

# STRAIN / STRAIN RATE EKOKARDİYOĞRAFI

## STRAIN/STRAIN RATE ECHOCARDIOGRAPHY

Enbiya Aksakal

Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, Erzurum

---

### Özet

Longitudinal ve radyal fonksiyonların değerlendirilmesinde bölgesel miyokardiyal deformasyonun belirlenmesi kalp hastalıkları için önemlidir. Renkli Doppler miyokardiyal görüntüleme tekniğinden türetilen 'Strain' ve 'Strain Rate' ölçümleri bölgesel deformasyonu değerlendirdikleri için geleneksel ekokardiyografik yöntemlerin alternatifidir. 'Strain' nesnede meydana gelen boyutsal deformasyon yüzdesini, 'Strain Rate' ise deformasyonun hızını ifade eder. Bu parametreler pasif miyokardiyal hareketten çok az etkilenmektedir ve normal şahıslarda sol ventrikül boyunca segmentler arasında farklılık göstermemektedir. Birçok çalışmada bölgesel miyokardiyal fonksiyonların belirlenmesi için strain/strain rate tekniğinin doku Doppler verilerinden daha üstün olduğu gösterilmiştir. Bu yazıda strain/strain rate görüntüleme tekniği ve bu tekniğin klinik pratikte kullanımını gözden geçirilecektir.

**Anahtar kelimeler:** *Strain, Strain rate, Ekokardiyografi*

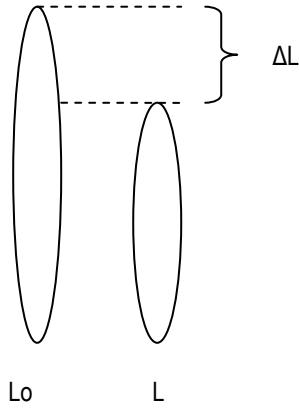
---

### Summary

The characterization of local myocardial deformation, for both local radial and longitudinal function, could be important in heart diseases. Strain and strain rate echocardiography derived tissue Doppler imaging is a new clinical approach to quantifying regional radial and longitudinal myocardial function. Strain is defined as the myocardial tissue deformation induced by the regional contraction and relaxation. Strain rate is defined as the instantaneous rate of change in two velocities divided by the instantaneous distance between the two points. These parameters are much less affected by passive myocardial motion and tend to be uniform throughout the left ventricle in normal subjects. Several groups of investigators have demonstrated the superiority of strain and strain rate over tissue Doppler velocity for tracking local myocardial function. This article revises strain/strain rate imaging technique and its utilization in clinical practice.

**Key words:** *Strain, Strain rate, Echocardiography*

**Şekil 1.** Myosit'in Kontraksiyonu ile Meydana Gelen Deformasyon ve Strain



- $L$  → anlık uzunluk (deformasyondan sonraki uzunluk)
- $L_0$  → orjinal uzunluk
- $\Delta L$  → uzunluktaki değişiklik

## Giriş

Sağlıklı insanlarda sistol sırasında kalbin bazali apekse doğru 1–1,5 cm hareket edip diyastolün erken dolum fazında ve atriyal sistol sırasında tekrar yerine dönmektedir. Bu hareketin büyüklüğü ile ejeksiyon fraksiyonu (EF) ve miyokard infarktüsü sonrası prognoz arasında yakın ilişki mevcuttur (1). Miyokardın maruz kaldığı ekstrensek yüklenme koşulları ile intrinsek kontraktıl güçlerin kombinasyonu sonucu oluşan şekil değişikliği miyokardiyal deformasyon olarak adlandırılmaktadır ve ölçümü birçok kalp hastalığının için önemlidir (2). Geleneksel ekokardiyografi yöntemlerinde duvar hareketleri ile duvar incelik ve kalınlık ölçümleri görsel analizlerle kombine edilerek bölgesel miyokardiyal fonksiyonlar kalitatif olarak değerlendirilmektedir (2–4).

