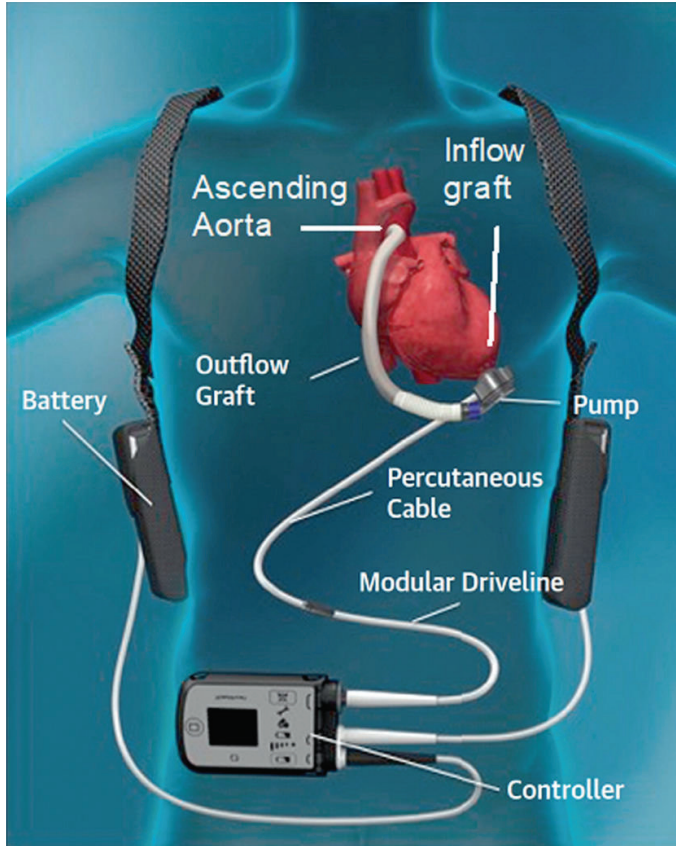


## Sol Ventrikül Destek Cihazı Olan Hastalarda Ekokardiyografi

**S**on dönem kalp yetmezliği (KY) hastalarında, kalp nakli altın standart tedavi olarak kabul edilir. Ancak, ideal bir tedavi olmasına rağmen, uzun bekleme sürelerine yol açan donör eksikliği, bu hastalar arasında yüksek bir mortaliteye neden olmaktadır. Sol ventrikül destek cihazı (LVAD), kalp nakline köprü oluşturmak, adaylık için köprü oluşturmak, iyileşme için köprü oluşturmak veya kalıcı tedavi olarak mekanik destek sağlamak için iyi bir seçenektir. KY tedavisine yanıt vermeyen hastalar, kalp dolaşımını haftalar veya yıllar boyunca destekleyebilen ve aynı zamanda yaşam kalitesini ve organ fonksiyonlarını iyileştirebilen LVAD'lerden faydalanabilirler.<sup>565-568</sup>

Günümüzde üç nesil LVAD bulunmaktadır. Birinci nesil cihazlar, HeartMate I, Novacor ve Thoratec; geniş cerrahi diseksiyon gerektiren, yüksek enfeksiyon oranına sahip pulsatil akışlı pompalardır ve



Şekil 94. LVAD sisteminin parçaları  
LVAD; sol ventrikül destek cihazı Abbott firmasından yayınlanması için izin alınmıştır.

**Tablo 30. LVAD adaylarının ameliyat öncesi ekokardiyografik değerlendirmesi**

- SV ve sağ ventrikül boyutları
- SV ve sağ ventrikül sistolik fonksiyonu
- Sol atrium hacmi, mitral anulus çapı, yaprakçıkların ve papiller kasların geometrisi ve mitral yetmezliği derecesi
- Diyastolik fonksiyon
- Triküspit yetmezliği derecesi, triküspit kapak anulus çapı ve pulmoner arter sistolik basınç
- Aort kapak morfolojisi, aort yetmezliği derecesi ve çıkan aortun boyutu
- Trombüsler
- Şantlar

SV, Sol Ventrikül.

**Tablo 31. Preimplantasyon TTE/TEE'de İzlenen Yüksek Riskli (red-flag) Bulgular****Sol Ventrikül ve İnterventriküler Septum**

- Küçük sol ventrikül boyutu, özellikle artmış sol ventrikül trabekülasyonu
- Sol ventrikül trombüsü
- Sol ventrikül apikal anevrizması
- Ventriküler septal defekt

**Sağ Ventrikül**

- Sağ ventrikül dilatasyonu
- Sağ ventrikül sistolik disfonksiyonu

**Atriumlar, İnteratriyal Septum ve İnteratriyal Vena Kava**

- Sol atriyal apendiks trombüsü
- Patent foramen ovale veya atriyal septal defekt

**Valvüler Anormallikler**

- Protez kapak (özellikle mekanik aort veya mitral)
- > hafif aort yetmezliği
- ≥ orta mitral stenoz
- ≥ orta triküspit yetmezliği veya > hafif triküspit darlık
- > hafif pulmoner darlık; ≥ orta pulmoner yetmezlik

**Diğer**

- Herhangi bir konjenital kalp hastalığı
- Aort patolojisi: anevrizma, diseksiyon, aterom, koarktasyon
- Diğer şantlar: patent duktus arteriyozus, intrapulmoner
- Mobil kitle

SV, Sol ventrikül.

iri yapılı insanlar için daha uygundur.<sup>566,569</sup> İkinci nesil cihazlar, HeartMate II ve Jarvik, sürekli akışlı pompalardır ve birinci nesil cihazlara kıyasla daha dayanıklı, daha küçük, implantasyonu daha kolay, daha düşük oranda drenaj hattı (drive-line) enfeksiyonlarına sahip cihazlardır.<sup>569,570</sup> HeartWare ve HeartMate III ise sürekli akışlı santrifüj pompası olan üçüncü nesil cihazlardır ve hemoliz veya tromboz riski (HeartWare'de HeartMate III'e kıyasla daha yüksekti) diğer jenerasyonlara kıyasla daha düşüktür, cerrahi implantasyonu kolaydır ve uzun ömürlüdürler (5 ila 10 yıl).<sup>569,571</sup>

