

# Kardiyak resenkronizasyon tedavisine cevabı öngörmede ekokardiyografik longitüdünel, radyal, sirkumferansiyel ve rotasyonel senkronizasyon bozukluğu

*Echocardiographic longitudinal, radial, circumferential and rotational synchronization disturbance in predicting response to cardiac resynchronization therapy*

Leyla Elif Sade

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

## ÖZET

Kardiyak resenkronizasyon tedavisine aday hastaların seçimine yardımcı olabilecek çeşitli ekokardiyografik yöntemler önerilmiştir. Mekanik senkronizasyon bozukluğunu değerlendirmede en ümit vaat eden tekniklerden bir tanesi renkli doku Doppler ekokardiyografidir. Ancak doku Doppler verileri açı bağımlıdır ve itme çekilme ile translasyon hareketinden etkilenir. Bunun da ötesinde doku Doppler temelli yöntemler uzun eksen hareketinin analizine uygun iken radyal, sirkumferansiyel ve rotasyonel hareketlerin incelenmesinde kısıtlılık gösterir. Benek takibi daha yeni bir teknik olup bölgesel radyal ve sirkumferansiyel strain ve bölgesel rotasyon analizi için elverişlidir. Halen tüm kasılma yönlerindeki senkronizasyon bozukluğunu bir arada değerlendirebilen tek bir ideal ekokardiyografi yöntemi olmamasına rağmen, teknik gelişmeler ve patofizyolojik özelliklerin daha iyi kavranması ile mekanik senkronizasyon bozukluğu daha iyi ve doğru değerlendirilebilecektir. (*Anadolu Kardiyol Derg 2010; 10: 81-7*)

**Anahtar kelimeler:** Ekokardiyografi, senkronizasyon bozukluğu, kardiyak resenkronizasyon tedavisi

## ABSTRACT

Several echocardiographic methods have been proposed to assist patient selection for cardiac resynchronization therapy. Color-coded tissue Doppler is one of the most promising methods to quantify mechanical dyssynchrony. However, tissue Doppler data are affected by Doppler angle of incidence and tethering or translational motion. Furthermore tissue Doppler based modalities are good for longitudinal motion analysis but limited in other directions of wall motion such as radial, circumferential, and rotational. Speckle tracking is a more recent technique that allows accurate calculation of regional radial and circumferential strain as well as regional rotation for dyssynchrony analysis. Although no ideal echocardiographic method exists that integrates regional dyssynchrony data in all contraction directions as yet, technical refinements and advances in understanding of pathophysiology will help to improve the study of mechanical dyssynchrony. (*Anadolu Kardiyol Derg 2010; 10: 81-7*)

**Key words:** Echocardiography, synchronization disturbance, cardiac resynchronization therapy

## Giriş

Kardiyak resenkronizasyon tedavisi (KRT) tıbbi tedaviye dirençli kalp yetersizliği tedavisinde son yılların en önemli gelişmelerinden birisidir. Kalp yetersizliği tedavi kılavuzları biventriküler kalıcı kalp pilinin geniş QRS süresi (>120ms) olan hastalara uygulanmasını önermektedir. Bununla beraber QRS süresindeki uzama mekanik senkronizasyon bozukluğunun her zaman doğru bir göstergesi değildir (1, 2). Çeşitli çalışmalarda QRS süresinin

KRT'ye cevap için belirleyici olmadığı gösterilmesi, geniş QRS'li hastaların yaklaşık 1/3'ünde tedaviye yanıt alınmaması ve sol ventrikül sistolik işlevindeki düzelenin elektrikselle senkronizasyon ile değil mekanik senkronizasyon ile ilişkili olduğunun saptanmasıyla mekanik senkronizasyon bozukluğunun hasta seçimini güçlendireceği görüşü hakimiyet kazanmıştır (3-6). Bu amaçla başta ekokardiyografi olmak üzere girişimsel olmayan görüntüleme tekniklerinin son yıllarda mekanik senkronizasyon bozukluğunu saptamada kullanılması heyecan verici bir araştırma konusu olmuş ve hızlı bir gelişim göstermiştir.

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Dr. Leyla Elif Sade, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, C3 10. Sk. No: 45 06490 Bahçelievler, Ankara, Türkiye Tel: +90 312 212 68 68 / 1404-1413 Faks: +90 312 223 86 97 E-posta: sadele@gmail.com

**Kabul Tarihi/Accepted:** 02.12.2009

© Telif Hakkı 2010 AVES Yayıncılık Ltd. Şti. - Makale metnine [www.anakarder.com](http://www.anakarder.com) web sayfasından ulaşılabilir.

© Copyright 2010 by AVES Yayıncılık Ltd. - Available on-line at [www.anakarder.com](http://www.anakarder.com)

doi:10.5152/akd.2010.018

Sol ventrikül aktivasyonunda meydana gelen bölgesel zamansal anormallikler intraventriküler senkronizasyon bozukluğuna neden olur. Bu tip senkronizasyon bozukluğu kasılma kusuruna en çok neden olan ve KRT ile en çok düzelme gösteren senkronizasyon bozukluğudur. Mekanik senkronizasyon bozukluğunun tipik örneği sol dal bloğunda görülür. Sol dal bloğunda interventriküler septumun erken aktivasyonu ve serbest duvarın özellikle de posterolateral bölgenin geç aktivasyonu söz konusudur (7). Böylece septum sistol başında henüz ventrikül içi basınç düşük iken kasılır ve ejeksiyona yeteri kadar katkı sağlamaz, tersine kasılması geciken serbest duvarın gerilmesine neden olur, serbest duvar ise septum kasılmasının ardından kasılma gösterir (2). Bu bölgesel zamansal gecikme kanın etkin bir biçimde aortaya pompalanması yerine ventrikül içinde kısmen bir duvardan diğerine çalkalanmasına, enerji kaybına, sistol süresinin uzamasına ve diastol süresinin kısalmasına neden olur.

Bölgesel longitudinal ve radyal kasılmanın incelenmesi yukarıda bahsedilen intraventriküler senkronizasyon bozukluğunu sayısal olarak değerlendirmeye olanak tanır. Daha yeni olarak sol ventrikülün bölgesel rotasyonel hareketinin de incelenebilmesi senkronizasyon bozukluğunun bu hareket bileşeninde de bozukluklar yarattığını göstermiştir.