Renkli Doppler miyokardiyal görüntülemeye ölçülen bölgesel velosite (V), strain (S) ve strain rate (SR) indekslerinin geleneksel yöntemlerin alternatifi olması mümkündür ve deneysel çalışmalarda bu gösterilmiştir (5). Teknolojik gelişmeler miyokardiyal velosite ve deformasyonun gerçek zamanlı olarak direk ölçümünü mümkün kılmıştır. Isaaç ve ark. pulsed Doppler tekniğini kullanarak doku Doppler ekokardiyografi ile miyokardiyal velosite değerlendirilmesi yapmışlardır (6). Daha sonraları renkli doku Doppler eko tekniği Sutherland ve ark. ile Yamazaki ve ark. tarafından rapor edilmiştir. Heimdal ve ark 1982'de gerçek zamanlı 'longitudinal strain rate' ölçümünü tanıtmışlardır (7–9).

Bölgesel miyokardiyal fonksiyonların değerlendirilmesi için Doku Doppler velositelerinin kullanılmasında temel problem, miyokardiyum gibi yapıların süreklilik göstererek uzaması ve komşu

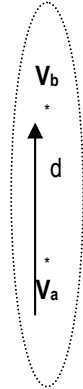
alanlardaki deformasyonun iletilmesidir, bu sıklıkla 'tethering' etkisi olarak adlandırılır. Lokal miyokardiyal velosite ölçümlerinde bitişik yapılara bağlı aktif ve pasif hareket görülebilir. Ayrıca solunum gibi nedenlerle de kalbin nispi olarak transduserden uzaklaşması ve velosite ölçümlerini etkilemesi mümkündür. Böylece miyokardiyal velositeler global ventriküler fonksiyon için iyi parametreler olmasına rağmen, solid yapıların mekanik bağlanma etkisi bölgesel değişiklikleri olumsuz etkilemektedir ve belirleyiciliğini zayıflatmaktadır (10). Bu problemlerin üstesinden gelmek amacıyla miyokardiyal velositelerden gradientlerin hesaplanması için ultrasonik SR geliştirilmiştir. SR eğrilerinden, lokal S eğrileri çıkarılabilir ve bu bölgesel strain görüntüleme kavramı ile sonuçlanır (11).

## Strain

Strain, kuvvetin materyalde oluşturduğu boyutsal deformasyonun kantitatif temsilidir. Strese ya da uygulanan kuvvete bağlı olarak nesnelerin bazal boyutunda meydana gelen nispi değişiklik olarak da tanımlanır. Strain sembolü olarak S veya epsilon ( $\epsilon$ ) kullanılır (Şekil 1) (10–15).

Bölgesel S hesaplamaları duvar kalınlıkları hakkında bilgi vermeyip sadece boyutsal değişiklikler ölçülebilmektedir. S, orjinal boyuttaki değişikliğin yüzde (%) veya kesirli olarak ifade edilmesidir (Formül 1) (15).

Anlık deformasyon başlangıç uzunluğa göre rölatif olarak ifade edilirse Lagrangian strain'den bahsedilir (Formül 2). Oysa anlık strain için referans değerleri sabit değildir, deformasyon sırasında, zaman

**Şekil 2. a ve b Noktalarındaki Velositelerden SR Hesaplanması**

$$SR (\dot{\epsilon}) = \frac{V_a - V_b}{d}$$

- $V_a - V_b \rightarrow$  a ve b noktalarındaki anlık miyokardiyal velosite farkı
- $d \rightarrow$  özgül zamanda a ve b noktalarındaki anlık miyokardiyal velosite farkını temsil eden mesafe

aralığında değişir ve bu naturel strain olarak adlandırılır (Formül 3). Küçük strain değerlerinde (%5–10) lagrangian ve naturel strain değerleri hemen hemen eşittir. Oysa kardiyak ejeksiyon veya hızlı dolun sırasında meydana gelen büyük deformasyonlar için ikisi arasında önemli farklılıklar vardır. Bu sebeple, kalple ilgili çalışmalarda ölçülen strain tipinin tanımlanması önemlidir. Kardiyak uygulamalarda, başlangıç uzunluğuna ( $L_0$ ) daha az bağımlı olan 'naturel strain' ölçümleri daha uygundur (11).