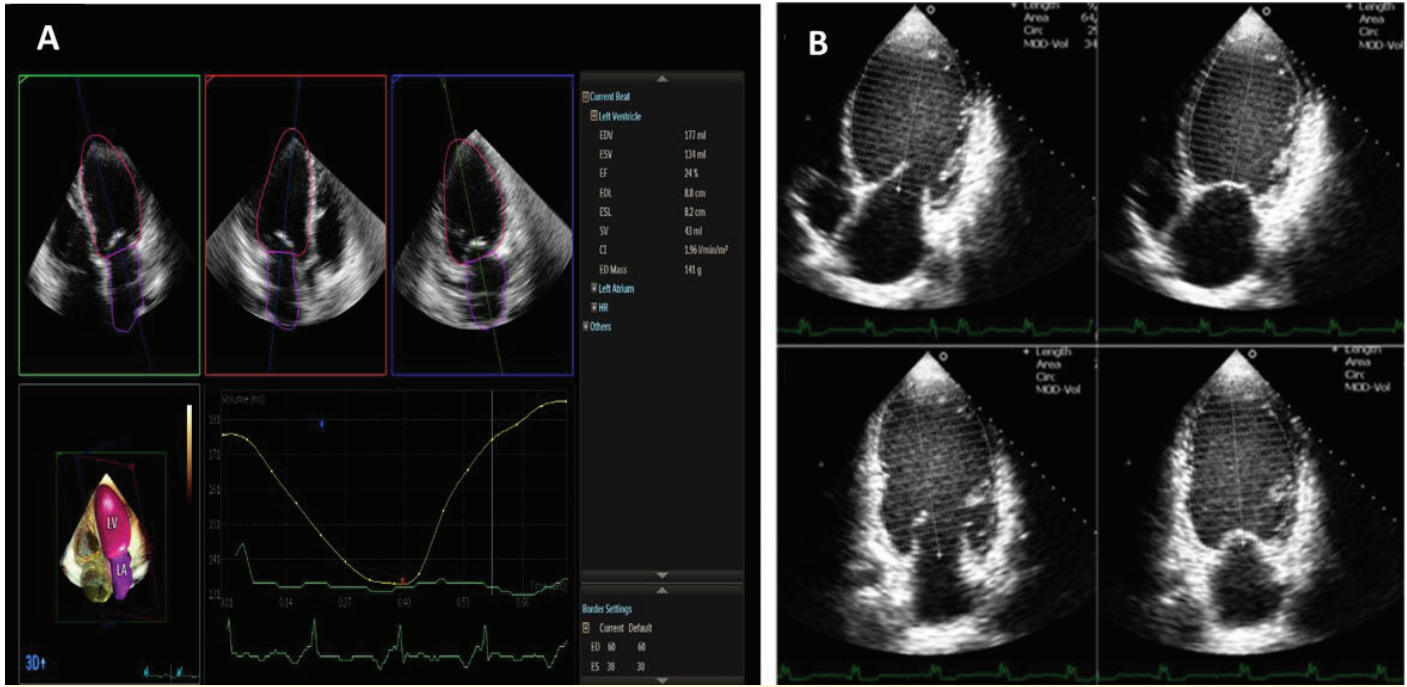
LVAD'lerin temel yapısı ilk geliştirildiklerinden beri pek değişmemiştir (Şekil 94). Mevcut sürekli akımlı LVAD'ler, intrakorporeal (inflow kanülü, outflow kanülü ve rotor/mechanik impeller) ve ekstrakorporeal bileşenlere (kontrol monitörü) sahiptir. Inflow kanül sol ventrikülün (LV) apeksine yerleştirilir ve kanı LV'den mekanik impellere taşır. Outflow kanül, en yaygın olarak, çıkan aortanın sağ anterior bölümüne veya daha nadir olarak inen aortaya anastomoz edilir. Mekanik impeller, diyastol ve sistol boyunca inflow kanülünden kanı çeker ve outflow kanülü aracılığıyla çıkan aortaya taşır. Kontrol monitörü, pompadan işlem

verileri alır ve pompa işlevi hakkında bilgi sağlar. Bu monitör birçok LVAD ile ilgili parametreye sahiptir ve cihaz alarmlarını tetikleyebilir.<sup>569</sup>

Transtoraksal ekokardiyografi (TTE), preoperatif dönemde uygun aday seçiminde, LVAD implantasyonu sırasında kılavuzluk, komplikasyonların tespiti ve uzun vadeli takip için en önemli ve ilk basamak görüntüleme aracıdır. Transözefageal ekokardiyografi (TEE), TTE'nin teknik olarak yeterli olmadığı durumlarda (örn. zayıf ekojeniteye sahip hastalarda, kapak fonksiyonlarının detaylı değerlendirmesinde, interatriyal şantın tespitinde veya perioperatif değerlendirmede) kullanılır.<sup>572,573</sup>

**I-LVAD Hastalarında Operasyon Öncesi Değerlendirme**

LVAD implantasyonu öncesi kalp yapısı ve fonksiyonunun ekokardiyografik değerlendirmesi iki temel amaca sahiptir: 1) KY'li bir hastada LVAD tedavisinin uygun olup olmadığını değerlendirmek ve 2) Cerrahi sonrası komplikasyonları öngörebilecek kardiyak anormallikleri tespit etmek. LVAD öncesi ekokardiyografide sol ve sağ kalp yapısı ve fonksiyonları, kapak fonksiyonları, intrakardiyak trombüsün ve şantın olup olmadığı detaylı bir şekilde incelenme-



**Şekil 95. Sol ventrikül volümleri ve sol ventrikül EF ölçümleri; (A): 3B-TTE; (B): Modifiye Biplan Simpson's yöntemi. 3B-TTE, üç boyutlu transtorasik ekokardiyografi; LV, sol ventrikül; LVEF, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu.**

lidir. Ayrıca LVAD açısından yüksek riskli ekokardiyografik bulgular değerlendirilmelidir (Tablo 30, 31).<sup>572,574</sup>

### Sol Ventrikül Fonksiyonu

**Sol Ventrikül Ejeksiyon Fraksiyonu (LVEF) ve LV Boyutları:** LVAD kararı hastanın sadece düşük LVEF'ye sahip olması yeterli değildir, diğer klinik parametreler de dikkate alınmalıdır. Kılavuzlar uzun süreli LVAD tedavisinde hastanın klinik durumunun (semptomu, inotrop bağımlılığı, geçici dolaşım desteğinde olmayı) LVEF'den daha önemli olduğunu vurgulamaktadır.<sup>568</sup> Yine de LVEF, LVAD adayları için çok önemli bir klinik risk faktörüdür. LVAD sonrası sağ ventrikül (RV) yetersizliği ile ilgili çok önemli risk skorlarında LVEF en önemli parametrelerden biridir. Kesin bir LVEF alt değeri olmamasına rağmen, LVAD adaylarının genellikle LVEF'leri %25-30 civarındadır. Kılavuzlara göre, LVEF'si < %35 olan bir hastada tetikte olunması ve gerekli klinik durumda ileri KY merkezine yönlendirilmesi gerekmektedir.<sup>568</sup>

LVEF ve LV boyutlarının ölçümü, önceki kılavuzların önerisine göre yapılmalıdır.<sup>2</sup> Görüntüleme koşulları izin verdiği sürece, LVEF'yi ve LV hacimlerini belirlemek için üç boyutlu (3B) değerlendirme kullanılmalıdır; aksi takdirde, iki boyutlu (2B) görüntülerden elde edilen biplan modifiye Simpson's yöntemi kullanılmalıdır (Şekil 95, Video 17).<sup>4,575</sup> Özellikle LV endokardiyal sınırları net değilse "microbubble" kontrast madde uygulanmalıdır.<sup>576</sup> LVAD adaylarında LVEF'ye ek olarak, 2B parasternal uzun ekseninden elde edilen LV diyastol sonu çapı (LVDSÇ) önemli bir ölçümdür. LVAD'li hastalarda preoperatif ve postoperatif LVDSÇ'nin karşılaştırılması, LVAD sonrası LV 'unloading'in derecesini belirlemede çok pratik bir yöntemdir. LV 'unloading'i göstermede preoperatif ve postoperatif LV end diyastolik volüm (LVEDV) ölçümü, LVDSÇ ölçümünden daha iyidir. Ancak bu volümetrik ölçümün erken postoperatif dönemde elde edilmesi çok zor ola-