#### Longitudinal mekanik senkronizasyon bozukluğu

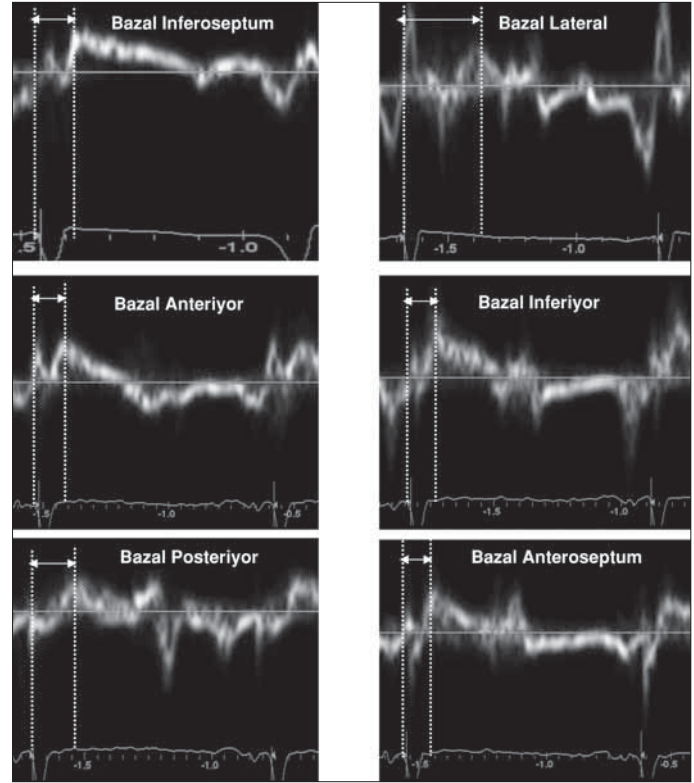
Bugüne kadar yapılmış olan senkronizasyon bozukluğu analizlerinin çoğunluğu longitudinal mekanik senkronizasyon bozukluğunun incelenmesine dayanır. Bu incelemelerin de hemen hepsi doku Doppler (DD) ekokardiyografi tekniği kullanılarak yapılmıştır. Doku Doppler tekniği kesikli dalga (pulsed wave) ve renkli DD olmak üzere iki şekilde uygulanabilir.

#### Kesikli dalga (pulsed wave) doku Doppler

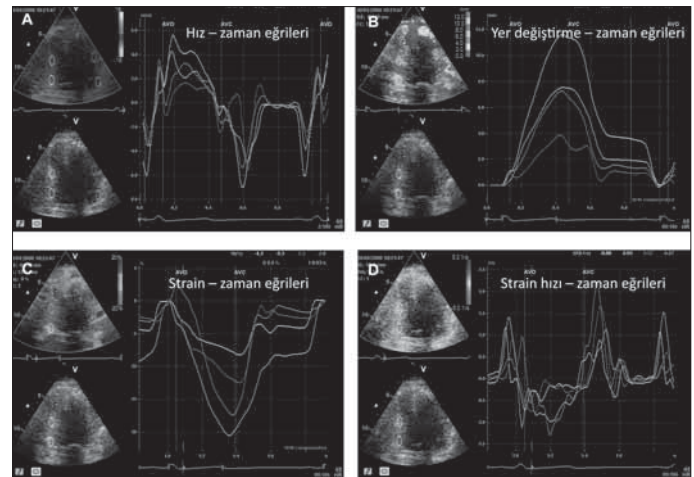
Bölgesel longitudinal hareketteki gecikmeyi kesikli dalga DD tekniği ile inceleyebiliriz. Ancak bu teknik ile her bölge ayrı kalp siklusunda incelenmek durumundadır. Çünkü ölçümler sadece gerçek zamanlı yapılabilir (Şekil 1). Dolayısı ile bölgeler arası zamansal karşılaştırmalarda hata payı artar. Ancak bu tekniğin avantajı zamansal çözünürlüğünün yüksek olmasıdır. Öte yandan spasiyal çözünürlüğü oldukça düşüktür. Kesikli dalga DD ile intraventriküler ve ventriküller arası longitudinal kontraksiyon gecikmesinin toplamının 100 ms'nin üzerinde olması bir çalışmada KRT'ye cevap için öngördürücü bulunmuştur (8). Ancak olanak varsa her zaman bölgesel senkronizasyon bozukluğu analizleri için renkli DD hız görüntülemesi kesikli dalga DD tekniğine tercih edilmelidir.

#### Renkli doku Doppler: Doku hız görüntülemesi

Renkli DD tekniğinde ise çevirim dışı olarak aynı kalp siklusunda birden çok segment birbiri ile karşılaştırılabilir. Bu son teknik segmentler arası zamansal karşılaştırmaların yapılması için yani dissenkroni analizi için daha uygundur. Çeşitli renkli doku Doppler görüntüleme yöntemleri bulunmaktadır: Bunlar hız, yer değiştirme (displacement, tissue tracking), strain ve strain hızıdır (Şekil 2). Strain bölgesel deformasyonu, strain hızı ise bu deformasyonun hızını gösterir. Dissenkroni analizinde bu yön-



Şekil 1. Kesikli dalga doku Doppler ile apikal 4 boşluk görüntüden elde edilebilen bölgesel longitudinal hız verileri. Her bir doku Doppler trasesi ayrı kalp siklusunda elde edilmiştir



Şekil 2. Renkli Doku Doppler ile apikal 4 boşluk görüntüden aynı kalp siklusunda elde edilebilen bölgesel longitudinal A) hız, B) yer değiştirme, C) strain, ve D) strain hızı eğrileri

AVC - aort kapak kapanması, AVO- aort kapak açılması

temlerden en çok hız görüntülemesi kullanılmıştır. Çünkü DD ile elde edilen temel veri hız verisi olup doku hız görüntülemesi sinyal gürültü oranı yüksek ve nispeten uygulaması kolay bir yöntemdir. En önemli nokta yüksek frame hızında (>100Hz) çalışmaktır. Hız sinyali üzerinden otomatik olarak çeşitli matematiksel dönüşümler kullanılarak yer değiştirme, *strain* ve *strain* hızı bilgisi elde edilmektedir. Bunlar arasında doku hız görüntüleme güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği en yüksek olan tekniktir.

