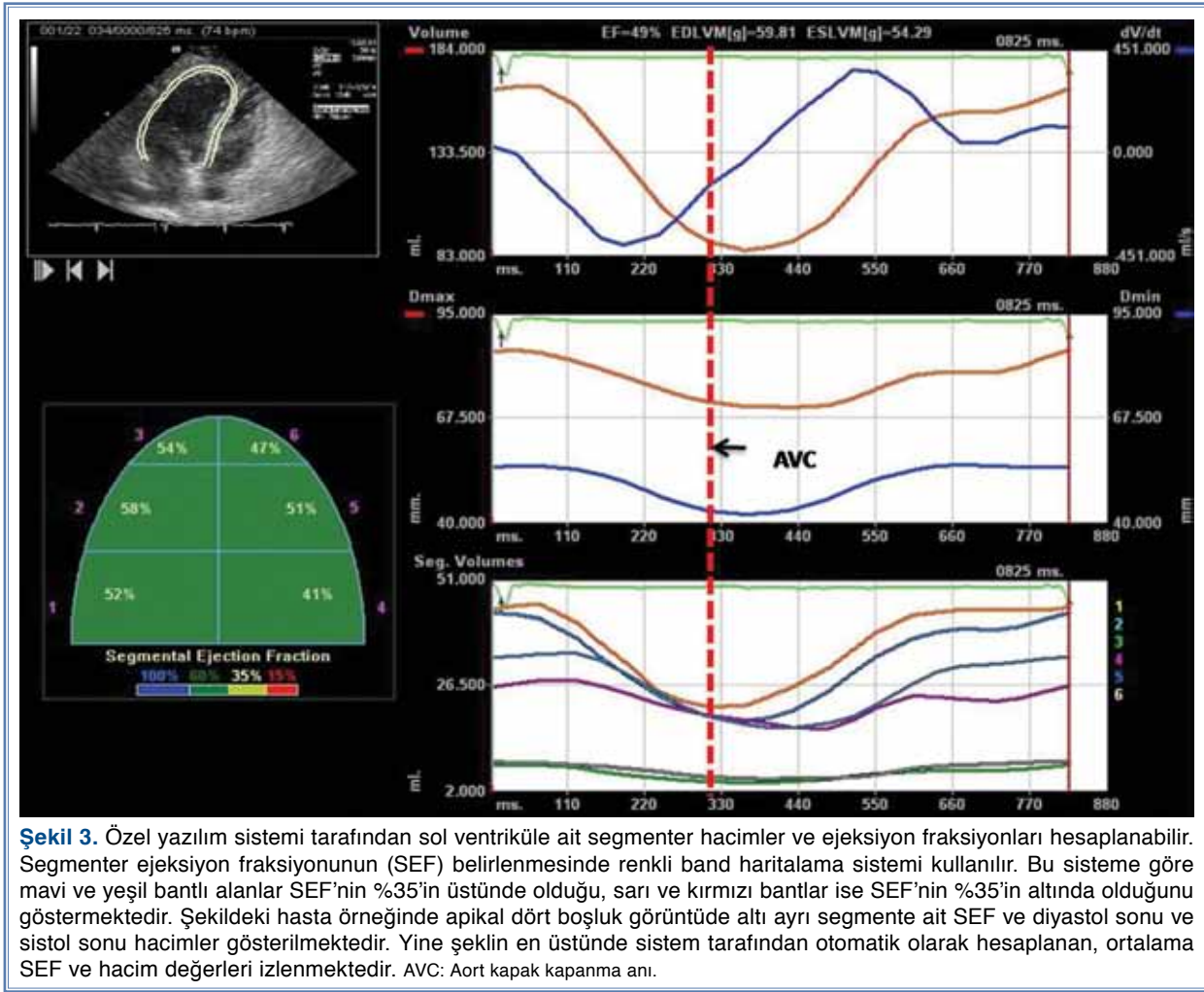
İstatistiksel analiz SPSS 16.0 yazılımında yapıldı. Tüm verilerin ortalama ve standart sapmaları hesaplandı. Hasta ve kontrol grubunun karşılaştırılmasında tek yönlü ANOVA testi kullanıldı. Korelasyon analizi Pearson korelasyonu ile yapıldı. İstatistiksel sonuçlardan *p* değeri 0.05'ten küçük olanlar anlamlı kabul edildi. Hız vektör görüntüleme ile yapılan tüm analizler, iki ayrı kardiyoloji uzmanı tarafından fark-

lı zamanlarda yapıldı. Gözlemciler arasındaki değişkenliği hesaplayabilmek için rastgele seçilen 10 adet hasta referans olarak alındı ve yapılan tüm ölçümler birebir karşılaştırıldı. Her bir gözlemci için değişkenliği değerlendirmek için ise, aynı gözlemciye rastgele seçilmiş 10 hastanın görüntüleri iki hafta arayla yeniden analiz ettirildi. İki farklı zamanda aynı gözlemci tarafından yapılan değerlendirme sonuçlarının tümü birebir karşılaştırıldı. Hem gözlemciler için hem de gözlemciler arasındaki sınıf içi korelasyon katsayıları hesaplandı.^[14]

BULGULAR

Klinik özellikler ve konvansiyonel ekokardiyografi bulguları

Hastaların demografik özellikleri Tablo 1'de özetlendi. Hasta grupları arasında yaş, cinsiyet ve kardiyovasküler risk faktörleri açısından anlamlı fark yoktu



($p > 0.05$). Hasta grubunda ME geçirmiş olanlar ve olmayanlar, koroner arterdeki darlığın yeri, sayısı ve ciddiyeti açısından benzerdi. Miyokart enfarktüsü geçirmiş olan hastaların %27.3'ünde ($n=9$) en az bir koroner arterde ≥ 99 darlık vardı. Bu oranın düşük olmasının nedeni, çalışmamıza eski ME'li hastaları almış olmamız ve bu hastaların 17'sinde (%51.5) enfarktüstü sorumlu artere daha önce PTKA/stent uygulaması yapılmış olmasıydı. Koroner arter hastalığı olup, ME geçirmemiş olan hastaların ise 13'üne (%36.1) PTKA/stent uygulaması yapılmıştı. Miyokart enfarktüslü grupta tanılar 16 hastada (%48.5) anterior, 14 hastada (%42.4) inferior, üç hastada (%9.1) posteriyor ME şeklindeydi.