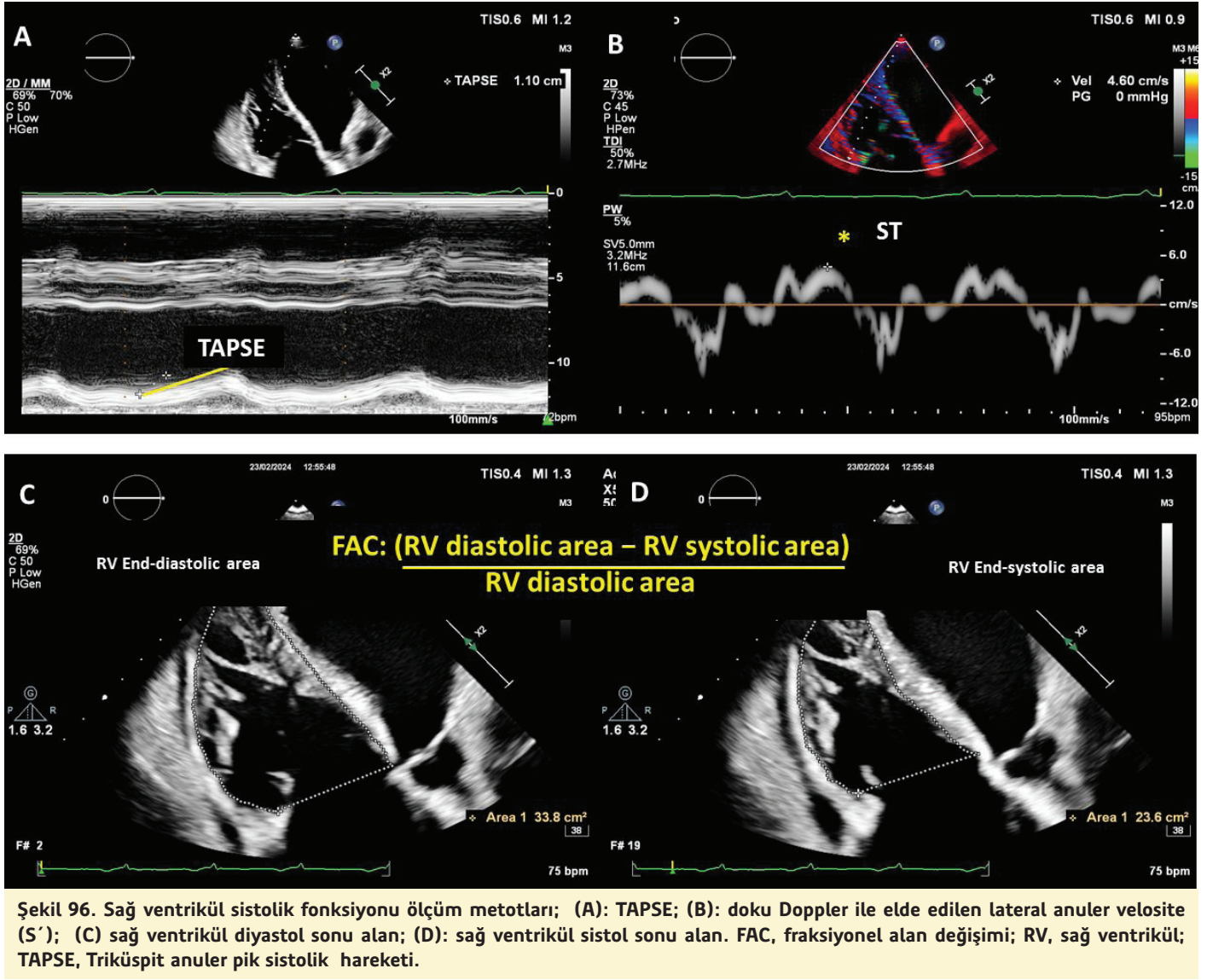
bilir. LVAD implantasyonu öncesi LV boyutlarının küçük olması ve LVEF'nin yüksek olması implantasyon sonrası kötü sonlanımla ilişkilendirilmiştir. Küçük bir LV çapı her zaman LVAD implantasyonunu engellemez; ancak, LVDSÇ'nin < 63 mm olan hastalarda, LVAD implantasyonunu takiben 30 günlük mortalite ve morbidite oranları daha yüksektir.<sup>577</sup> İnfiltratif kardiyomiyopatisi olan hastalar ve daha küçük vücut alanına sahip kadın hastalar, küçük LV çaplarına sahiptir. Bu nedenle bu hastalarda LV 'unloading'i sırasında interventriküler septal (IVS) kaymalar (septal shift) ve 'suction' ve bunlara bağlı olarak da cihazın giriş kanülünün tıkanması daha fazladır.<sup>572,573,578,579</sup>

### Sağ Kalp Fonksiyonları

RV yetmezliği, LVAD implantasyonunun en yaygın ve sıkıntılı sonuçlarından biridir. Çünkü RV yetmezliği LVAD debisinde azalmaya neden olur.<sup>578</sup> LV debisinin artmasına bağlı oluşan septal 'shift' ve sağ kalbin ön yükünün artması LVAD sonrası sağ ventrikül fonksiyonlarını bozar. Hasta seçimini ve sonuçları iyileştirmek için, hangi hastaların postoperatif dönemde RV yetmezliği riski altında olduğunu anlamak önemlidir. Bununla ilgili birçok çalışma gerçekleştirilmiştir ancak bu çalışmaların sonuçları tutarsızdır. Bu durum, KY merkezlerinde LVAD implantasyonu için farklı hasta özelliklerinin seçilmiş olması, LVAD sonrası gelişen RV yetmezliği için evrensel bir tanımın hala olmaması veya çalışmaların küçük örneklem büyüklüğüne sahip olması nedeniyle olabilir.<sup>578,579</sup>

RV yetmezliği ile ilişkilendirilen birçok ekokardiyografik parametreler bulunmasına rağmen bu parametrelerin çoğu LVAD sonrası RV disfonksiyonunu predikte etmede tek başına yetersiz olduğunu bilmek gerekir. Ekokardiyografik bulgular hastanın klinik bulguları ve semptomları, sağ kalp kateterizasyonunun bulguları ile birleştirilmelidir. Sağ kalp fonksiyonlarını değerlendirmek için





birden fazla akustik pencere kullanılmalıdır. Ayrıca, tek bir kontraktilite indeksi, RV performansını mükemmel bir şekilde açıklamadığından, çeşitli parametrelerin ölçülmesi gereklidir.<sup>572,573,579</sup>