Doku hız görüntülemesi yaklaşımında apikal pencereden her 3 planda (apikal 4 boşluk, apikal 2 boşluk, apikal uzun eksen) birbirine karşıt duvarlarda eş seviyedeki segmentler (mid ve bazal) için QRS başlangıcından ejeksiyon süresi içindeki sistolik zirve hızına ulaşıncaya dek geçen zaman ölçülerek bölgesel gecikmeler hesaplanır. Bugüne dek yeniden şekillenmedeki geri dönüşü öngördürücü olarak en çok kabul gören renkli DD parametreleri; septum ile lateral duvar arasındaki gecikmenin 65 ms'nin üzerinde olması (5, 9), karşılıklı duvarlar arasındaki gecikmenin 65 ms'nin üzerinde olması (9, 10), mid ve bazal seviyeden toplam 12 segment arasındaki maksimum gecikmenin 100 ms'den uzun olması ya da 12 bölgenin QRS başlangıcından zirve sistolik hız kadar geçen zamanlarının standart sapmasının 33 ms'den fazla olmasıdır (Yu indeksi) (11, 12). Bu uzun eksen hız görüntüleme parametrelerinden en kolay septum ile lateral duvar arasındaki gecikmenin ölçülmesidir. Ancak bu yaklaşım sadece iki bölgeyi değerlendirmeye alıyor olması nedeniyle diğer indekslere göre daha az duyarlıdır (13). Doku Doppler temelli yöntemler, tekniğin açığı bağımlı olması nedeniyle ancak uzun eksen hareketini incelemek için elverişlidir. PROSPECT (Predictors of response to resynchronization therapy) çalışmasında (14), 12 segmente ait gecikmenin standart sapmasının gözlemciler arası değişkenliği daha basit yöntemlere göre yüksek bulunmuştur. Doku Doppler hız görüntüleme tekniği uygulanırken belki de en önemli sorun bazen hız zaman eğrilerinde birden fazla sistolik zirve bulunmasıdır. Böyle durumlarda ilgilenilen bölgede genişçe bir alan taranmak kaydıyla en tutarlı zirveyi gerçek zirve olarak seçmek ve bölgesel gecikmeyi buna göre ölçmek gereklidir. Öte yandan uzman merkezlerde DD hız görüntüleme tekniği ile longitüdinale senkronizasyon bozukluğunun KRT'ye cevabı öngördürücü duyarlılığı ve özgüllüğü %75-90 dolaylarında bildirilmiştir. Ancak her ekokardiyografi cihazının çevirim dışı analiz programı aynı sonuçları vermemektedir.

### Renkli doku Doppler: strain, strain hızı, yer değiştirme

Longitüdinale senkronizasyon bozukluğu bölgesel hızdan başka strain, strain hızı ve yer değiştirme ile de değerlendirilebilir. Ayrıca strain ve strain hızı translasyonel hareketten, itme ve çekintilerden etkilenmediğinden hız görüntülemesine üstündür. Ancak son derece açığı bağımlı ve sinyal gürültü oranı düşük olduğundan uygulanması daha zordur. Bu nedenle strain ve strain hızı ile ilgili sınırlı sayıda dissenkroni analizinin yapıldığı çalışma bulunmaktadır (15, 16). Doku Doppler hız görüntüleme ile başa baş karşılaştırma yapılan çalışmalarda DD türevi strain ve strain hızı ile longitüdinale senkronizasyon bozukluğunu değerlendirmenin doku hız görüntülemesine üstün olmadığı ortaya çıkmıştır (13, 17, 18). Strain görüntüleme ile dissenkroni değerlendirilirken ölçüm aralığı ejeksiyon süresi ile sınırlı değildir. Bu nedenle sistol sonrası kılmanın iskemik kökenli ya da pasif recoil ile ilişkili olabileceği unutulmamalıdır. Yer değiştirme (displacement) ya da tissue tracking miyokardın katettiği mesafeyi gösterir, hızın zamana göre integrali şeklinde hesaplandığından daha az artefaktlı ve yorumlanması kolay bir sinyaldir. Ancak çalışmalar KRT'ye cevabı öngörmede doku yer değiştirme görüntülemesinin hız görüntülemesine herhangi bir üstünlüğünü orta-

ya koyamamıştır (2, 18, 19). Renkli DD ile incelenen hız, strain, strain hızı ve yer değiştirme son yıllarda kullanıma giren benek takibi yöntemi ile de yapılabilir. Ancak benek takibi yöntemi ile elde edilen verilerin hemen hepsi strain analizine dayanmaktadır. Benek takipli strain analizi ile longitüdinale senkronizasyon bozukluğu konusunda ise veriler kısıtlıdır. Senkronizasyon bozukluğunu göstermek için zaman hız eğrilerinde olduğu gibi QRS başlangıcından zirve strain değerine dek geçen süreler ölçülür ya bölgeler arasındaki zaman farkı ya da bölgesel sürelerin standart sapması hesaplanır (20). Bunun dışında strain ile çalışılırken zirve değerleri ile aort kapanması arasındaki gecikmeler ölçülerek gecikme indekslerinin hesaplanabildiği görülmektedir (21). Ayrıca aort kapandığındaki strain değeri ile zirve strain değeri arasındaki amplitüd farkı kaybedilen enerjinin bir ölçütüdür. Bölgesel gecikme ne kadar fazla ise amplitüd kaybı o kadar fazla olmaktadır. Dolayısıyla amplitüd kaybı aslında senkronizasyon bozukluğunun bir ölçütü olarak karşımıza çıkmaktadır ve KRT ile düzeldiği gösterilmiştir (22).