**Formül 1. Strain**

$$S = L - L_0 / L = \Delta L / L$$

**Formül 2. Lagrangian strain**

$$\epsilon (t) = L (t) - L(t_0) / L$$

**Formül 3. Naturel strain**

$$\epsilon_n (t) = \int_{t_0}^t d \epsilon_n(t)$$

**Strain rate**

Lokal miyokardiyal deformasyon hızını temsil eder. SR değerleri ultrason ışını paralelindeki sabit mesafede 2 noktadaki doku velositelerinden hesaplanır (10–14). Birimi:  $s^{-1}$  dir, her ne kadar  $s^{-1}$  gerçekte Hertz ile aynı olsa da  $s^{-1}$  kullanımı tercih edilir. Strain rate sembolü olarak SR veya  $\dot{\epsilon}$  kullanılır.

Lokal anlık miyokardiyal velositeler renkli Doppler ile ölçülebilir (Şekil 2)

Örnek: Bir boyutlu bir cismin total (Lagrangian) strain % 20 (orijinal uzunluk 2 cm ve son uzunluk 2,4 cm) deformasyon süresi 2 saniye varsayılırsa, ortalama SR ( $\dot{\epsilon}$ )  $0,20 / 2 = 0,1 s^{-1}$  olur ve nesne her bir saniyede % 20 uzamıştır.

Miyokardiyal velosite, strain ve strain rate arasındaki zamansal ve bölgesel ilişki Şekil-3'te gösterilmiştir.

**Formül 4. Strain rate ile strain arasındaki ilişki**

$$a. SR = S / \Delta t$$

$$b. S_n = \int_{t_0}^t SR dt$$

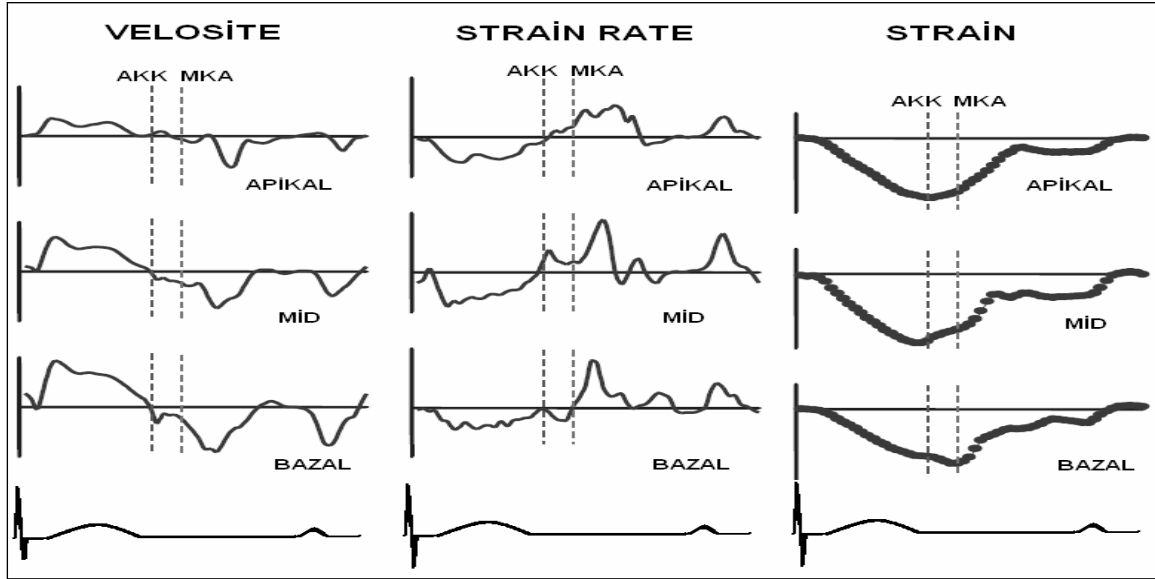
- $dt \rightarrow$  Zaman aralığı
- $t_0 \rightarrow$  Başlangıç noktasındaki anlık SR
- $t \rightarrow$  sonlanma noktasındaki anlık SR

**Ölçüm tekniği**

Optimal S/SR ölçümü için miyokardiyal duvarlar açık olarak belirlenmeli, miyokard ve çevre yapılar ayırt edilmelidir. En iyi sonuç için transduser eksenini hedef miyokard duvarı ile paralel olmalıdır.