Konvansiyonel ekokardiyografik inceleme sonuçları Tablo 2'de gösterildi. Sol ventrikül GEF, ME geçirenlerde, ME geçirmeyenlere ve kontrol grubuna göre düşük bulundu ($p=0.0001$). Koroner arter hastalığı olanlarda mitral E hızında ve E/A oranında azalma, yavaşlama zamanı ve izovolümetrik gevşeme zamanında ise uzama görüldü. Miyokart enfarktüsü

geçiren ve geçirmeyen hastalar arasında diyastolik fonksiyonlar açısından fark bulunmadı (Tablo 2).

Hız vektör görüntüleme bulguları

Gri skalada kaydedilmiş, apikal dört boşluk, iki boşluk ve uzun eksen görüntüleri üzerinden, 69 KAH hastasında toplam 1104 segment incelendi. Görüntü kalitesinin düşük olduğu segmentlerin ($n=137$) dışlanması nedeniyle, toplam 967 segment üzerinden inceleme yapılabildi. Görüntü kalitesi açısından en çok zorlanılan segmentler, özellikle apikal segmentlerdi. Yoğun artefakta maruz kalan ve duvar hareketi iyi gözlenemeyen segmentler de değerlendirme dışında bırakıldı. Kontrol grubundaki 30 hastaya ait 480 segmentin ise 465'ine HVG analizi yapılabildi. Bu grupta da, analizinde en çok zorluk yaşanan segmentler arasında apikal segmentler ağırlıktaydı.

Miyokart enfarktüslü hastalarda, SV boylamasına zirve gerilim değerleri (%17.2 \pm 4.1) ME olmayan hastalara (%19.4 \pm 3.8) ve kontrol grubuna (%23.4 \pm 4.4) göre

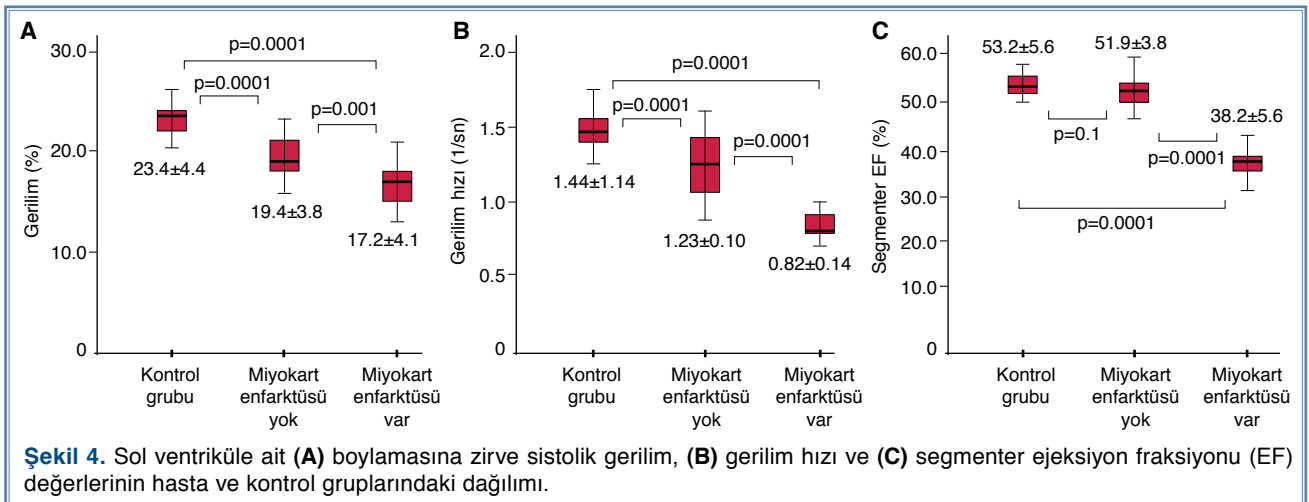
Tablo 1. Klinik ve anjiyografik özellikler

| | Koroner arter hastalığı | | | | | | p |
|--|---------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|--|-------|--------------|
| | ME var (n=33) (Ort. yaş 60.4±10.0) | | ME yok (n=36) (Ort. yaş 61.6±9.3) | | Kontrol (n=30) (Ort. yaş 58.1±13.8) | | |
| | Sayı | Yüzde | Sayı | Yüzde | Sayı | Yüzde | |
| Cinsiyet | | | | | | | 0.12 |
| Erkek | 24 | 72.7 | 27 | 75.0 | 22 | 73.3 | |
| Kadın | 9 | 27.3 | 9 | 25 | 8 | 26.7 | |
| Diyabet | 19 | 57.6 | 19 | 52.8 | | | 0.53 |
| Hipertansiyon | 24 | 72.7 | 30 | 83.3 | | | 0.14 |
| Sigara | 18 | 54.6 | 18 | 50.0 | | | 0.71 |
| Hiperlipidemi | 32 | 97.0 | 36 | 100.0 | | | 0.88 |
| Koroner arter tutulumu | | | | | | | |
| Sol ana koroner arter | 8 | 24.2 | 5 | 13.9 | | | 0.28 |
| Sol ön inen arter | 26 | 78.8 | 29 | 80.1 | | | 0.30 |
| Sirkumflex arter | 27 | 81.8 | 27 | 75.0 | | | 0.18 |
| Sağ koroner arter | 26 | 78.8 | 28 | 77.8 | | | 0.88 |
| Çok damar hastalığı | 28 | 84.9 | 29 | 80.1 | | | 0.89 |
| >99 darlık (en az bir damarda) | 9 | 27.3 | – | – | | | |
| Perkütan translüminal koroner anjiyoplasti/stent uygulanması | 17 | 51.5 | 13 | 36.1 | | | 0.001 |
| Miyokart enfarktüsü | | | | | | | |
| Anteriyor | 16 | 48.5 | | | | | |
| İnferiyor | 14 | 42.4 | | | | | |
| Posteriyor | 3 | 9.1 | | | | | |