### Sağ Kalbin Anatomik Parametreleri

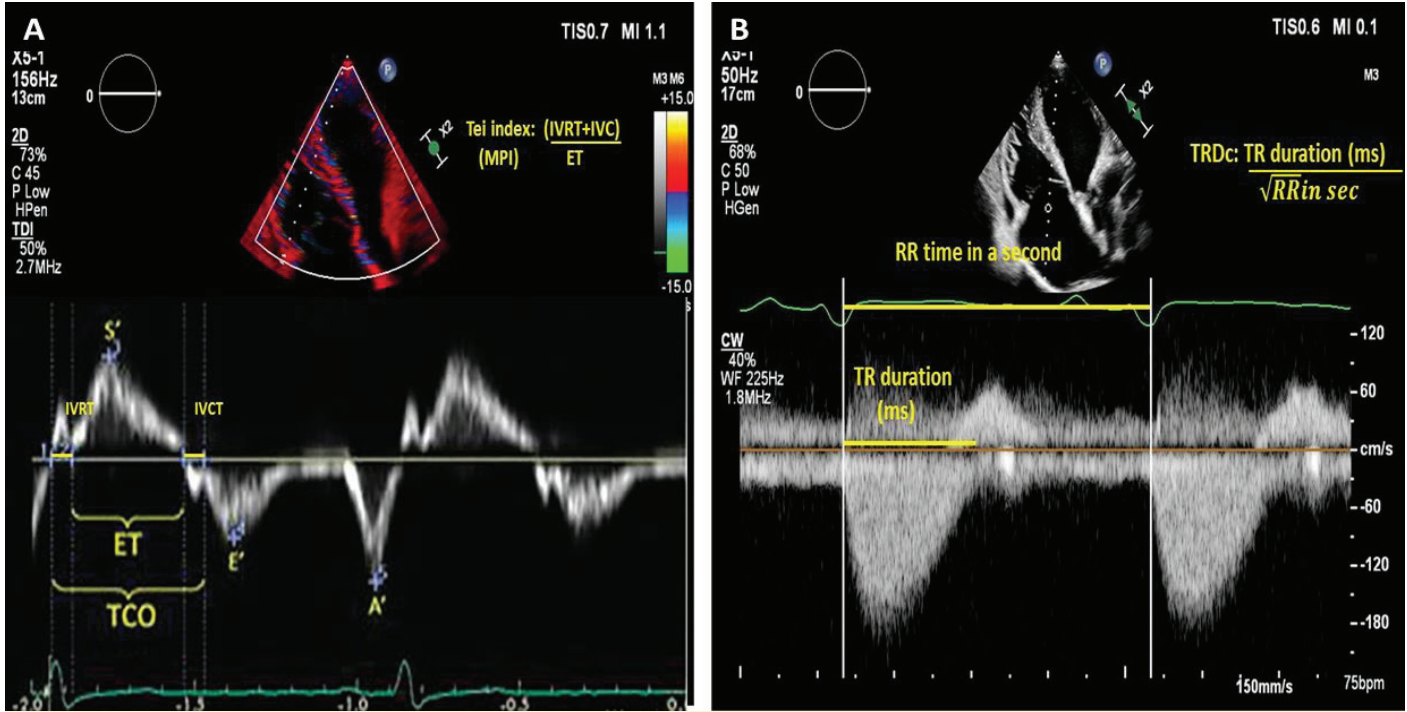
LVAD implantasyonunu takiben izlenen uzun vadeli yeniden şekillenme RV'de meydana gelmez. Cerrahi öncesi RV'deki anatomik değişiklikler, LVAD sonrası muhtemelen düzelmeyecek kronik bir RV arızasını işaret eder. RV kısa eksen boyutu, RV kısa ekseninin RV uzun eksenine oranı ve RV diyastol sonu çapının LV diyastol sonu çapına oranı, LVAD sonrası RV yetmezliği ile ilişkilendirilmiştir.<sup>579</sup> RV diyastol sonu çapının LV diyastol çapına oranı, erken postoperatif RV yetmezliği ve mortalitenin en güçlü anatomik öngörücüsüdür. Oranın 0,72'den büyük olması LVAD implantasyonu sonrası RV disfonksiyonu ile ilişkilidir.<sup>162</sup> Ancak, bu kriteri karşılayan hastaların %66'sından fazlasında postoperatif RV yetmezliği gözlenmediğinden, bu parametrenin tek başına kullanılması tavsiye edilmez ve risk skoruna ek bir parametre olarak eklenmesi daha faydalı olacaktır.<sup>162</sup> Triküspit anüler dilatasyon erken postoperatif RV yetmezliği ile ilişkili bulunmuştur.

Bu parametrenin RV yetmezliği ve mortalitenin ek bulguları ile birlikte kullanılması gerekir.

Teoride, sağ atriyumun genişlemesi RV doluş basınçlarının uzun süreli yüksek olması ile ilgilidir ve olumsuz klinik sonuçlarla ilişkilendirilebilir. Ancak sağ atriyum boyutları LVAD sonrası sonlanımları öngörememektedir. Ayrıca, RV yetmezliği sağ kalp kate-rizasyonu ile ölçülen sağ atriyum basıncı ile ilişkiliyken, inferior vena kava çapı (IVK) ve kollapsibilite ile tahmin edilen sağ atriyum basıncı sonlanımlarla güçlü bir korelasyona sahip değildir.<sup>580</sup>

### Sağ Ventrikül Sistolik Fonksiyonu

*Triküspit anüler plan sistolik ekskürsiyonu (TAPSE)*, apikal dört boşluk pencereden M mod ile ölçülür ve RV'nin longitudinal fonksiyonunu ölçer (Şekil 96). TAPSE, bir segmentin hareketinin RV'nin genel karmaşık üç boyutlu yapısını temsil ettiğini varsayar. Bölgesel RV hipokinezi gibi durumlarda TAPSE geçerli olmayabilir. TAPSE'nin 17 mm'den düşük olması, sistolik disfonksiyonunu normal fonksiyondan ayırmada yüksek özgüllüğe sahiptir.<sup>581</sup> TAPSE, LVAD sonrası gelişecek RV yetmezliğini öngörmede kullanılan ilk ekokardiyografik kantitatif paramet-



**Şekil 97. Sağ ventrikül sistolik fonksiyonu ölçüm metotları; (A): Tei index (miyokart performans indeksi); (B): TRDc. TRDc, Kalp hızı ile düzeltilmiş triküspit yetmezliği süresi.**

relerden biridir. LVAD hastalarının retrospektif analizinde, RV yetmezliği gelişen hastalarda ameliyat sonrası gelişmeyenlere kıyasla TAPSE anlamlı derecede düşük çıkmıştır.<sup>582</sup> Ne yazık ki diğer daha büyük analizlerde TAPSE'nin öngörücü değeri tutarlı bulunmamıştır.<sup>162,580,582</sup>

Fraksiyonel alan değişimi (FAC), sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu temsil etmek adına yaygın bir şekilde kullanılan bir ölçümdür (Şekil 96). RV FAC değerinin  $\geq$  %40 olması normal kabul edilir. Tipik bir LVAD adayı %20-30 RV FAC değerine sahiptir. Bir çalışmada, RV FAC  $<$  %20 olan hastaların LVAD sonrası RV yetmezliği riski altında olduğu gösterilmiştir.<sup>573</sup> Bununla birlikte diğer büyük çalışmalar, FAC değerinin bu hastalardaki öngörücülüğünü gösterememişlerdir.<sup>582,583</sup>