Elde edilen miyokardiyal velosite ve deformasyon eğrileri değişik frame rate'lerde farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle S/SR kayıtlarının en yüksek frame rate değerlerinde alınması gereklidir. Ölçümlerde tavsiye edilen minimum frame rate 70 frames/s olup, sıklıkla 200 frames/s kullanılmaktadır. Bu değerlere görüntü sektörü, ölçüm yapılacak duvar segmentini içerecek kadar görüntü penceresi daraltılarak ulaşılabilir. Açık ilişkili hatalar, görüntü sektörün merkezine alınarak, ölçüm yapılacak seçilmiş duvar segmenti içerecek duruş pozisyonu ve açısına göre transdusera paralel olacak şekilde düzenlenip en aza indirilebilir (11).

**Şekil 3.** Miyokardiyal Velosite, Strain ve Strain Rate Arasındaki Zamansal ve Bölgesel İlişki. Velositeler Apekse Gittikçe Azalırken Strain ve Strain Rate Nisbeten Değişmeden Kalıyor. AKK: Aort Kapak Kapanışı, MKA: Mitral Kapak Açılışı.



Miyokard dışı alan ve yapılara ait renk artefaktlarının oluşumundan kaçınılmalıdır. Solunum tutularak görüntü ayrışmaları en aza indirilebilir (14).

Görüntüler optimize edilip, digital ortamda depolanabilir. Digital bilgiler analog video olarak depolanamaz. S/SR ölçümleri için elde edilen görüntülerin digital içeriği geleneksel ekokardiyografiye göre oldukça büyüktür (14).

Pulse wave Dopler ile sol ventrikül (SV) çıkış yolundan alınan kayıttan, QRS kompleksinin başlangıcından aort kapağının kapanmasına (AKK) kadar geçen süre hesaplanır. AKK süresi, mekanik sistolün sonunun önemli belirteçidir (10). Strain, referans olarak kullanılan noktanın diyastol sonu ve sistol sonu arasındaki deformasyon büyüklüğünü ifade eder (12). Düzenli ritimlerde ardışık 4, aritmilerde 8 kardiyak siklus kaydedilir.

S/SR ölçümlerinde sıklıkla 2- 20 mm boyutlarında örnek hacim kullanılmakla birlikte, büyüklüğü ölçüm yapılacak ilgili bölgeye göre ayarlanabilir. Sample volümün konulduğu alan seçilmiş miyokard ile sınırlandırılmalı ve bu alanın dışına çıkması önlenmelidir.

- Apikal 2-, 3- veya 4- boşluk görüntüler kullanılarak longitudinal S
- Parasternal kısa aks görüntülerde posterior duvar kullanılarak radyal S

- Parasternal kısa aks görüntülerde lateral duvar kullanılarak sirkumferansiyel S değerlendirilebilir (11, 15).
- Günümüzdeki metodlar ile septumda radial S/SR ölçümleri yapılamamaktadır.

SR profillerinden hesaplanabilen parametrelerden bazıları (4, 14)

- 1- Maksimum sistolik V ve SR ( $VEL_{SYS}$ ,  $SR_{SYS}$ )
- 2- Maksimum postsistolik V ve SR ( $VEL_{IVRT}$ ,  $SR_{IVRT}$ )
- 3- Maksimum erken diyastolik V ve SR ( $VELE$ ,  $SRE$ )
- 4- Maksimum geç diyastolik V ve SR ( $VEL_A$ ,  $SR_A$ )

Ortalama strain profilinden hesaplanabilen parametrelerden bazıları;

1. End – sistolik strain ( $\epsilon_{sys}$ ), enddiyastolik referans zaman noktasından başlayan ve endsistole kadar olan deformasyon büyüklüğünü temsil eder.
2. Pik strain ( $\epsilon_{pik}$ ), R R aralığında, radyal yönde en yüksek, longitudinal yönde en düşük strain ölçülür.
3. Post sistolik strain ( $\epsilon_{ps}$ ), AKK sırasında meydana gelen mutlak strain değişikliği ( $\epsilon_{ps} = \epsilon_{pik} - \epsilon_{sys}$ )

*S/SR görüntülemenin sınırlamaları*

Günümüzün mevcut teknolojisinde strain rate için, kötü sinyal – gürültü oranı daha azdır ve bu durum tekniğin duyarlılığını artırır (16). S ölçümleri tek ultrason tarama çizgisinden yapılır. 3 boyutlu doku Doppler eko bu sınırlamanın üstesinden gelebilir. Tüm görüntü çeşitlerinin uygulamalarında sınırlama; kalbin

rotasyonu, translasyonu ve kompleks fibriler mimari ile ilişkilidir (12).