ME: Miyokart enfarktüsü.

anlamli derecede düşük bulundu ($p=0.0001$, Şekil 4a). Zirve boylamasına SRs değerleri de yine ME'li hastalarda ($0.82\pm0.14 \text{ sn}^{-1}$), ME olmayanlara ($1.23\pm0.10 \text{ sn}^{-1}$) ve kontrol grubuna ($1.44\pm1.14 \text{ sn}^{-1}$) göre belirgin olarak dü-

şüktü ($p=0.0001$, Şekil 4b). Sol ventrikül SEF ise ME'li hastalarda belirgin olarak azalmış iken ($\%38.2\pm5.6$, $p=0.0001$), ME olmayan hastalarda ($\%51.9\pm3.8$) ve kontrol grubunda ($\%53.2\pm5.6$) benzer idi ($p=0.1$, Şekil 4c).



Tablo 2. Konvansiyonel ekokardiyografi bulguları

| | ME var (n=33) | ME yok (n=36) | Kontrol (n=30) | p |
|---|---------------|---------------|----------------|---------------|
| Sol ventrikül diyastol sonu çapı (cm) | 5.0±0.3 | 5.1±0.3 | 4.8±0.3 | 0.12 |
| Sol ventrikül sistol sonu çapı (cm) | 3.5±0.3 | 3.5±0.4 | 3.4±0.3 | 0.21 |
| İnterventriküler septum çapı (cm) | 1.1±0.1 | 1.1±0.1 | 0.9±0.1 | 0.14 |
| Arka duvar kalınlığı (cm) | 1.08±0.2 | 1.05±0.2 | 1.0±0.1 | 0.09 |
| Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (%) | 45.6±6.8* | 56.2±2.9* | 62.7±3.6 | 0.0001 |
| Sol atriyum sistolik çapı (cm) | 3.6±3.3 | 3.5±3.4 | 3.4±3.6 | 0.22 |
| Mitral kapak erken diyastol hızı (E) (m/sn) | 0.72±0.12 | 0.71±0.11 | 0.92±0.11 | 0.0001 |
| Mitral kapak geç diyastol hızı (A) (m/sn) | 0.78±0.11 | 0.82±0.12 | 0.79±0.10 | 0.87 |
| E/A | 0.89±0.10 | 0.86±0.11 | 1.15±0.11 | 0.0001 |
| Yavaşlama zamanı (msn) | 221±64 | 218±59 | 182±38.2 | 0.0001 |
| İzovolumetrik gevşeme zamanı (msn) | 110±38 | 112±36.4 | 88±30.1 | 0.0001 |

*İki grup arasında istatistiksel anlamlılığı göstermek için kullanılmıştır (p<0,05); ME: Miyokart enfarktüsü.

Koroner arter hastalarının tümü çokdamar hastalığı (ÇDH) olanlar (n=57, %82.6) ve olmayanlar (n=12, %17.4) olarak iki grupta incelendiğinde, SV boylamasına gerilim (p=0.04) ve SRs (p=0.02) değerlerinin ÇDH olanlarda belirgin olarak düşük olduğu görüldü (Tablo 3). Çokdamar hastalığı olup, en az bir koroner arterde subtotal/total darlığı (≥%99 darlık) olanlar ayrı bir grup olarak incelendiğinde ise, bu hastalarda subtotal/total darlık ile ilişkili miyokart segmentlerinde gerilim (p=0.02) ve SRs'nin (p=0.001), %70-99 arasında darlık ile ilişkili segmentlere göre anlamlı derecede azaldığı görüldü (Tablo 4). Segmenter ejeksiyon fraksiyonu da benzer şekilde ÇDH olanlarda (p=0.0001, Tablo 3) ve subtotal/total darlığı olanlarda (p=0.0001, Tablo 4) belirgin olarak azalmıştı.

Çalışmamızda ayrıca, konvansiyonel ekokardiyografi ile değerlendirilen SV segmenter duvar hareketlerinin, HVG ile değerlendirilen segmenter sistolik fonksiyonlar ile uyumunu araştırmak amacıyla altgrup analizi yapıldı. Buna göre, KAH olan 69 hastanın konvansiyonel yöntem ile akinetik, hipokinetik ve normokinetik olarak değerlendirilmiş segmentleri ayrı ayrı gruplandırıldı ve bunlara kontrol grubundaki normal olarak kabul edilen miyokart segmentleri de eklenerek

dört adet altgrup oluşturuldu. Daha sonra, bu altgrup segmentlerinde HVG ile bulunan nicel deformasyon değerleri karşılaştırıldı. Sol ventrikülde boylamasına deformasyonun en fazla akinetik segmentlerde olduğu (p=0.0001), hipokinetik ve normokinetik segmentler arasında da deformasyon açısından anlamlı fark olduğu görüldü (gerilim için p=0.01, SRs için p=0.0001) (Şekil 5a, b). Ayrıca, KAH olan ve konvansiyonel ekokardiyografide normokinetik olarak değerlendirilen segmentler, sağlıklı kontrol grubuna ait normal miyokart segmentleri ile karşılaştırıldığında da, iki grup arasında SV deformasyonu açısından anlamlı fark bulundu (gerilim için p=0.02, SRs için p=0.0001) (Şekil 5a, b). Benzer şekilde, SEF'nin akinetik segmentlerde en düşük olduğu, hipokinetik segmentler ile normokinetik segmentler arasında anlamlı fark bulunduğu görüldü (p=0.0001, Şekil 5c). Normokinetik segmentlerin SEF'leri, normal kişilerin, sağlıklı miyokart segmentleri ile karşılaştırıldığında yine iki grup arasında anlamlı fark vardı (p=0.0001, Şekil 5c).