*Tei indeksi olarak da bilinen RV miyokart performans indeksi (RIMP), RV'nin hem sistolik hem de diyastolik fonksiyonu hakkında bilgi verir (Şekil 97). Tei indeksi, CW-Doppler veya triküspit anülüsün doku Doppler'i kullanılarak elde edilebilir. RV miyokart performansının daha kantitatif olarak değerlendirilmesini sağlar ve  $\leq 0,4$  değeri normal kabul edilir.<sup>573</sup> Ancak LVAD implantasyonu yapılan hastalarda Tei indeksi ile RV yetmezliği arasında iyi bir ilişki bulunamamıştır.<sup>582</sup>*

*Kalp hızına göre düzeltilmiş triküspit yetmezliği (TY) süresi (TRDc): Sağ atriyum ve RV basınçlarının hızlı bir şekilde eşitlenmesi, LVAD implantasyonu sonrası gelişen RV yetmezliği ve kardiyak mortalite ilişkilidir (Şekil 97). Düşük TRDc, sağ atriyum basıncının yükseldiğini ve RV sistolik basıncının azaldığını gösterir. İlerlemiş KY hastaları üzerinde yapılan bir çalışmada, TRDc  $<$  461 msn olanların ameliyattan sonra mortalite ve New York Kalp Derneği Fonksiyonel Sınıflandırma III veya IV semptomları açısından daha yüksek riske sahip olduğu görülmüştür.<sup>577,579</sup>*

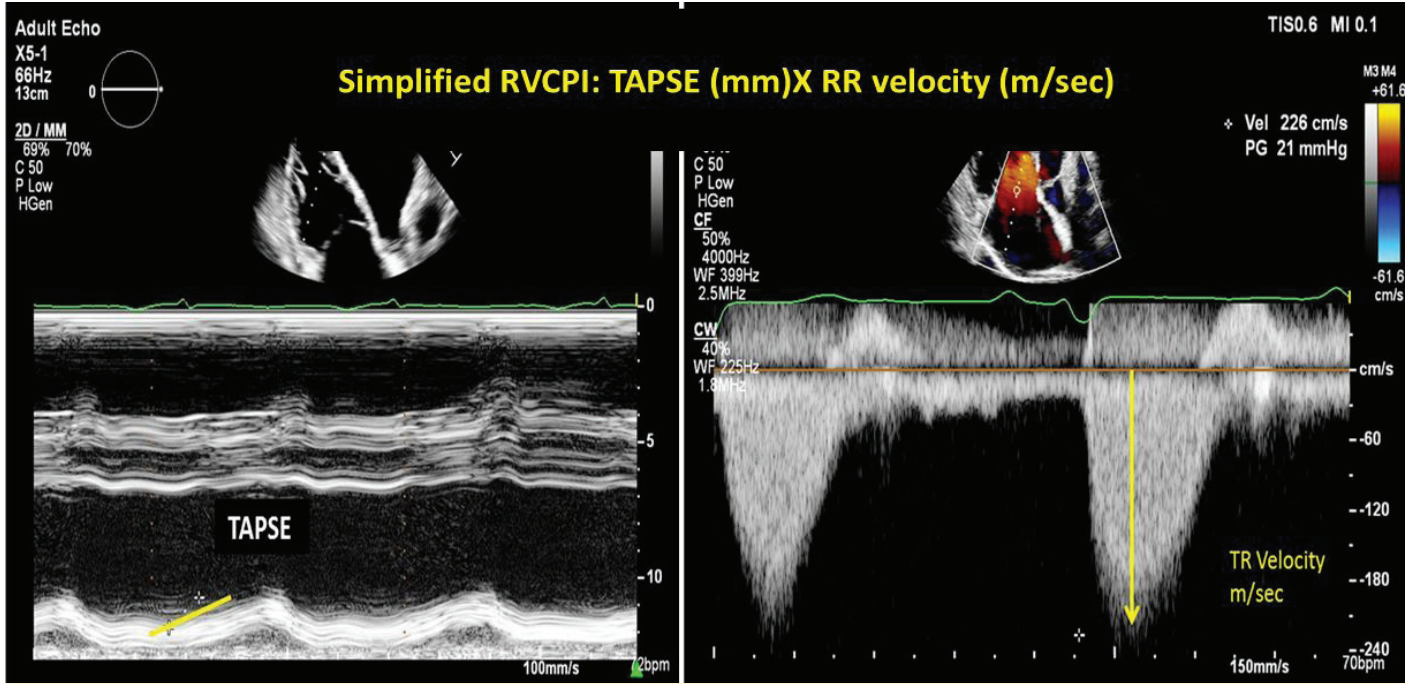
*Ekokardiyografiden elde edilen sağ ventrikül kasılma basıncı indeksi (RVCPI), sağ kalp kateterizasyonundan elde edilen sağ ventrikül atım işi indeksi (RVSWI) ile güçlü bir korelasyona sahiptir. RVSWI ise LVAD implantasyonundan sonra gelişen erken RV yetmezliği ile ilişkilidir (Şekil 98).<sup>584</sup> Bununla birlikte gelecekteki çalışmalarda RVCPI ile LVAD sonrası RV yetersizliği arasındaki ilişkiyi inceleyecek çalışmalara ihtiyaç vardır.*

*Sağ ventriküler strain, LVAD sonrası sonuçlarıyla ilişkili bulunmuştur. (Şekil 99).<sup>578</sup> Duyarlılık ve özgüllük çok yüksek olmasa da strain, LVAD sonrası postoperatif sonuçların en güçlü tek değişkenli (univariate) belirleyicilerinden biridir. Bir çalışmada, RV global longitudinal strainın  $> -\%9,6$  olması LVAD sonrası RV yetmezliğini öngörmeye %76 özgüllüğe ve %68 duyarlılığa sahip olduğu bulunmuştur. Analiz için yeterli görüntü elde edilememesi, bu tekniğin önemli sınırlamalarından birisidir. Yetersiz akustik pencereler yeterli görüntü elde edilmesini engellediğinden, değerlendirilen hastaların yaklaşık 5'te 1'i analiz dışı bırakılmıştır.<sup>583</sup>*