Renkli Doppler miyokardiyal görüntüleme tekniği halen bir boyutlu strain ölçümüne izin vermektedir. Böylece hem radyal hem de longitudinal deformasyon verilerinin eş zamanlı elde edilmesi mümkün değildir (4).

Bu teknik için önemli bir sınırlama ise tüm eko cihazlarında gerekli donanım ve yazılım programlarının bulunmamasıdır.

Strain kayıtlarının alınması ve kayıtlardan ölçüm yapılması konvansiyonel ekoya göre daha fazla vakit almakta ve teknik olarak eş zamanlı ölçüm yapılamamakta, işlem sonrası değerlendirmeye izin vermektedir.

Doku Doppler, S ve SR ölçümlerinde aynı gözlemcinin ve farklı gözlemcilerin ölçümleri arasındaki değişkenlik % 15 den azdır (12, 17). VEL için gözlemci içi değişkenlik %10 ± %6, gözlemciler arası değişkenlik %15 ± %8, SR için gözlemci içi değişkenlik %17 ± %13, gözlemciler arası değişkenlik %19 ± %14 ve S için gözlemci içi değişkenlik %15 ± %8, gözlemciler arası değişkenlik %12 ± % 7 olarak bildirilmiştir(4).

*Deneysel ve klinik çalışmalarda S/SR tekniğinin kullanımı;*

Hashimoto ve ark. 8 koyun üzerinde yaptıkları deneysel çalışmalarında SV serbest duvarında subendokardiyal, mid-miyokardiyal ve epikardiyal tabakalarda S ve SR değerleri ile bunların bazal değerleri, volüm yüklenmesi, dobutamin infüzyonu ve metoprolol infüzyonu ile değişimini değerlendirmişlerdir. Her üç tabaka için S ve SR değerleri arasında anlamlı fark olduğu ve farklı hemodinamik koşullarda da S/SR değerlerinde anlamlı değişiklik olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta S ve SR tekniğinin miyokardiyal fonksiyonların özellikle subendokardiyal bölge fonksiyonlarının değerlendirilmesinde özgül ve kullanılabilir olduğu belirtilmiştir (18).

Urheim ve ark. köpekler üzerindeki deneysel çalışmalarında LAD' de oluşturdukları oklüzyon sonucu oluşan akut iskeminin değerlendirilmesinde strain ekokardiyografi kullanmışlardır. Sonuçta tathering'den etkilenmediğinden Strain ekokardiyografinin bölgesel miyokardiyal fonksiyonların kantitifiye edilmesinde yeni ve güçlü bir metod olduğu belirtilmiştir (16).

Greenberg ve ark. köpekler üzerinde yaptıkları bir çalışmada velosite ve pik ve ortalama SR değerlerinin bazal değerlerini, dobutamin ve esmolol infüzyonu

sonrası değerlerini kullanmışlardır. Sonuçta SV kontraksiyonunun değerlendirilmesinde SR verilerinin güçlü noninvaziv indeksler olduğu ve velosite verilerine göre daha güvenilir olduğu bildirilmiştir (19).

Fristenberg M.S. ve ark. 6 köpek üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada akut iskemi sırasında pik sistolik ve diyastolik SR değerlerinin diğer SV sistolik ve diyastolik fonksiyon parametrelerine benzer olarak azaldığı dolayısıyla iskeminin ortaya çıkardığı sol ventriküler disfonksiyonun noninvaziv olarak değerlendirilmesinde SR tekniğinin kullanılabilirliğinin ve değerinin yüksek olduğu bildirilmiştir (20).

Weidemann F. ve ark. 33 sağlıklı şahıs (4-16 yaş aralığında) üzerinde sol ve sağ ventrikülün bölgesel radyal ve longitudinal fonksiyonlarını S ve SR tekniği ile değerlendirmişlerdir. SV longitudinal deformasyonun bazalden apekse kadar homojen dağıldığını, sağ ventrikülde ise dağılımın heterojen olduğunu ve değerlerin SV' e göre daha yüksek olduğunu, yine her iki ventrikül içinde radyal ölçümlerle elde edilen değerlerin longitudinal değerlerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçta konjenital ve edinsel kalp hastalıklarında bölgesel miyokardiyal fonksiyonların değerlendirilmesinde S ve SR tekniğinin klinikte kullanılabilir ve pratik, noninvaziv bir metod olduğunu bildirmişlerdir (21).