Sorunlu ventrikülde bölgesel hareket miktarı azalırken çekilme, itilme, burulma ve translasyon kaynaklı artefaktların artmasıyla sinyal gürültü oranının azalması ve dolayısıyla gerçek pik değerlerin ve hangi hareketin gerçek miyokard hareketi olduğunun ayırt edilememesi sık karşılaşılan bir sorundur. Bu nedenle yapılacak ölçümlerin güvenilirliği açısından çok dikkatli olmalı, renkli M mod eğrisinden elde edilen profil kılavuzluğunda yorum yapılmalı ve hatta mümkünse aynı noktadan elde edilen hız, strain ve strain hızı eğrileri karşılaştırılarak yorum yapılmalıdır. Özellikle dilate ve sferik ventrikül geometrisi nedeniyle bölgeler arası senkronizasyonun aynı kalp siklusunda karşılaştırılabilmesi için geniş bir sektör açısına ihtiyaç (>60°) duyulur. Bu da frame hızını azaltarak zamansal çözünürlüğün düşmesine neden olur. Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında doku Doppler görüntüleme ile senkronizasyon bozukluğunun değerlendirilmesi başlı başına bir eğitim süreci gerektirir. Bu süreç yüksek kalitede ve yüksek frame hızında (>90-100 /s) görüntülerin elde edilmesi, optimum kazanç ayarlarının yapılması, hareket vektörü ile ultrason hızı arasındaki açının mümkün olduğu kadar az tutulması (<30°), ilgi alanlarının seçimi ve yerleştirilmesi, zamana göre hız, strain, strain hızı eğrilerinin yorumlanması içermektedir. Nitekim PROSPECT çalışmasında senkronizasyon bozukluğu için ölçülen ekokardiyografi parametrelerinden hiçbiri KRT'ye cevabı öngörmede yeterli güce sahip bulunmamış ve verilerin kalitesi düşük, gözlemciler arası değişkenliği çok yüksek bulunmuştur (14). Dolayısıyla DD görüntülemenin başarı ile kullanılabilmesi için senkronizasyon bozukluğu analizlerinin yeterli deneymi kazanmış kişilerce yapılması gerekmektedir (23).

### 1. Radyal mekanik senkronizasyon bozukluğu

Ventrikül kontraksiyonu sadece uzun eksen hareketinden ibaret olmayıp, radyal, sirkumferansiyel ve rotasyonel hareketleri de içerir (Şekil 3). Bu nedenle sadece longitüdinale dissenkroni analizinin KRT'ye cevabı öngörmede optimal duyarlılığa ulaşması mümkün değildir. Radyal senkronizasyon bozukluğu M-mod, DD ve benek takibi yöntemleri ile incelenebilir.

### M-mod ekokardiyografi

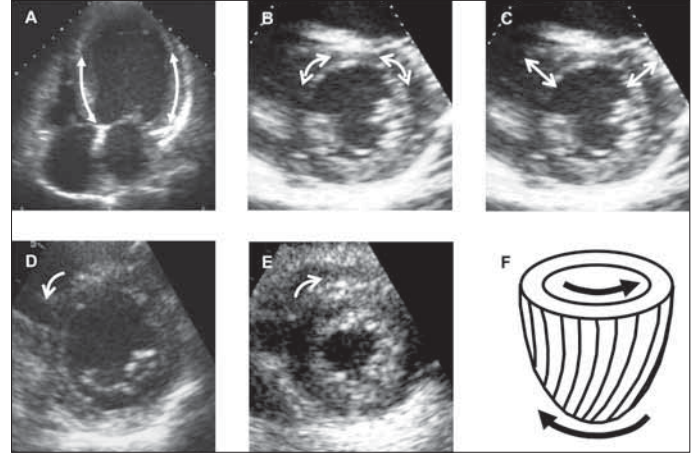
M-mod ekokardiyografi radyal mekanik senkronizasyon bozukluğunu göstermenin teknik olarak en basit yoludur. Parasternal kısa veya uzun ekseninde mid ventrikül seviyesinden M-mod kesit elde edilir. Sol ventrikül senkronizasyon bozukluğunun bir ölçütü olarak septum ve posteriyor duvar endokardininin kavite içine doğru hareketleri arasındaki gecikme ölçülür. Bu gecikmenin 130 ms'den daha fazla olmasının, iskemik olmayan dilate kardiyomyopati hastalarda sol ventrikül yeniden şekillenmesindeki geri dönüş ve klinik yarar için öngördürücü olduğu saptanmıştır (24, 25). Bu yöntem son derece basit, tüm cihazlar ile yapılabilir ve hızlı olmasına rağmen her zaman uygulanamaz. Septumun aktif kasılmasının bozulduğu ve hacim yüklü bir ventrikülden erken septal hareket karmaşık dinamik özellikleri yansıtır olabilir. Bazen birden fazla erken septal hareket olabilir ya da skar dokusunda olduğu gibi septum ya da posteriyor duvar hiç hareket etmiyor olabilir. Dolayısı ile bu gibi durumlarda septum hareketi değerlendirilemez. Öte yandan M-mod kesiti ventrikülün çok sınırlı bir bölgesini yansıtır. Nitekim sonradan, CONTACT çalışmasının bir alt grubunda ve PROSPECT çalışmasında bu yöntemin kısıtlılıkları ön plana çıkmış ve M-mod ile belirlenen septum-posteriyor duvar gecikmesinin KRT'ye cevabı öngörmede güvenilir bir gösterge olmadığı, gözlemciler arası değişkenliğinin yüksek olduğu saptanmıştır (14, 26). Yine de bu yöntemin diğer miyokard görüntüleme yöntemlerini tamamlayıcı olarak kullanılması önerilebilir.