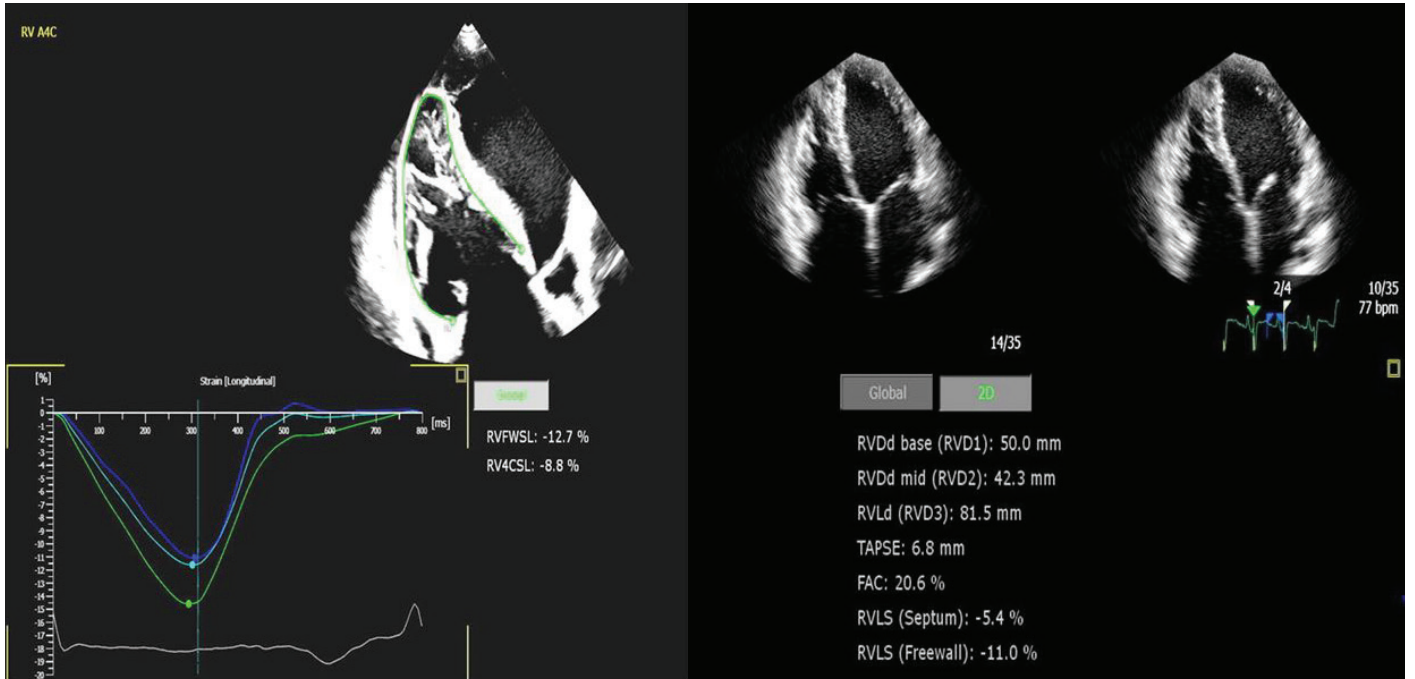
*Üç boyutlu RV ejeksiyon fraksiyonu ve RV hacimleri, mevcut kılavuzlara göre RV sistolik fonksiyonunu belirlemek için ideal yöntemdir; ancak bu yöntem yaygın olarak bulunmamakta ve teknik zorluklar içermektedir (Şekil 100, Video 18). Bir çalışmada, postoperatif RV yetmezliğini öngörmeye RV sistol sonu hacim indeksinin 47 mL/m<sup>2</sup>'nin duyarlılığı %83, özgüllüğü %93; RV diyastol sonu hacim indeksinin 61 mL/m<sup>2</sup>'nin duyarlılığı %92, özgüllüğü %79 olarak bulunmuştur.<sup>585</sup>*

*TY'nin şiddeti, LVAD implantasyonu sonrası gelişen RV yetmezliği ile ilişkilidir. Bir çalışmada; RV yetmezliği; 3-4. derece TY'si olanlarda %75 oranda, 0-2. derece TY'si olanlarda ise %12 oranda izlenmiştir. Bu çalışmada, orta veya şiddetli TY'si olan hastaların*





Şekil 98. Sağ ventrikül kontraksiyon basınç indeksi. RVCPI, Sağ ventrikül kontraksiyon basınç indeksi; TAPSE, triküspit anuler pik sistolik hareketi.



Şekil 99. Sağ ventriküler strain.

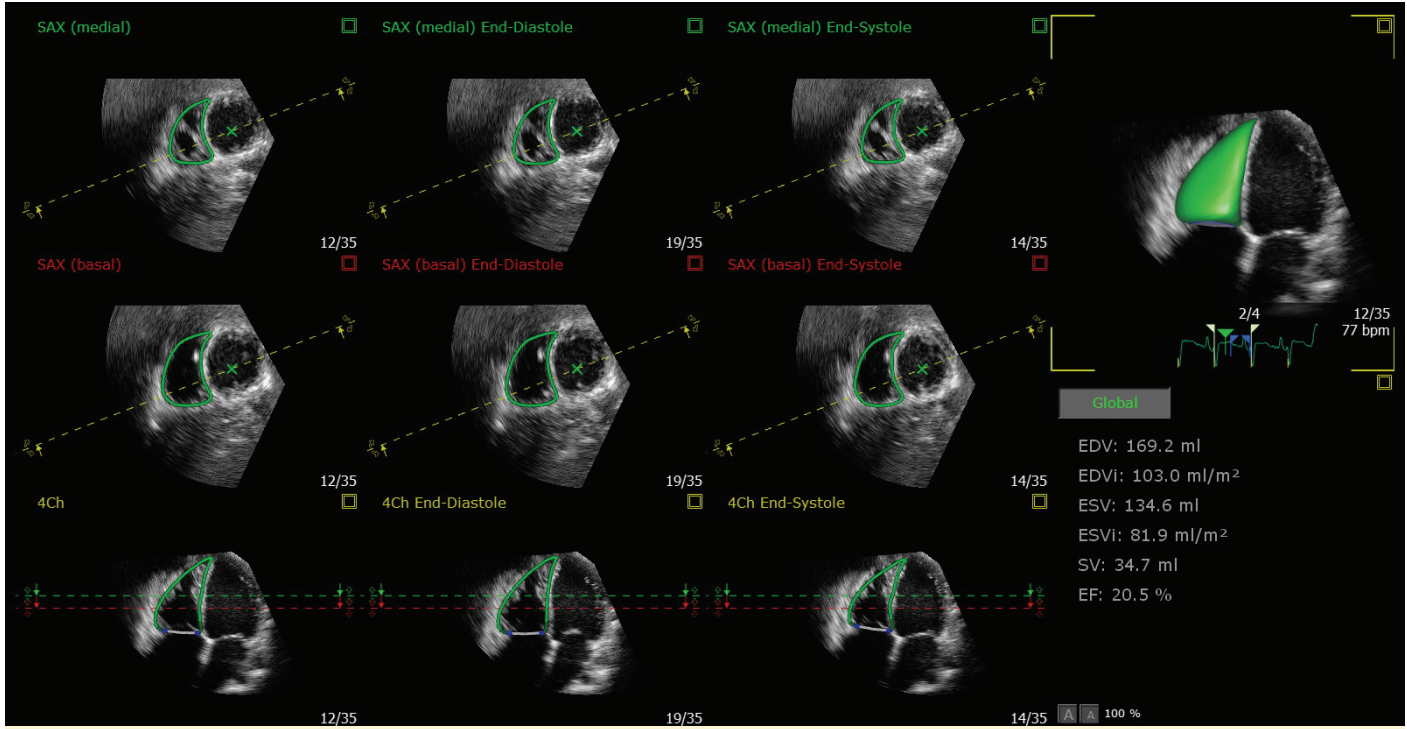
LVAD sonrası RV yetmezliği geliştirme olasılığının yaklaşık beş kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.<sup>586</sup>

#### Kapak Hastalıkları

**Aort darlığı (AD):** İleri KY ve önemli ölçüde azalmış atım hacmi olan hastalarda, kapak gradientleri tek başına AD derecesini doğru olarak yansıtmayabilir. LVAD implantasyonu yapılan has-

talarda, şiddetli AD iyi tolere edilebilir çünkü kan akışı aort kapağı tamamen baypas edebilir. Ancak AD varlığında obstrüktif LVAD disfonksiyonu geliştiğinde (kardiyak debinin sadece aort kapak yoluyla sağlanması gerektiğinde) kardiyak debi yeterli bir şekilde sağlanamaz.<sup>572</sup>