Leitman ve ark. miyokard infarktüsü (Mİ) geçirmiş hastalar ile sağlıklı 10 şahsın S,SR ve V verilerini karşılaştırmış ve sağlıklı şahıslarda bu değerlerin Mİ geçirenlerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda miyokardiyal fonksiyonların değerlendirilmesinde bu verilerin kullanılabileceği belirtilmiştir (22).

Reisner ve ark. çalışmasında Mİ geçirmiş 27 hasta ile sağlıklı 12 şahsın longitudinal S/SR verileri ile bunların duvar hareket skor indeksi (DHSİ) ile korelasyonu değerlendirmiştir. Hasta grubunda S/SR değerleri önemli derecede düşük bulunmuş ve her iki grupta da S/SR değerleri ile DHSİ arasında anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda global SV fonksiyonlarının değerlendirilmesinde longitudinal S ve SR verilerinin kullanılabileceği ve Mİ geçiren hastalarda SV sistolik disfonksiyonun belirlenmesinde bu tekniğin hassas ve özgül olduğu bildirilmiştir (23).

Yip ve ark. çalışmasında SR tekniğinin klinikte; iskeminin belirlenmesinde (istirahat veya strese), miyokardiyal canlılığın belirlenmesinde, iskemi ve kardiyomyopati durumlarında SV global ve bölgesel sistolik ve diyastolik fonksiyonların

değerlendirilmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (24).

Kowalski ve ark. çalışmasında izole aort darlığı (AD), AD ve koroner arter hastalığı (KAH) birlikte bulunan hasta grupları ile sağlıklı 20'şer şahısta bölgesel miyokardiyal fonksiyonların kantifikasyonunda S/SR ve V verilerini değerlendirmişlerdir. Hasta gruplarında S/SR/V değerlerinin normal gruptan daha düşük olduğu ayrıca AD+KAH olanlarda ise saf AD olanlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. AD+KAH olan hastalarda sistol sonu ve maksimal sistolik S değerleri saf AD olanlardan anlamlı şekilde daha düşüktü ve bu şekilde her iki grup birbirinden ayırt edilmekteydi. Bölgesel radyal ve longitudinal deformasyon indeksleri, Aort kapak alanı ve strok volüm ile korele bulunmuştur. Ayrıca S verisi ile şiddetli sol ön inen arter (LAD) ve sirkümfleks (Cx) lezyonu arasında önemli korelasyon tespit edilmiştir (25).

Mele ve ark. çalışmasında Mİ geçiren 24 hastada SR ve doku Doppler ekokardiyografi (DDE) velositeleri değerlendirilmiş ve hastalara sintigrafi çekilerek canlılık değerlendirilmiştir. İnfarkte segmentin belirlenmesinde SR görüntülemenin hassasiyeti ve özgüllüğü DDE ve B-mod eko verilerinden anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur (26).

Voigt ve ark. transmural Mİ geçirmiş 12 hasta ve sağlıklı 10 şahıs üzerinde normal ve infarkte miyokardın bölgesel longitudinal SR verilerini değerlendirmişlerdir. Normal şahısların segmentleri ile hastaların noninfarkte segmentlerinin sistolik ve diyastolik SR ile S değerleri arasında anlamlı farklılık görülmemiştir. Hastaların hipokinetik ve akinetik segmentlerinde S ve SR değerleri hem normal gruba göre hemde hastaların normokinetik segmentlerine göre düşük bulunmuştur. Hastaların diskinetik segmentlerinde ise sistolik ve erken diyastolik SR dalgaları ters dönerek pozitif değer kazanmışlar ve tüm gruplara karşın anlamlı farklılık göstermişlerdir. Sonuçta bu yeni miyokardiyal deformasyon indekslerinin normal ve kronik infarkte alanlarda miyokardiyal fonksiyonları kantitatif olarak tanımladığının gösterildiği bildirilmiştir (27).