Korelasyon analizleri

Sol ventrikül SEF'nin, Simpson yöntemi ile ölçülen GEF ile ilişkisi araştırıldı. Ortalama SEF her üç grupta da GEF'ye göre belirgin olarak düşüktü (ME'li

Tablo 3. Çokdamar hastalığı olan ve olmayan hastaların sol ventrikül bölgesel deformasyon özelliklerinin karşılaştırılması

| | Çok damar hastalığı var | Çok damar hastalığı yok | p |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Gerilim (%) | 14.8±1.6 | 18.3±1.4 | 0.04 |
| Gerilim hızı (1/sn) | 0.8±0.1 | 1.3±0.1 | 0.02 |
| Segmenter ejeksiyon fraksiyonu (%) | 38.5±5.3 | 54.6±4.2 | 0.0001 |

Tablo 4. Çokdamar hastalığı olup, en az bir koroner arterinde subtotal/total (\geq %99) darlık olan hastalarda, subtotal/total darlık ile ilişkili segment ile %70-99 arasında darlık ile ilişkili segmentlerin deformasyon özelliklerinin karşılaştırılması

| | \geq %99 darlık var | %70-99 darlık var | p |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| Gerilim (%) | 17.2 \pm 1.8 | 20.8 \pm 1.8 | 0.02 |
| Gerilim hızı (1/sn) | 0.9 \pm 0.1 | 1.3 \pm 0.2 | 0.001 |
| Segmenter ejeksiyon fraksiyonu (%) | 36.1 \pm 6.1 | 52.4 \pm 5.8 | 0.0001 |

hastalarda %38.2 \pm 5.6 ve %45.6 \pm 6.8; KAH grubunda %51.9 \pm 3.8 ve %56.2 \pm 2.9; kontrol grubunda %53.2 \pm 5.6 ve %62.7 \pm 3.6, tümü için p=0.0001). Segmenter ejeksiyon fraksiyonunun GEF ile korelasyonu incelendiğinde, hem sağlıklı normal kişilerde (r=0.78, p=0.0001), hem de ME'li (r=0.39, p=0.018) ve ME olmayan KAH'li kişilerde (r=0.54, p=0.001) iki ölçüm arasında anlamlı pozitif ilişki olduğu görüldü (Şekil 6).

Gözlemcilerarası ve gözlemci için değişkenliğin incelenmesi

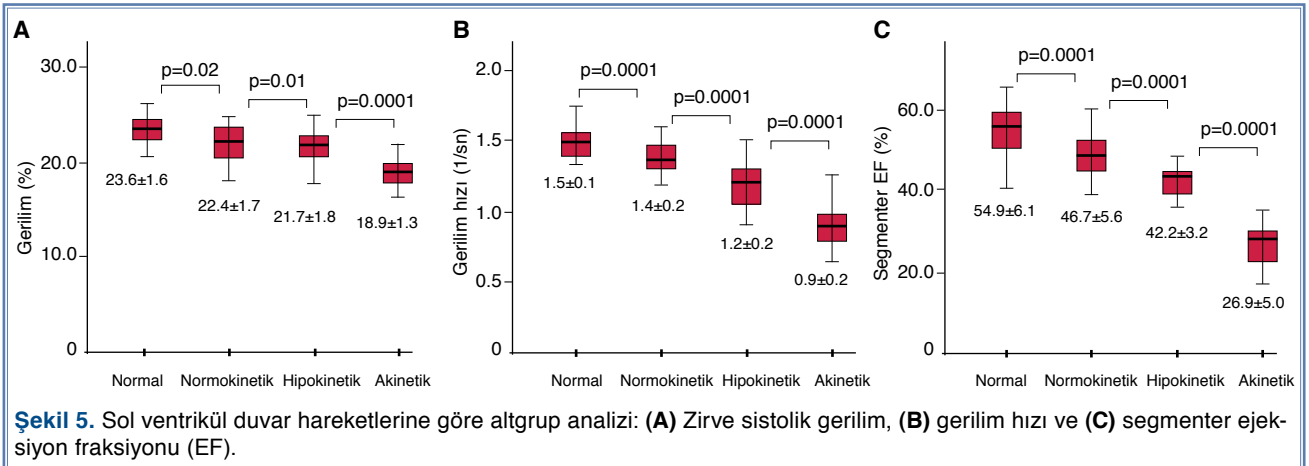
Hız vektör görüntüleme yöntemiyle deformasyon parametrelerinin değerlendirilmesinde gözlemcilerarası değişkenliğin istatistiksel olarak kabul edilebilir seviyede olduğu görüldü. Gözlemcilerarası uyumun korelasyon katsayıları boylamasına gerilim için 0.92 (%95 GA 0.76-0.97), boylamasına SRs için 0.97 (%95 GA 0.86-0.98) bulundu. Gözlemci için değişkenlik de kabul edilir düzeydeydi (boylamasına gerilim için 0.91, %95 GA 0.75-0.96; boylamasına SRs için 0.94, %95 GA 0.77-0.98).