**Mitral darlığı, triküspit darlığı ve pulmoner darlık:** İleri KY hastalarında, LV diyastol sonu basıncının yüksek olması nedeni ile



**Şekil 100. Sağ ventrikül volümleri ve 3B sağ ventrikül EF.**

basınç yarılanma zamanı (PHT) ile hesaplanan mitral kapak alanı, olduğundan daha yüksek çıkar. Bu hastalarda planimetrik mitral kapak alanı ölçümü daha doğru olabilir. Orta ila şiddetli mitral, trikuspit ve pulmoner kapak darlığı LVAD akımını azaltabilir. Bu nedenle LVAD implantasyonundan önce bu kapakların önemli darlıklarının tedavi edilmesi gerekir.<sup>572</sup>

**Aort yetmezliği (AY):** İleri KY hastalarında orta veya ciddi AY sıklıkla olduğundan daha hafif olarak ölçülür çünkü bu hastalarda LV diyastolik basınçlarının yüksek ve sistemik basınçlarının düşük olmasından dolayı renkli Doppler akımları zayıftır ve AY hızları yavaştır. Ayrıca, yüksek regürjitan fraksiyonda bile AY hacmi oldukça düşük olabilir. Aort kökünde dilatasyon, eksantrik AY, kalsifik veya romatizmal aort kapak dejenerasyonu veya protez kapağın olması önemli AY olabileceği şüphesini uyandırmalıdır. TTE yetersiz kaldığında, özellikle eksantrik veya protez kapak yetersizliği durumlarında, TEE işlemi sıklıkla düşünülmelidir. Son kılavuzlar, LVAD implantasyonundan önce hafiften fazla AY'nin periopertaif TEE ile doğrulanmasını ve cerrahi olarak düzeltilmesini önermektedir.<sup>587,588</sup> Cerrahi seçenekler arasında; biyoprotez aort kapak replasmanı, aort kapak yaması veya aort kapak küspislerine santral bir koaptasyon dikişi atılması bulunmaktadır.<sup>589</sup>

**Mitral yetmezlik (MY):** LVAD implantasyonu sonrasında; LV boyutunda azalma, LV dolum basınçlarında azalma ve bunlara bağlı olarak leaflet koaptasyonunda iyileşme olur ve bu nedenle çoğu zaman MY önemli derecede azalır. Sonuç olarak, LVAD adaylarında ciddi MY bile kabul edilebilir bir patolojidir ve cerrahi tedavi gerektirmez.<sup>572</sup>

**Trikuspit yetmezliği:** Sekonder TY, KY hastalarında sık görülen bir bulgudur. Ameliyat sonrası ciddi TY, RV disfonksiyonuna neden olarak LV ön yükünün azalmasına ve düşük debi durumuna yol

açabilir. LVAD implantasyonunun TY'nin şiddeti üzerinde hem yararlı hem de olumsuz etkileri vardır. LVAD implantasyonundan sonra TY'yi artıran faktörler arasında IVS'nin sola kayması, RV disfonksiyonu ve artmış RV ön yükü yer alır. TY'yi künt hale getiren veya azaltan faktörler arasında ise yüksek sağ atriyum basıncı yer alır. Bazen de LVAD, LV ve pulmoner arter basıncını azaltarak TY üzerinde faydalı bir etkiye sahiptir. Yeni kılavuzlar, anlamlı bir TY durumunda, LVAD implantasyonu sırasında trikuspit kapağın onarılmasını önermektedir.<sup>568</sup>

**Pulmoner yetmezlik (PY),** ileri KY hastalarında genellikle artmış pulmoner vasküler rezistansa bağlıdır. Orta veya şiddetli PY'si olan herhangi bir hastada ameliyat öncesi RV disfonksiyonu olabilir. Yeterli RV fonksiyonu olan hastalarda, LVAD ile başarılı LV 'unloading' olduğunda PY iyi tolere edilebilir. Öte yandan, LVAD implantasyonunu takiben herhangi bir nedenle pulmoner vasküler direnç artarsa (örn. yetersiz 'unloading' durumunda), önemli PY potansiyel olarak RV disfonksiyonuna katkıda bulunabilir.<sup>572</sup>

**Protez Kapaklar:** TTE ve gerektiğinde TEE ile protez kapağın değerlendirilmesi cerrahi öncesi kritik öneme sahiptir. LVAD implantasyonundan sonra mekanik bir aort kapak protezinden geçen akışın intrinsek olarak azalması, postoperatif kapak trombozu ve tromboembolik olay olasılığını önemli ölçüde artırır. Bu nedenle, kapak normal çalışsa bile, mekanik kapak ya biyoprotez bir kapakla değiştirilmeli ya da LVAD implantasyonu sırasında mekanik kapak çıkarılıp aort kapağın sütür ile dikilmelidir. LVAD transmitral kan akımında artışa neden olur. Bu nedenle; mitral protez kapağın (mekanik ya da biyoprotez) fonksiyonu normal olduğu durumda ya da ciddi MY varlığında LVAD implantasyonu sırasında protez kapağın değiştirilmesine gerek yoktur. Ancak orta veya daha ciddi protez kapak obstrüksiyonunda LVAD implantasyonu sırasında

**Tablo 32. Perioperatif Ekokardiyografik Analiz**

- LVAD aktivasyonundan önce hava kabarcıklarının tespiti ve havanın alınması
- Midözofageal seviyede aort kapağın uzun aksta incelenmesi, midözofageal ve üstözofageal seviyede asendan ve desendan aortanın uzun aks ve kısa aksta incelenmesi
- Inflow ve outflow kanüllerinin lokalizasyonunun, kanül anastomoz bölgelerinin ve sol ventrikül apeksinin değerlendirilmesi
- LVAD akımı ve gücün kontrol edilmesi

mitral protez kapağın biyoprotez kapak ile değiştirilmesi önerilir. Triküspit veya pulmoner protez kapak disfonksiyonu önemli bir bulgudur, çünkü ameliyat sonrası RV işlevini olumsuz etkileyebilir ve tedavi edilmelidir.<sup>568</sup>

### İntrakardiyak Şantlar

LVAD implantasyonundan sonra, LV 'unloading'e bağlı olarak sol atriyum basıncı azalırken sistemik venöz dönüşün artmasına bağlı olarak sağ atriyum basıncı artar (özellikle RV disfonksiyonu varlığında). Kardiyak bir şant varlığında, bu hemodinamik sonuçlar hipoksemiye ve paradoksik emboliye neden olabilir.<sup>572,573</sup>

LVAD implantasyonu öncesi ekokardiyografide patent foramen ovale (PFO) veya atriyal septal defekt (ASD) olup olmadığı ayrıntılı bir şekilde araştırılmalı ve komplikasyonları önlemek için ameliyat sırasında elektif olarak onarılmalıdır. Entübe edilmiş, solunum sıkıntısı olan ve kooperasyon kurulamayan hastalarda PFO tanısı koymak zor olabilir. TEE sırasında renkli akım Doppler ve valsalva ile birlikte ajita salin uygulanması PFO'yu ve ASD'yi tespit etmek için oldukça hassas ve spesifik yöntemlerdir. Biventriküler yetmezlik durumunda gelişen yüksek biatriyal basınç atriyumlar arasındaki gradiyenti azaltabilir veya ortadan kaldırılabılır, bu da PFO'ların ajite salin ve renkli Doppler ile tespit edilmesini zorlaştırır.<sup>568,590</sup>