### Renkli doku Doppler görüntüleme

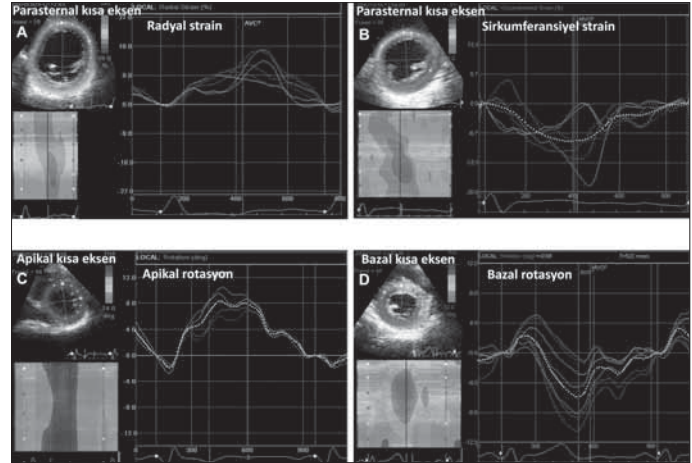
Renkli DD açılı bağımlı oluşu nedeniyle kısa ekseninde sadece anteroseptum ve posteriyor duvarın radyal hareketinin incelenmesine elverişlidir. Fakat bazı özel açılı düzeltme algoritmaları ile kısa ekseninde radyal mekanik senkronizasyon bozukluğunun incelenebileceğini gösteren kısıtlı sayıda çalışma vardır (27, 28). Genel olarak DD teknikleri kısa eksen hareketini etraflıca incelemek için uygun değildir.

### Benek takibi (speckle tracking)

Benek takibi analiz yöntemi miyokarddaki ultrasonografik benekleri rutin 2 boyutlu gri skala görüntülerinde doğrudan takip ederek duvarın kalınlaşma (uzama) ya da incelme (kısalma) hareketini sayısal olarak değerlendirmeye yarar. Doppler açısından bağımsız bir yöntem olduğu için kısa eksenindeki tüm bölgeleri incelemeye imkân verir. Bu nedenle kısa eksen hareketlerini (radyal, sirkumferansiyel ve rotasyonel) incelerken benek takibi yönteminin kullanılması daha uygundur (Şekil 4). Kısa eksen benek takibi yöntemi ile radyal mekanik senkronizasyon bozukluğunun incelenmesine yönelik ilk deneyimler, bu yöntem ile segmentlerin %96'sında dissenkroni analizinin yapılabildiğini ve bu yöntem ile saptanan radyal senkronizasyon bozukluğunun (anteroseptum ile posteriyor duvar arası) KRT'ye cevabı öngörmede %89 duyarlı ve %83 özgül olduğunu ortaya koymuştur (29). Benek takibi yöntemi ile senkronizasyon bozukluğuna dayalı kanıtların hemen hepsi strain analizi ile elde edilmiştir. Yukarıda da bahsedildiği gibi strain analizlerinde ejeksiyon süresi ile sınırlandırma söz konusu değildir. Gerek zirve değerler arasındaki



Şekil 3. Miyokardın A) longitudinal, B) sirkumferansiyel, C) radyal, D) bazal rotasyon, E) apikal rotasyon ve F) burulma hareketleri



Şekil 4. Benek takibi yöntemi ile elde edilen A) bölgesel radyal strain, B) bölgesel sirkumferansiyel strain, C) apikal rotasyon ve D) bazal rotasyon eğrileri

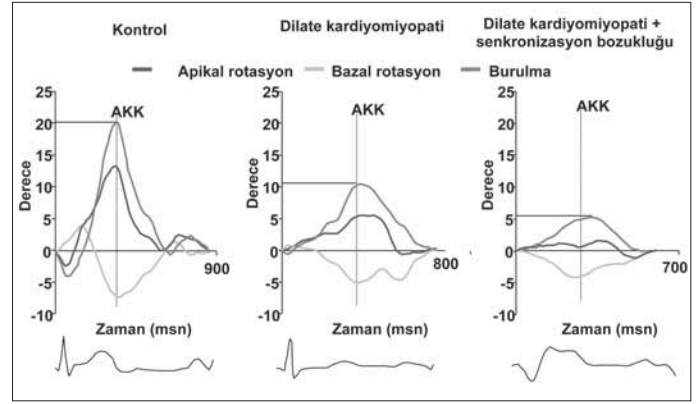
gecikmeler ölçülerek, gerek bölgesel gecikmelerin standart sapması hesaplanarak, gerekse aort kapanma anı ile zirve strain arasındaki gecikmeler ölçülerek senkronizasyon bozukluğu değerlendirilir. Anlamlı kabul edilen anteroseptum ile posteriyor duvar arasındaki gecikme sınırı 130 ms'dir. Ancak radyal dissenkroni için 6 kısa eksen bölgesinin gecikmesinden elde edilen standart sapma için çalışmalarda birden çok sınır değer ileri sürülmüştür (30, 31). İki merkezli bir çalışmada da KRT'ye cevabı öngörmede radyal senkronizasyon bozukluğunun DD ile gösterilen longitudinal senkronizasyon bozukluğuna aditif olduğu saptanmıştır (32). Bazı hastalarda sadece radyal ya da sadece longitudinal senkronizasyon bozukluğu saptanabilmektedir. Bu hastaların çoğunluğu iskemik kardiyomyopati olan hastalardır ve KRT'ye cevap oranları her iki tipte mekanik senkronizasyon bozukluğu olanlara göre daha düşüktür. Kardiyak resenkronizasyon tedavisine cevabı öngörmede benek takibi ile yapılan strain analizleri içerisinde radyal strainin en iyi yöntem olduğu ileri sürülmektedir (31, 32). Bunda kısmen, benek takibi ile hesaplanan radyal strain değerlerinin gözlemciler arası değişkenliğinin daha düşük olması, normal ve hastalara ait değer aralıklarının

daha az örtüşüyor olmasının rolü bulunmaktadır. Ayrıca apikal görüntülerde çalkalanma hareketi sergileyen ventriküllerde radyal hareket bölgesel kontraksiyon anormalliğini longitudinal hareketten daha iyi yansıtır (33).