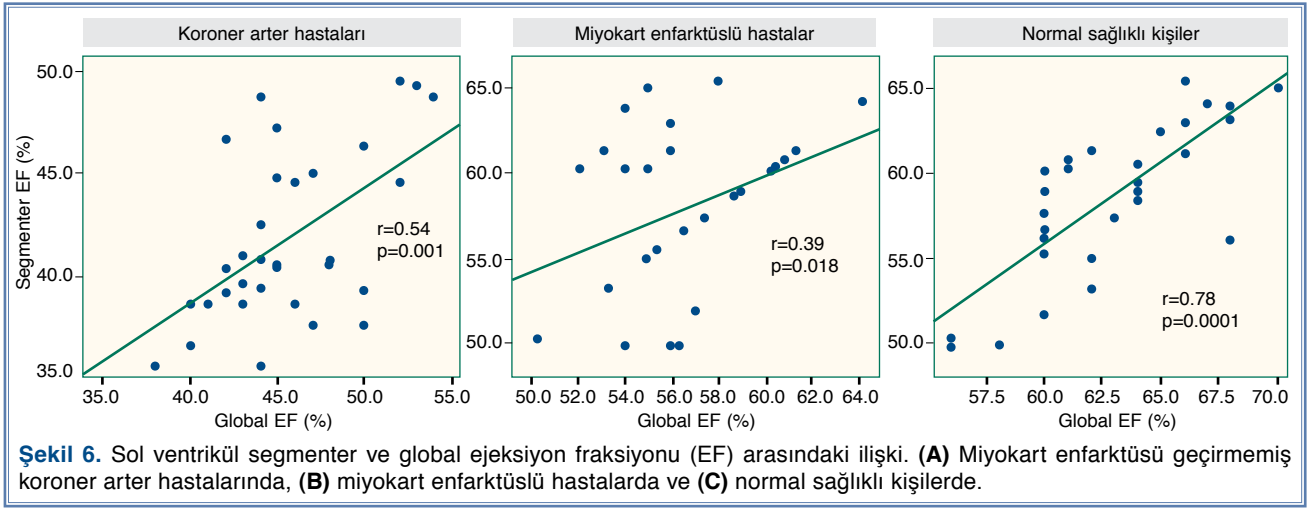
TARTIŞMA

Çalışmamızda, (i) yeni bir 2B gerilim görüntüleme tekniği olan HVG ile KAH'de SV bölgesel sistolik deformasyon geliştiği; (ii) bu bozukluğun ME'li

hastalarda, ME olmayanlara göre daha belirgin olduğu; (iii) KAH tanısı konan hastalarda konvansiyonel ekokardiyografi ile normokinetik olarak değerlendirilen bazı miyokart segmentlerinin aslında görüldüğü kadar normal olmayabileceği ve (iv) SEF ile yapılan değerlendirmenin konvansiyonel ekokardiyografi ile belirlenen GEF'ye yardımcı olarak kullanılabilceği sonuçlarına varılmıştır.

İskemiye yol açacak düzeyde KAH (>%70 darlık) ve/veya ME geçirmiş olan kişilerde SV segmenter sistolik fonksiyonlarının belirlenmesi tanı, tedavi ve prognoz açısından oldukça önemlidir. Koroner iske mi önce boylamasına miyokart fibrillerinden zengin olan subendokardiyal tabakayı, daha sonra ise koroner iskeminin şiddeti ve süresine bağlı olarak sırasıyla çevresel (sirkumferensiyel) liflerden zengin olan orta miyokart tabakasını ve daha da ilerlerse, yine daha çok boylamasına fibrilleri içeren epikardiyumu etkilemektedir. Bu nedenle, koroner iskemiden en çok etkilenen SV'nin boylamasına fonksiyonlarıdır.^[15,16] Sol ventrikül boylamasına fonksiyonları değerlendirmede günümüzde en sık kullanılan yöntem DDG'dir. Ancak, boylamasına miyokardiyal hız parametrelerinin DDG ile belirlenmesinde, açığa bağımlı olması, ön/ ardyükteki değişimlerden etkilenmesi, mitral halka seviyesinden yapılan ölçümlerin, mitral darlığı, mitral halka kalsifikasyonu gibi halka hareketini bozabilecek





durumlardan etkilenmesi gibi sorunlar vardır.^[17,18] Bu sorunları aşabilmek amacıyla, son yıllarda özellikle SV'nin bölgesel fonksiyonlarının değerlendirmesinde oldukça güvenilir sonuçlar veren gerilim görüntüleme teknikleri geliştirilmiştir.^[19,20]

Gerilim görüntüleme yöntemleri Doppler kaynaklı gerilim görüntüleme ve Doppler kaynaklı olmayan veya diğer bir deyişle 2B gerilim görüntüleme teknikleri olmak üzere iki çeşittir. Doppler kaynaklı gerilim görüntülemesinin en büyük kısıtlılığı konvansiyonel DDG'de de olduğu gibi açıya bağımlı oluşudur.^[21] Bu yöntem tekboyutlu bir görüntüleme olduğundan, ultrason dalgası ile miyokart hareketi arasındaki açıya bağımlıdır ve özellikle bu açının >20 derece olması durumunda gerilim ve SRs değerleri olduğundan düşük ölçülebilir. Açıda hafif oynamalar bile sonuçlar arasında önemli farklılıklara neden olabilir. Ayrıca, bu görüntülerin uzaysal çözünürlüğü düşüktür. Yüksek kare hızı gerektiren bu teknikte (ideal olarak >130 kare/sn) güvenilir görüntüler elde edilebilmesi için, en az üç kalp döngüsünün alınması, uygun kazanç ayarının yapılması, örnekleme hacminin doğru seçilmesi, hız skalasının ayarlanması ve miyokart duvarı ile transdüser arasındaki hızın uygun olması gerekir.^[22] Teknik olarak yaşanan bu sıkıntılar nedeniyle de, gözlemci için ve gözlemcilerarası değişkenlikler Doppler gerilim tekniklerinde daha yüksektir. Kısaca, bu yöntemde görüntülerin kaydı ve okunması daha zor, zaman alıcıdır ve daha çok deneyim gerekir.^[23] Ancak, tüm bu kısıtlılıklara rağmen, Doppler kaynaklı tekniklerin sonomikrometri ve kardiyak MRG ile uyumunun iyi olduğunu ve SV sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde güvenilir olarak kullanılabileceğini gösteren birçok çalışma bulunmaktadır.^[3,24]

Tüm bu sorunları aşabilmek amacıyla geliştirilmiş olan 2B gerilim görüntüleme tekniklerinin Doppler kaynaklı görüntülemeye göre en büyük avantajı, 2B inceleme imkanı ve açıdan bağımsız olmasıyla, kalbin boylamasına fonksiyonlarının yanı sıra çevresel ve radyal fonksiyonlarının da değerlendirilebilmesidir.^[25,26] Yine bu yöntemde, daha düşük kare hızları kullanıldığı için uzaysal çözünürlük daha yüksektir. Ancak, bu teknikte izleme (tracking) işlemcisi kullanıldığı için, doğru ölçüm yapılabilmesi "yüksek kaliteli görüntü" elde edilmesi ile doğru orantılıdır; bu da düşük kare hızlarında, özellikle taşikardi varlığında her zaman mümkün olmayabilir. Kare hızını artırmak görüntü kalitesini ve böylece izleme kapasitesini artırsa da, bu kez de uzaysal çözünürlüğü bozabilir. Yine de bu teknik, Doppler gerilim görüntülemesine göre olumlu yönleri daha fazla olan, işlemcisi dolayısıyla uygulanabilirliği daha kolay ve daha az deneyimle bile doğru sonuçlar alınmasına imkan veren bir görüntüleme türüdür. Günümüzde klinik çalışmalarda kullanılan iki çeşit 2B görüntüleme yöntemi vardır. İlki, bu konuda ilk geliştirilen yöntem olan noktali izleme (Speckle tracking-ST), diğeri ise ST yöntem temelinde daha sonra geliştirilmiş olan HVG yöntemidir.^[7,8]