Edvardsen ve ark. LAD'e anjiyoplasti uygulanan 17 hastada akut miyokardiyal iskemi sırasında bölgesel miyokardiyal sistolik fonksiyonun değerlendirilmesi için DDE ve S verilerini değerlendirmişlerdir. İşlem öncesi SV'ün iskemik olmayan segmentlerinde velositeler bazalden apikale doğru azalırken, sistolik strain değerleri uniform şekilde dağılmış bulunmuştur. LAD oklüzyonu sırasında mid septumda S değerleri anlamlı şekilde düşmüş, paradoksal hareket nedeni ile apikal septumda ise yükselmiş, işlemden 10 s sonra değerler bazal değerine benzer tespit edilmiş, LAD'nin

beslemediği segmentlerde değişiklik görülmemiştir. DDE velositeleri ise LAD' nin beslemediği bazal septum ve lateral duvarın apikal segmenti dahil tüm segmentlerde düşmüştür. İskemi sırasında DHSİ artmıştır. Sonuçta LAD oklüzyonunun neden olduğu sistolik bölgesel miyokardiyal disfonksiyonun belirlenmesinde S ekokardiyografinin DDE'dan daha üstün ve doğru bir yaklaşım olduğu bildirilmiştir (28).

Bu çalışmalarda da belirtildiği gibi S/SR ekokardiyografi tekniği akut miyokardiyal iskeminin belirlenmesi, transmural ve transmural olmayan infarktüsün ayırt edilmesi, iskemiden etkilenen bölgelerde segmentler arası farklılıkların belirlenmesi, başarılı perkütan koroner girişim uygulanmış hastalarda SV fonksiyonlarının takibinde ve ayrıca çeşitli hastalıklara bağlı kardiyomiyopatinin erken belirlenmesi (2,3,18), restriktif kardiyomiyopati ile konstriktif perikarditin ayırt edilmesi (3,5,12), fizyolojik ve patolojik hipertrofinin ayırt edilmesi (3,12), diyastolik disfonksiyonun belirlenmesi ve takibinde (2,3,5,7), 'stunned miyokard'da kontraktıl rezervin belirlenmesinde (2,4), sağ kalp fonksiyonlarının değerlendirilmesinde (2,3,7), kardiyak resenkronizasyon tedavisinin takibinde (2,9,12), antrasiklin grubu kemoterapotik alan hastalarda SV fonksiyonlarının takibinde (2,3,12), konjenital kalp hastalıklarında cerrahi düzeltme uygulandıktan sonra kalp fonksiyonlarının takibinde (2) kullanılabilmektedir.

## Sonuç

S ve SR bölgesel miyokardiyal fonksiyonların kantitatif olarak belirlenmesinde kullanılabilen doku Doppler verilerinden türetilmiş ekokardiyografik parametrelerdir. Doku Doppler ekokardiyografi tekniğinin açılımlılığı ve kalp hareketlerinden etkilenmesi gibi iki önemli problem 'strain görüntüleme tekniği' ile aşılmıştır. Birçok kalp hastalığının teşhis ve takibinde bu teknik kullanılmaktadır ve global ve bölgesel miyokardiyal fonksiyonların kantitatif analizinde yaygın kullanım alanı bulması beklenmektedir.

## Kaynaklar

1. Stoylen A, Heimdal A, Bjornstad K. et al. Strain rate imaging by ultrasonography in the diagnosis of coronary artery disease. J Am Soc Echocardiogr 2000; 13: 1053-1064
2. Sutherland GR, Salvo GD, 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: 788-803
3. Pislaru C, Abraham TP, Belohlavek M. Strain and strain rate echocardiography. Curr Opin Cardiol 2002; 17: 443-454
4. Voight JU, Exner B, Schmiedehausen K. et al. Strain rate imaging during dobutamine stress echocardiography provides objective evidence of inducible ischemia. Circulation 107; 2120-2126
5. Weidemann F, Jamal F, Sutherland GR. et al. Myocardial function defined by strain rate and strain during alterations in inotropic states and heart rate. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2002; 283: 792-799