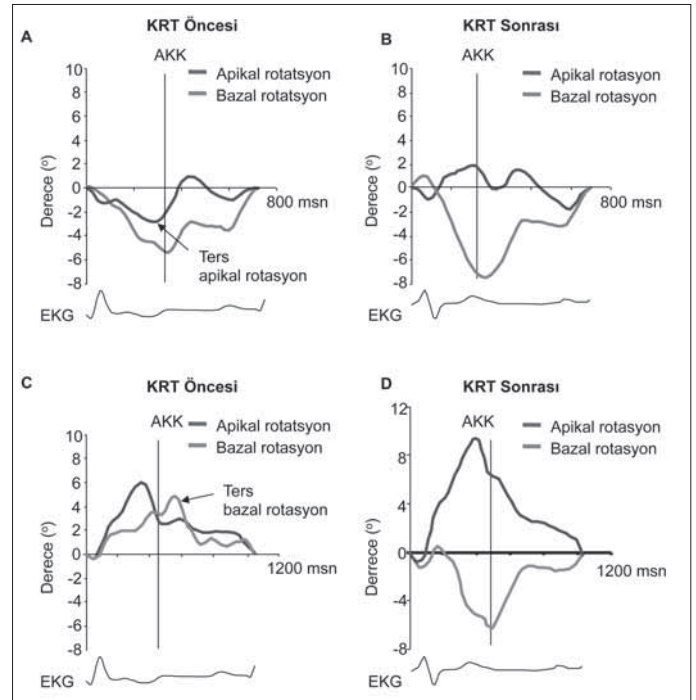
## 2. Sirkumferansiyel ve rotasyonel senkronizasyon bozukluğu

Sol ventrikülün endokardiyal ve epikardiyal tabakasında longitudinal lifler birbirine ters oblik uzanım gösterir. Orta tabakada ise esas olarak radyal kontraksiyondan sorumlu olan dairesel lifler yer alır (34). Sadece duvarlar ve segmentler arasında değil aynı segmentte radyal, sirkumferansiyel ve longitudinal kasılma farklılık gösterebilir. Böylece miyokard kontraksiyonu karmaşık 3 boyutlu bir hareket ortaya koyar. Her kontraksiyonun hem longitudinal hem radyal hem de sirkumferansiyel bileşeni vardır. Ayrıca her kontraksiyon sırasında sol ventrikülün apeksi ve tabanı birbirinin aksi yönde dönme hareketi yapar (apeks saatin tersi yönünde, taban ise saat yönünde). Böylece apeks ile taban arasında bir burulma hareketi meydana gelir ki bu hareket tüm bu bileşenlerin bir ürünü olarak ortaya çıkar. Sirkumferansiyel ve rotasyonel senkronizasyon bozukluğunu incelemek için DD uygun bir teknik değildir ancak benek takibi kullanılabilir. Benek takibi tekniği ile yapılan sirkumferansiyel strain ve longitudinal strain ile dissenkroni analizleri ise KRT'ye cevabı öngörmede radyal strain kadar tutarlı sonuçlar vermemiştir (30, 35).

Sirkumferansiyel ve radyal deformasyonun farklı bir boyutu olan rotasyon ve burulma hareketi de senkronizasyon bozukluğundan etkilenmektedir. Senkronizasyon bozukluğu kısa ekseninde apikal ve bazal rotasyonun eşgüdümünü bozarak sol ventrikül burulma hareketini senkronizasyon bozukluğu olmayan dilate kardiyomiopati hastalarına göre daha da azaltmaktadır (36, 37) (Şekil 5). Apeks ve bazal bölge arasındaki rotasyonel senkronizasyon bozukluğu ve burulma amplitüdünün kaybı KRT'ye cevabı öngörmede radyal dissenkroni kadar belirleyici bulunmuştur (37). Bazı hastalarda ise senkronizasyon bozukluğu apikal rotasyonun ters dönmesi şeklinde karşımıza çıkar ve KRT'den yarar gören hastalarda bu rotasyonun normale döndüğü gözlenmiştir (38) (Şekil 6). Senkronizasyon bozukluğuna bağlı anormal rotasyon hareketleri iki yönden önem taşır: 1) Doku Doppler ile göz ardı edilen apikal hareketin incelenerek sol ventrikül mekaniği hakkında daha tam bilgi sağlanması, 2) Doku Doppler ile yapılan longitudinal senkronizasyon bozukluğunu tamamlayıcı olması açısından KRT'ye cevabı öngörmede önem taşıyabilir. Dilate kardiyomiopati hastalarında sol ventrikül diyastol sonu çapı ile ilintili olarak saat yönünde bir longitudinal rotasyon hareketi ortaya çıkmaktadır. Sağlıklı bireylerde böyle bir longitudinal rotasyon olmaz. İskemik dilate kardiyomiopati hastalarında ise bu rotasyon hareketi ya hiç olmamakta ya da saatin ters yönünde olmaktadır. Bu rotasyon hareketi QRS süresinden bağımsız fakat septal ve lateral duvar longitudinal strain güçlerindeki dengenin septum aleyhinde bozulması ile ilişkili gibi görünmektedir. (39) Rotasyon bozukluğunun ortaya çıkabilmesi için asenkron bölgelerin komşuluk göstermesi yani kümelenmiş olması gerekir. Aksi takdirde ventrikül çevresinde darmadağın asenkron bölgeler olursa net hareket vektörü rotasyon bozukluğu yaratmaz ama bölgesel gecikmelerin standart sapmasına dayalı indeksler



Şekil 5. Senkronizasyon bozukluğunun sol ventrikül burulmasına etkisi: Apikal ve bazal rotasyonların eşgüdümünün bozulması ve burulma hareketindeki belirgin amplitüd kaybı



Şekil 6. Senkronizasyon bozukluğu ile görülebilen A) ters apikal rotasyon, C) ters bazal rotasyon, ve B, D) KRT ile bunların düzelmesi

AKK - Aort kapak kapanması, KRT - kardiyak resenkronizasyon tedavisi

asenkron bölgelerin dağılımına bakmaksızın yüksek bulunur (35). Oysa asenkron bölgelerin dağınık yerleşim göstermesi KRT'ye cevabı olumsuz etkileyebilir ve uygun lead yerleşimini güçleştirir. Belki de bu yüzden KRT'ye cevap için rotasyonel senkronizasyon bozukluğu DD temelli longitudinal senkronizasyon bozukluğundan daha iyi bir öngördürücü olarak bulunmuştur (37). Ancak benek takipli strain ve rotasyon analizleri DD hız görüntülemesi ile yapılan dissenkroni analizleri gibi yaygın olarak test edilmiştir. Bu nedenle rutin klinik uygulamaları kısıtlıdır.