Hız vektör görüntülemenin ST yöntemine göre en önemli farkı yazılım programının özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bu yeni teknikte programa eklenmiş olan izleme işlemcisi, kalp çemberinin sınırlarını otomatik olarak belirlemesi, tüm kalp döngüsünü alması, referans noktalarının göreceli olarak daha stabil tutulabilmesi gibi iyileştirilmiş özelliklere sahiptir.^[27] Ayrıca, HVG'nin işlemcisi kolay uygulanabilen, pratik ve kısa sürede tüm parametreleri analiz edebilen bir sistemdir. Genellikle bir hastanın tüm verileri 5 dakika içinde analiz edilebilir. Kullanımı kolay bir yazılım

sistemine sahip olduğu için kullanıcının deneyiminden fazla etkilenmez.

Çalışmamızda, daha önce yapılmış çalışmalarla uyumlu olarak, belirgin KAH olan kişilerde SV'de bölgesel bozulma olduğu ve bu bozukluğun ME geçiren kişilerde daha da fazla olduğu gösterilmiştir. Leitman ve ark.^[28] ME geçirmiş hastalar ile sağlıklı kişilerde gerilim ve SRs değerlerini karşılaştırmışlar ve sağlıklı kişilerde bu parametrelerin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Reisner ve ark.^[29] ise ME geçirmiş 27 hasta ile 12 sağlıklı bireyin gerilim ve SRs değerlerini karşılaştırmışlar; hasta grubunda gerilim ve SRs değerlerinin belirgin derecede düşük olduğunu ve bu değerler ile duvar hareket skor indeksi arasında anlamlı ilişki olduğunu göstermişlerdir. Çalışmamızda da hastaların SV segmentlerini duvar hareketlerine göre gruplandırdığımızda, boylamasına sistolik gerilim ve SRs değerlerinin en düşük akinetik segmentlerde, ikinci sırada ise hipokinetik segmentlerde olduğunu ve normokinetik segmentlerde gerilim ve SRs'nin bu iki segmente oranla daha iyi olduğunu gözledik. Çalışmamız ile ilgili belki de en ilgi çekici sonuç ise, KAH'li hastaların konvansiyonel ekokardiyografi ile normokinetik olarak değerlendirilen miyokart segmentleri ile sağlıklı kontrollerin normal segmentleri arasında deformasyon açısından fark bulunmasıydı. Voigt ve ark.^[16] çalışmasında transmural ME geçirmiş hastalar ile sağlıklı bireyler karşılaştırılmış ve, benzer olarak, hastaların akinetik ve hipokinetik segmentlerinde, normokinetik segmentlere göre deformasyonun daha fazla olduğu gösterilmiştir. Anılan çalışmada, çalışmamızın aksine, normal bireylerin segmentleri ile hastaların normokinetik segmentleri arasında fark bulunmamıştır. Ancak, bu çalışmada Doppler kaynaklı gerilim görüntülemesi kullanılmıştır. Chen ve ark.^[13] ise ME'li hastalarda HVG ile deformasyon düzeyini incelemişler, bizim sonuçlarımıza benzer şekilde, hasta kişilerin normokinetik segmentleri ile sağlıklı kişilerin normal segmentleri arasında gerilim ve SRs değerleri açısından anlamlı fark olduğu bildirmişlerdir. Bu bulgu, KAH'de konvansiyonel ekokardiyografi ile görsel ve öznel yolla normal olarak değerlendirilen iskemik alana komşu bazı miyokart segmentlerinin, aslında görüldüğü kadar normal olmayabileceğini, bu alanların da iskemiden etkilenebileceğini düşündürmektedir. Farklı ekokardiyografik tekniklerle yapılmış olan çalışmalara baktığımızda, hassasiyet ve güvenilirliği daha yüksek olduğu düşünülen 2B gerilim görüntülemesi gibi yöntemler kullanıldığında bu farklılığı ortaya konabileceğini görmekteyiz. Zhang ve ark.^[30] transmural olan ve olmayan enfarktüs hastalarında hem DDG ile sistolik miyokart

hızlarını, hem de gerilim görüntülemesi ile boylamasına deformasyon düzeylerini incelemişler ve DDG ile belirlenen Sm, Em ve Am hızlarının transmural olan ve olmayan enfarktüslü segmentleri ayırt edemediğini, gerilim ve SRs parametrelerinin ise farklı özellikteki bu iki segmenti ayırt ettiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda elde edilen diğer bir sonuç ise, belirgin KAH olanlarda, koroner arterdeki darlığın ciddiyeti ve yaygınlığı ile SV deformasyonu arasında anlamlı ilişki bulunmasıdır. Bu aslında beklenen bir sonuçtur. Ancak, günlük pratikte SV bölgesel sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullandığımız duvar hareket skorlaması, tamamen görsel olarak duvar hareketlerinin ve bölgesel duvar kalınlaşma/incelesinin incelenmesi ile yapıldığından, KAH hastalığının şiddeti ve darlık derecesini önceden tahmin etmemiz mümkün olamamaktadır. Halbuki, yeni gerilim teknikleri, SV bölgesel fonksiyonlarını doku düzeyinde, noktasal olarak ayrıntılı bir biçimde analiz ettiğinden, deformasyonun fazla olduğu bölgelerde ilgili miyokart segmentini besleyen koroner arterdeki darlığın ciddiyeti hakkında da bilgi verebilir. Bu konuda yapılmış çok yeni bir çalışmada, daha önce KAH olduğu bilinmeyen 182 ardışık hastanın koroner arterleri 64 detektörlü çokkesitli bilgisayarlı tomografi (MSCT) ile görüntülenmiş ve hastaların %32'sinde KAH görülmezken, %33'ünde ciddi darlık yapmayan KAH (<%50), %35'inde ise ciddi darlık yapan KAH (>%50) saptanmıştır.^[31] Bu yöntemle saptanan darlık dereceleri ST ile değerlendirilen SV deformasyon parametreleri ile karşılaştırılmış ve ciddi KAH ile global boylamasına gerilim arasında anlamlı ilişki bulunmuştur.^[31]

Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ve hacimlerinin değerlendirilmesinde ise günümüzde yine sıklıkla 2B ekokardiyografi kullanılmaktadır. Özellikle kılavuzlarda bu konuda en güvenilir kabul edilen konvansiyonel değerlendirme Simpson yöntemi ile yapılmaktadır.^[32] Bu yöntemle yapılan değerlendirme, kişinin bilgi ve deneyiminden etkilenebilir. İki boyutlu gerilim görüntülemesi ise, SV endokart sınırlarını otomatik olarak belirleyebilmesi ve bunun üzerinden SEF ve hacimlerini hesaplayabilmesi ile konvansiyonel yöntemlere üstünlük sağlamaktadır. Ancak, bu yöntemlerin bir öğrenme süreci olduğu ve doğru değerlendirme yapabilmek için deneyim kazanmak gerektiği unutulmamalıdır. Noktalı izleme işlemcisi kullanılarak yapılan bir çalışmada, gerilim görüntülemesi ile değerlendirilen hacim ve ejeksiyon fraksiyonu, kardiyak MRG ve 3B ekokardiyografi sonuçları ile karşılaştırılmış ve ST ile yapılan analiz sonuçlarının kardiyak MRG sonuçları ile iyi uyum gösterdiği, ancak 3B eko-

kardiyografiye göre daha düşük sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir.^[33] Çalışmamızda, özellikle akinetik segmentlerde SEF'nin daha düşük olduğu ve yine normokinetik segmentlerde SEF'nin sağlıklı bireylerin normal segmentlerine göre düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca, GEF değerleri ile karşılaştırıldığında, tüm gruplarda SEF değerlerinin daha düşük olduğu görüldü. Bu farklılığın tamamen teknikler arasındaki farklılıktan ileri geldiğini düşünüyoruz; çünkü, SEF değerleri GEF değerlerine göre belirgin olarak düşük olmasına karşın, hem hasta hem de kontrol grubunda GEF ile anlamlı derecede uyum göstermekteydi. Segmenter ejeksiyon fraksiyonunun GEF'ye göre belki de en önemli avantajı, ejeksiyon fraksiyonunun segmenter düzeyde değerlendirilebilmesidir. Global değerlendirme yapıldığında, akinetik olan segmentlerde kasılma dereceleri iyiymiş gibi algılanabilir. Ancak, bu yöntemde akinetik alanların kasılma gücü ayrıca hesaplanabilir. Segmenter ejeksiyon fraksiyonunun GEF'yi değerlendirmede zorlanıldığı durumlarda yardımcı bir parametre olarak kullanılabilirliği inancındayız.

Çalışmanın kısıtlılıkları

Sol ventrikül bölgesel sistolik fonksiyonlarının incelenmesinde güvenilir bilgiler verebilen kardiyak MRG ve 3B ekokardiyografi gibi yöntemlerle 2B gerilim tekniklerinin karşılaştırılması, deformasyon tekniklerinin günlük pratikte kullanımının güvenilirliğini ortaya koymak açısından önemlidir. Çalışmamızda, konvansiyonel yöntemlerle çeşitli derecelerde SV bölgesel sistolik disfonksiyonu olduğunu düşündüğümüz bir grup KAH'li hastada, SV bölgesel deformasyonun ve SEF'nin nicel olarak yeni bir teknik olan HVG ile gösterilmesini amaçladık. Miyokart enfarktüsü geçirmiş olarak kabul ettiğimiz hastaların tanıları klinik, EKG ve ekokardiyografik değerlendirmeye göre kondu. Bu yeni tekniğin, güvenilir sonuçları olduğu bile den diğer yöntemlerle karşılaştırılmasının çalışmamıza daha da değer katacağını düşünüyoruz.

Hız vektör görüntüleme ile segmenter analizde başarısızlık oranı %12.4 idi. Bu segmentlerin çoğunluğu, gerilim ve SRs değerleri diğer segmentlere göre normal kişilerde de düşük bulunan apikal segmentler idi. Yine, 2B gri skala görüntü kaydı sırasında artefaktan kurtamadığımız miyokart alanları analiz dışı bırakıldı. Tüm segmentlerde analiz yapılamaması HVG'nin teknik olarak kısıtlılığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, HVG, SV bölgesel sistolik fonksiyonlarının niceliksel değerlendirilmesine olanak veren, açıdan bağımsız yeni bir gerilim görüntüleme yöntemidir. Bu yöntemin günlük klinik pratikte kon-

vansiyonel görüntülemeye yardımcı olarak kullanımının, özellikle KAH'nin tanı ve takibinde yararlı sonuçlar verebileceği düşüncesindeyiz.

Yazar(lar) ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir ilgi çakışması (conflict of interest) yoktur.