6. Isaaz K, Thompson A, Ethevenat G. et al. Doppler echocardiographic measurements of flow velocity motion of left ventricular posterior wall. *Am J Cardiol* 1989; 64: 66–75
7. Sutherland GR, Stewart MJ, Grundstream WE. et al. Color Doppler myocardial imaging a new technique for the assesment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 1994; 7: 441–458
8. Yamazaki N, Mine Y, Sana A, et al. Analysis of ventricular wall motion using color-coded tissue Doppler imaging system. *Jpn J Appl Phys* 1994; 33: 3141–3146
9. Heimdal A, Stoylen A, Torp H, et al. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 1013–1019
10. Voight JU, Flachskampf EA. Strain and Strain rate, New and clinically relevant echo parameters of regional myocardial function. *Z Kardiol* 2004; 93: 249–258
11. D'hooge J, Heimdal A, Jamal F. et al. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr* 2000; 1: 154–170
12. Pelerin D, Sharma R, Elliott P, Veyrat C. Tissue Doppler, strain, and strain rate echocardiography for the assesment of left and right systolic ventricular function. *Heart* 2003; 89 (Suppl iii) iii9-iii17
13. Di Salvo G, Pacileo G, Caso P. et al. Strain rate imaging is a superior method for the assesment of regional myocardial function compared with Doppler tissue imaging: a study on patients with transcatheter device closure of atrial septal defect. *J Am Soc Echocardiogr* 2005; 18 (5): 398–400
14. Heimdal A, Stoylen A, Torp H, et al. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 1013–1019
15. Gilman G, Khandheria BK, Hagen ME. et al. Strain rate and strain: a step-by-step approach to image and data acquisition. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 17: 1011–1021
16. Urheim S, Edvardsen T, Torp H, et al. Myocardial strain by Doppler echocardiography. validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000; 102: 1158–1164
17. Voight JU, Arnold MF, Karlsson M. et al. Assesment of regional longitudinal myocardial strain rate derived from doppler myocardial imaging in normal and infarcted myocardium. *JAm Soc Echocardiography* 2000; 13: 588–598
18. Hashimoto I, Li X, Bhat AH. Et al. Myocardial strain rate is a superior method for evaluation of left ventricular subendocardial function compared with tissue doppler imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2003; 42: 1574-1583
19. Greenberg NL, Fristenberg NS, Castro PL. Doppler-derived myocardial systolic strain rate is a strong index of left ventricular contractility. *Circulation* 2002; 105: 99-105
20. Fristenberg MS, Greenberg NL, Smedira NG, Castro P, Thomas JD, Garcia MJ. The effects of acute coronary occlusion on noninvasive echocardiographically derived systolic and diastolic myocardial strain rates. *Curr Surg* 2000; 57: 466–472
21. Weidemann F, Eyskens B, Jamal F. et al. Quantification of regional left and right ventricular radial and longitudinal function in a healthy children using ultrason based strain rate and strain imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2002; 15: 20–28
22. Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, et al. Two dimensional strain-a novel software for real time quantitative echocardiographic assesment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 10: 1021-1029
23. 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: 630–633
24. Yip G, Abraham T, Belohlavek M. et al.. Clinical applications of strain rate imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2003, 12: 1334-1342
25. Kowalski M, Herbots L, Weidemann F. et al. One dimensional ultrasonic strain and strain rate imaging: a new approach to the quantitation of regional myocardial function in patients with aortic stenosis. *Ultrasound in Med & Biol.* 2003; 29: 1085-1092
26. Mele D, Pasanisi G, Heimdal A. et al. Improved recognition of dysfunctioning myocardial segments by longitudinal strain versus velocity in patients with myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 4: 313-321
27. Voight JU, Arnold MF, Karlsson M, Hübbert L, Kukulski T, Hatle L. Assesment of regional longitudinal myocardial strain rate derived from Doppler imaging indexes in normal and infarcted myocardium. *J Am Soc Echocardiogr* 2000; 13: 588–598
28. Edvardsen T, Skulstad H, Aakhus S. et al. Regional myocardial systolic function during acute myocardial ischemia assessed by strain Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 726-730

**Yazışma adresi:**  
Dr. Enbiya AKSAKAL

Atatürk Üniversitesi  
Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı  
25240 Erzurum  
Tlf : 4423166333  
GSM: 5333425090  
Belge geçer: 4423166340  
e-posta: drenbiya@yahoo.com