İki bin sekiz yılında ASE senkronizasyon bozukluğunun değerlendirilmesi ile ilgili bir uzman uzlaşısı raporu yayımlamıştır (40). Bu raporda sol ventrikül yeniden şekillenmesindeki geri dönüşü ve ejeksiyon fraksiyonundaki artışı öngördürücü olarak

longitudinal hız (renkli DD ile) ve radyal strain (benek takibi ile) ile dissenkroni analizi yapılması önerilmektedir. ASE, doku Doppler hız görüntüleme ile longitudinal dissenkroni ve 2 boyutlu strain ile radyal dissenkroni analizinin birbirini tamamlayıcı olarak mümkünse birlikte kullanılmasını önermektedir.

### 3. Gelecekte beklenenler

Senkronizasyon bozukluğu karmaşık 3 boyutlu mekanik bir olaydır ve tek boyutlu incelemeler ile yeterli sonuçlar almak mümkün görünmemektedir. Longitudinal, radyal, sirkumferansiyel ya da rotasyonel senkronizasyon bozuklukları birbirini tamamlayıcı olduğunu düşünmek en doğrusudur. Bu durumda dissenkroni görüntülemesinin geleceği 3 boyutlu ekokardiyografide yatmaktadır.

**Çıkar çatışması:** Bildirilmemiştir

### Kaynaklar

- Bleeker GB, Schalij MJ, Molhoek SG, Verwey HF, Holman ER, Boersma E, et al. Relationship between QRS duration and left ventricular dyssynchrony in patients with end-stage heart failure. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004; 15: 544-9.
- Sade LE, Kanzaki H, Severyn D, Dohi K, Gorcsan J 3rd. Quantification of radial mechanical dyssynchrony in patients with left bundle branch block and idiopathic dilated cardiomyopathy without conduction delay by tissue displacement imaging. *Am J Cardiol* 2004; 94: 514-8.
- Mollema SA, Bleeker GB, van der Wall EE, Schalij MJ, Bax JJ. Usefulness of QRS duration to predict response to cardiac resynchronization therapy in patients with end-stage heart failure. *Am J Cardiol* 2007; 100: 1665-70.
- Kass DA. Predicting cardiac resynchronization response by QRS duration: the long and short of it. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 2125-7.
- Bax JJ, Marwick TH, Molhoek SG, Bleeker GB, van Erven L, Boersma E, et al. Left ventricular dyssynchrony predicts benefit of cardiac resynchronization therapy in patients with end-stage heart failure before pacemaker implantation. *Am J Cardiol* 2003; 92: 1238-40.
- Leclercq C, Faris O, Tunin R, Johnson J, Kato R, Evans F, et al. Systolic improvement and mechanical resynchronization does not require electrical synchrony in the dilated failing heart with left bundle-branch block. *Circulation* 2002; 106: 1760-3.
- Grines CL, Bashore TM, Boudoulas H, Olson S, Shafer P, Wooley CF. Functional abnormalities in isolated left bundle branch block. The effect of interventricular asynchrony. *Circulation* 1989; 79: 845-53.
- Penicka M, Bartunek J, De Bruyne B, Vanderheyden M, Goethals M, De Zutter M, et al. Improvement of left ventricular function after cardiac resynchronization therapy is predicted by tissue Doppler imaging echocardiography. *Circulation* 2004; 109: 978-83.
- Bax JJ, Bleeker GB, Marwick TH, Molhoek SG, Boersma E, Steendijk P, et al. Left ventricular dyssynchrony predicts response and prognosis after cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 1834-40.
- Gorcsan J 3rd, Kanzaki H, Bazaz R, Dohi K, Schwartzman D. Usefulness of echocardiographic tissue synchronization imaging to predict acute response to cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2004; 93: 1178-81.
- Yu CM, Chau E, Sanderson JE, Fan K, Tang MO, Fung WH, et al. Tissue Doppler echocardiographic evidence of reverse remodeling and improved synchronicity by simultaneously delaying regional contraction after biventricular pacing therapy in heart failure. *Circulation* 2002; 105: 438-45.
- Yu CM, Fung WH, Lin H, Zhang Q, Sanderson JE, Lau CP. Predictors of left ventricular reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy for heart failure secondary to idiopathic dilated or ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2003; 91: 684-8.
- Yu CM, Gorcsan J 3rd, Bleeker GB, Zhang Q, Schalij MJ, Suffoletto MS, et al. Usefulness of tissue Doppler velocity and strain dyssynchrony for predicting left ventricular reverse remodeling response after cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2007; 100: 1263-70.
- Chung ES, Leon AR, Tavazzi L, Sun JP, Nihoyannopoulos P, Merlino J, et al. Results of the Predictors of Response to CRT (PROSPECT) trial. *Circulation* 2008; 117: 2608-16.
- Breithardt OA, Stellbrink C, Herbots L, Claus P, Sinha AM, Bijnens B, et al. Cardiac resynchronization therapy can reverse abnormal myocardial strain distribution in patients with heart failure and left bundle branch block. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 486-94.
- Søgaard P, Egeblad H, Kim WY, Jensen HK, Pedersen AK, Kristensen BØ, et al. Tissue Doppler imaging predicts improved systolic performance and reversed left ventricular remodeling during long-term cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 723-30.
- Yu CM, Fung JW, Zhang Q, Chan CK, Chan YS, Lin H, et al. Tissue Doppler imaging is superior to strain rate imaging and postsystolic shortening on the prediction of reverse remodeling in both ischemic and nonischemic heart failure after cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 2004; 110: 66-73.
- Yu CM, Zhang Q, Chan YS, Chan CK, Yip GW, Kum LC, et al. Tissue Doppler velocity is superior to displacement and strain mapping in predicting left ventricular reverse remodeling response after cardiac resynchronization therapy. *Heart* 2006; 92: 1452-6.
- Søgaard P, Egeblad H, Kim WY, Jensen HK, Pedersen AK, Kristensen BØ, et al. Tissue Doppler imaging predicts improved systolic performance and reversed left ventricular remodeling during long-term cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 723-30.
- Mele D, Toselli T, Capasso F, Stabile G, Piacenti M, Piepoli M, et al. Comparison of myocardial deformation and velocity dyssynchrony for identification of responders to cardiac resynchronization therapy. *Eur J Heart Fail* 2009; 11: 391-9.
- Porciani MC, Lilli A, Macioce R, Cappelli F, Demarchi G, Pappone A, et al. Utility of a new left ventricular asynchrony index as a predictor of reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J* 2006; 27: 1818-23.
- Lim P, Buakhamsri A, Popovic ZB, Greenberg NL, Patel D, Thomas JD, et al. Longitudinal strain delay index by speckle tracking imaging: a new marker of response to cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 2008; 118: 1130-7.
- Yu CM, Bax JJ, Gorcsan J 3rd. Critical appraisal of methods to assess mechanical dyssynchrony. *Curr Opin Cardiol* 2009; 24: 18-28.
- Pitzalis MV, Iacoviello M, Romito R, Massari F, Rizzon B, Luzzi G, et al. Cardiac resynchronization therapy tailored by echocardiographic evaluation of ventricular asynchrony. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 1615-22.
- Pitzalis MV, Iacoviello M, Romito R, Guida P, De Tommasi E, Luzzi G, et al. Ventricular asynchrony predicts a better outcome in patients with chronic heart failure receiving cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 65-9.
- Marcus GM, Rose E, Vilorio EM, Schafer J, De Marco T, Saxon LA, et al. VENTAK CHF/CONTAK-CD Biventricular Pacing Study Investigators. Septal to posterior wall motion delay fails to predict reverse remodeling or clinical improvement in patients undergoing cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 2208-14.
- Dohi K, Pinsky MR, Kanzaki H, Severyn D, Gorcsan J 3rd. Effects of radial left ventricular dyssynchrony on cardiac performance using