KAYNAKLAR

1. Bax JJ, Schinkel AF, Boersma E, Elhendy A, Rizzello V, Maat A, et al. Extensive left ventricular remodeling does not allow viable myocardium to improve in left ventricular ejection fraction after revascularization and is associated with worse long-term prognosis. *Circulation* 2004;110(11 Suppl 1):II18-22.
2. Wang TJ, Evans JC, Benjamin EJ, Levy D, LeRoy EC, Vasan RS. Natural history of asymptomatic left ventricular systolic dysfunction in the community. *Circulation* 2003;108:977-82.
3. Edvardsen T, Gerber BL, Garot J, Bluemke DA, Lima JA, Smiseth OA. Quantitative assessment of intrinsic regional myocardial deformation by Doppler strain rate echocardiography in humans: validation against three-dimensional tagged magnetic resonance imaging. *Circulation* 2002; 106:50-6.
4. Bach DS, Armstrong WF, Donovan CL, Muller DW. Quantitative Doppler tissue imaging for assessment of regional myocardial velocities during transient ischemia and reperfusion. *Am Heart J* 1996;132:721-5.
5. Kukulski T, Jamal F, Herbots L, D'hooge J, Bijnens B, Hatle L, et al. Identification of acutely ischemic myocardium using ultrasonic strain measurements. A clinical study in patients undergoing coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:810-9.
6. Andersen NH, Terkelsen CJ, Sloth E, Poulsen SH. Influence of preload alterations on parameters of systolic left ventricular long-axis function: a Doppler tissue study. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:941-7.
7. Chen J, Cao T, Duan Y, Yuan L, Wang Z. Velocity vector imaging in assessing myocardial systolic function of hypertensive patients with left ventricular hypertrophy. *Can J Cardiol* 2007;23:957-61.
8. Jurcut R, Pappas CJ, Masci PG, Herbots L, Szulik M, Bogaert J, et al. Detection of regional myocardial dysfunction in patients with acute myocardial infarction using velocity vector imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21:879-86.
9. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986;57:450-8.
10. Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T, editors. Evaluation of systolic and diastolic function of the left ventricle. In: Feigenbaum's echocardiography. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 138-80.

11. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989;2:358-67.
12. D'hooge J, Heimdal A, Jamal F, Kukulski T, Bijnens B, Rademakers F, et al. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr* 2000;1:154-70.
13. Chen J, Cao T, Duan Y, Yuan L, Yang Y. Velocity vector imaging in assessing the regional systolic function of patients with post myocardial infarction. *Echocardiography* 2007;24:940-5.
14. Brennan P, Silman A. Statistical methods for assessing observer variability in clinical measures. *BMJ* 1992; 304:1491-4.
15. Pirat B, Khoury DS, Hartley CJ, Tiller L, Rao L, Schulz DG, et al. A novel feature-tracking echocardiographic method for the quantitation of regional myocardial function: validation in an animal model of ischemia-reperfusion. *J Am Coll Cardiol* 2008;51:651-9.
16. Voigt JU, Arnold MF, Karlsson M, Hübbert L, Kukulski T, Hatle L, et al. Assessment of regional longitudinal myocardial strain rate derived from Doppler myocardial imaging indexes in normal and infarcted myocardium. *J Am Soc Echocardiogr* 2000;13:588-98.
17. Rumberger JA, Behrenbeck T, Bell MR, Breen JF, Johnston DL, Holmes DR Jr, et al. Determination of ventricular ejection fraction: a comparison of available imaging methods. The Cardiovascular Imaging Working Group. *Mayo Clin Proc* 1997;72:860-70.
18. Kukulski T, Hübbert L, Arnold M, Wranne B, Hatle L, Sutherland GR. Normal regional right ventricular function and its change with age: a Doppler myocardial imaging study. *J Am Soc Echocardiogr* 2000;13:194-204.
19. Sutherland GR, Di Salvo G, Claus P, D'hooge J, Bijnens B. Strain and strain rate imaging: a new clinical approach to quantifying regional myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:788-802.
20. Marwick TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1313-27.
21. Urheim S, Edvardsen T, Torp H, Angelsen B, Smiseth OA. Myocardial strain by Doppler echocardiography. Validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000;102:1158-64.
22. Ingul CB, Torp H, Aase SA, Berg S, Stoylen A, Slordahl SA. Automated analysis of strain rate and strain: feasibility and clinical implications. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:411-8.
23. Dandel M, Hetzer R. Echocardiographic strain and strain rate imaging-clinical applications. *Int J Cardiol* 2009;132: 11-24.
24. Waggoner AD, Bierig SM. Tissue Doppler imaging: a useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:1143-52.
25. Perk G, Tunick PA, Kronzon I. Non-Doppler two-dimensional strain imaging by echocardiography-from technical considerations to clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:234-43.
26. Teske AJ, De Boeck BW, Olimulder M, Prakken NH, Doevendans PA, Cramer MJ. Echocardiographic assessment of regional right ventricular function: a head-to-head comparison between 2-dimensional and tissue Doppler-derived strain analysis. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21:275-83.
27. Nesbitt GC, Mankad S, Oh JK. Strain imaging in echocardiography: methods and clinical applications. *Int J Cardiovasc Imaging* 2009;25 Suppl 1:9-22.
28. Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, Shir V, Peleg E, Binenbaum M, et al. Two-dimensional strain-a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 17:1021-9.
29. Reisner SA, Lysyansky P, Agmon Y, Mutlak D, Lessick J, Friedman Z. Global longitudinal strain: a novel index of left ventricular systolic function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:630-3.
30. Zhang Y, Chan AK, Yu CM, Yip GW, Fung JW, Lam WW, et al. Strain rate imaging differentiates transmural from non-transmural myocardial infarction: a validation study using delayed-enhancement magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:864-71.
31. Nucifora G, Schuijf JD, Delgado V, Bertini M, Scholte AJ, Ng AC, et al. Incremental value of subclinical left ventricular systolic dysfunction for the identification of patients with obstructive coronary artery disease. *Am Heart J* 2010;159:148-57.
32. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:1440-63.
33. Nishikage T, Nakai H, Mor-Avi V, Lang RM, Salgo IS, Settlemier SH, et al. Quantitative assessment of left ventricular volume and ejection fraction using two-dimensional speckle tracking echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:82-8.

Anahtar sözcükler: Koroner anjiyografi; koroner arter hastalığı; koroner tıkanıklık; ekokardiyografi/yöntem; kalp yetersizliği, sistolik/tanı; miyokart enfarktüsü; ventrikül disfonksiyonu, sol.

Key words: Coronary angiography; coronary artery disease; coronary occlusion; echocardiography/methods; heart failure, systolic/diagnosis; myocardial infarction; ventricular dysfunction, left.