- quantitative tissue Doppler radial strain imaging. J Am Soc Echocardiogr 2006; 19: 475-82.
28. Dohi K, Suffoletto MS, Schwartzman D, Ganz L, Pinsky MR, Gorcsan J 3rd. Utility of echocardiographic radial strain imaging to quantify left ventricular dyssynchrony and predict acute response to cardiac resynchronization therapy. Am J Cardiol 2005; 96: 112-6.
  29. Suffoletto MS, Dohi K, Cannesson M, Saba S, Gorcsan J 3rd. Novel speckle-tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy. Circulation 2006; 113: 960-8.
  30. Delgado V, Ypenburg C, van Bommel RJ, Tops LF, Mollema SA, Marsan NA, et al. Assessment of left ventricular dyssynchrony by speckle tracking strain imaging comparison between longitudinal, circumferential, and radial strain in cardiac resynchronization therapy. J Am Coll Cardiol 2008; 51: 1944-52.
  31. Bank AJ, Kaufman CL, Kelly AS, Burns KV, Adler SW, Rector TS, et al. PROMISE-CRT Investigators. Results of the Prospective Minnesota Study of ECHO/TDI in Cardiac Resynchronization Therapy (PROMISE-CRT) study. J Card Fail 2009; 15: 401-9.
  32. Gorcsan J 3rd, Tanabe M, Bleeker GB, Suffoletto MS, Thomas NC, Saba S, et al. Combined longitudinal and radial dyssynchrony predicts ventricular response after resynchronization therapy. J Am Coll Cardiol 2007; 50: 1476-83.
  33. Anderson LJ, Miyazaki C, Sutherland GR, Oh JK. Patient selection and echocardiographic assessment of dyssynchrony in cardiac resynchronization therapy. Circulation 2008; 117: 2009-23.
  34. Greenbaum RA, Ho SY, Gibson DG, Becker AE, Anderson RH. Left ventricular fiber architecture in man. Br Heart J 1981; 45: 248-63.
  35. Helm RH, Leclercq C, Faris OP, Öztürk C, McVeigh E, Lardo AC, et al. Cardiac dyssynchrony analysis using circumferential versus longitudinal strain: implications for assessing cardiac resynchronization. Circulation 2005; 111: 2760-7.
  36. Sade LE, Demir O, Atar I, Kaynar G, Müderrisoğlu H, Özün B. LV twist in dilated cardiomyopathy: effect of dyssynchrony and cardiac resynchronization therapy. Eur J Echocardiogr 2007; (Suppl) 8: S65.
  37. Sade LE, Demir O, Atar I, Müderrisoğlu H, Özün B. Effect of mechanical dyssynchrony and cardiac resynchronization therapy on left ventricular rotational mechanics. Am J Cardiol 2008; 101: 1163-9.
  38. Sade LE, Demir Ö, Özün B, Eroğlu S, Pirat B, Atar I, et al. Regional left ventricular rotation is altered by mechanical dyssynchrony and predicts reverse remodelling to cardiac resynchronization therapy. Eur Heart J 2008; 29: S725.
  39. Popović ZB, Grimm RA, Ahmad A, Agler D, Favia M, Dan G, et al. Longitudinal rotation: an unrecognised motion pattern in patients with dilated cardiomyopathy. Heart. 2008; 94: e11.
  40. Gorcsan J 3rd, Abraham T, Agler DA, Bax JJ, Derumeaux G, Grimm RA, et al. American Society of Echocardiography Dyssynchrony Writing Group. Echocardiography for cardiac resynchronization therapy: recommendations for performance and reporting--a report from the American Society of Echocardiography Dyssynchrony Writing Group endorsed by the Heart Rhythm Society. J Am Soc Echocardiogr 2008; 21: 191-213.

## DÜZELTME ERRATUM

Dergimizin Aralık 2009 sayısında Zoghi M ve ark. Akut kalp yetersizliğine algoritmalarla pratik yaklaşım. Anadolu Kardiyol Derg 2009; 9: 436-46 isimli makalesinde yazarların düzeltmeleri aşağıdaki gibidir:

1) Sayfa 437, 5. paragraf, 1. satır:

“Hipotansif (sistolik kan basıncı (SKB) >90 mmHg..” - “Hipotansif (sistolik kan basıncı (SKB) <90 mmHg” olarak okunması gerekir.

2) Sayfa 443 Tablo 4:

“Dinamik LVOT darlığı” satırı “İleri Tedavi” sütunu: “Verilecek İnotroplar” - “Verilecek Beta-bloker” olarak okunması gerekir.