İnteratriyal şantlara benzer şekilde, ventriküler septal defektler de implantasyondan hemen sonra hipoksemi ve sağdan sola şanta neden olabilir ve LVAD desteği sırasında paradoksik emboli riski oluşturabilir. Tespit edilirse, LVAD implantasyonu sırasında kapatılmalıdır çünkü genellikle cihaz implantasyonu için mutlak bir kontrendikasyon oluşturur.<sup>572</sup>

### İntrakardiyak Trombüs

Ciddi derecede azalmış LVEF ve apikal anevrizma/akinezi, inflow kanülünün yerleştirildiği bölgede apikal trombüs riskini artırır. İntrakardiyak trombüs, LV inflow kanülünün yerleştirilmesi sırasında inme riskini artırabilirken, LVAD implantasyonu için kesin bir kontrendikasyon oluşturmaz. Bu nedenle, LV trombüs varlığı işlemiden önce ve sonra kontrol edilmelidir. TTE, LV apikal trombüslerinin tanısında TEE'ye üstündür. Trombüs değerlendirmesi sırasında hassasiyeti artırmak için intravenöz micro-bubble kontrast enjeksiyonu şiddetle tavsiye edilir.<sup>572,573</sup>

### Perioperatif Ekokardiyografi-İntraoperatif ve Erken Postoperatif Dönem

Perioperatif TEE, hem LVAD implantasyonu sırasında hem de implantasyon sonrası değerlendirmede için çok değerli bir araçtır. LVAD aktivasyonunu takiben elde edilen tüm görüntüler cihaz adı ve mevcut pompa hızı ile analiz edilmelidir. İmplantasyonu takiben LV'de ve cihazda olan havanın boşaltıldığı, inflow ve outflow kanüllerinin konumu, nativ kapak fonksiyonları, LV 'unloading'i, septal şift, sağ ventrikül fonksiyonu,

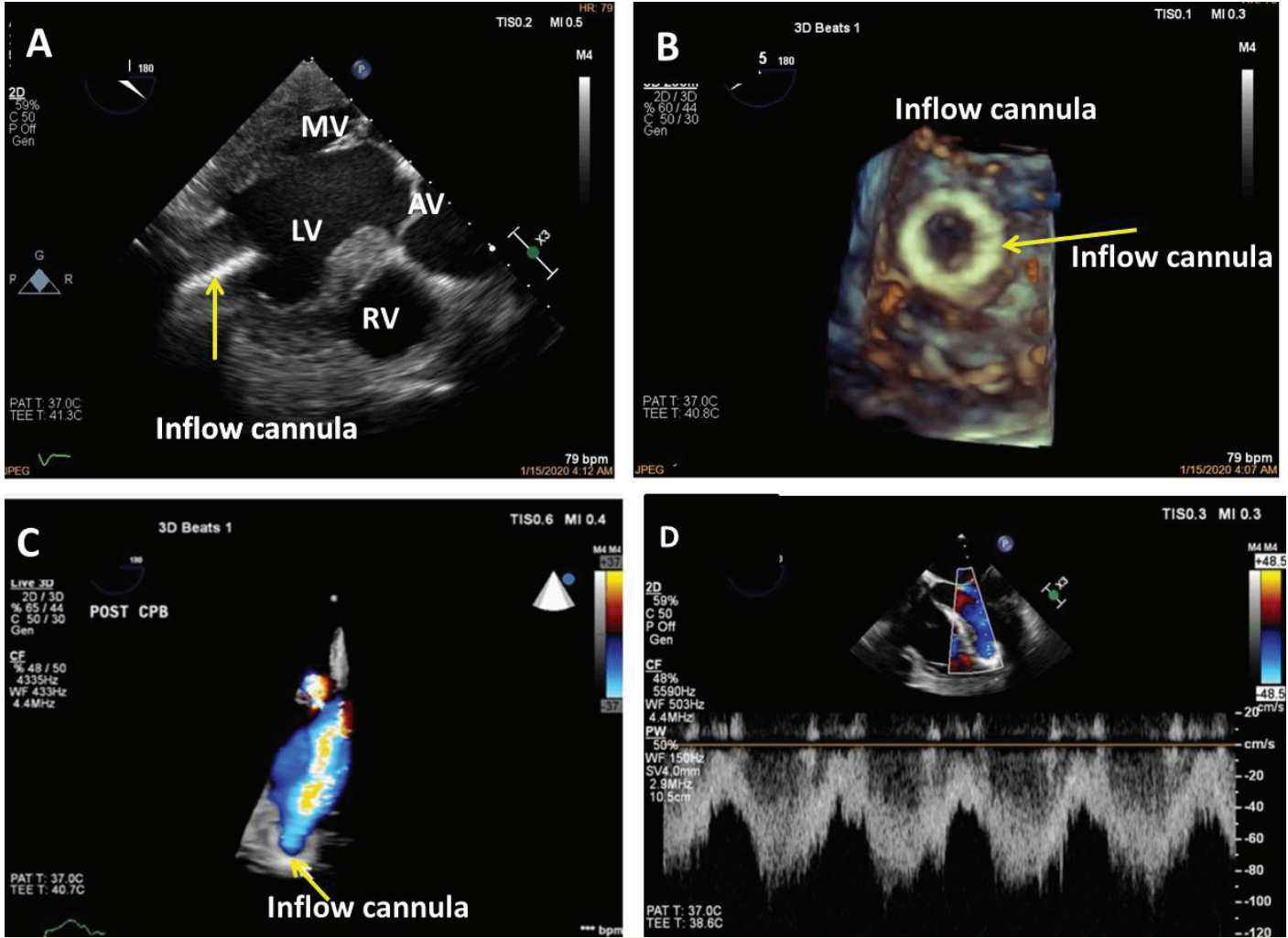
implantasyon öncesi aşamada ekokardiyografi ile tespit edilmiş şantların varlığı ve komplikasyonlar kontrol edilmelidir (Tablo 32).

İmplantasyon sırasında oluşan havayı boşaltma manevraları için sürekli TEE rehberliği gereklidir. Sol atriyum, LV (LV apeksi ve inflow kanülü dahil), aort kökü, çıkan aort, outflow grefti ile çıkan aort anastomozu, arkus aorta ve inen aortadaki havalar ve havanın sebep olabileceği diğer bulgular dikkatli bir şekilde incelenmelidir. LV'den çıkan hava genellikle sağ koroner arter (RCA) ostiumunda sonlanır. Akut sağ ventrikül disfonksiyonu veya dilatasyonu ve/veya TY şiddetinde artış durumlarında RCA'ya hava embolizasyonundan şüphelenilebilir.<sup>573,591</sup>

Midesofageal (ME) dört odacık ve iki odacık görüntüler, inflow kanülünün LV inlet ile hizalanmasında ve IVS veya yan duvarlar tarafından tıkanıp tıkanmadığını belirlemede yardımcı olabilir (Şekil 101, Video 19). Kanülden laminer kan akımını göstermek için inflow kanüle renkli Doppler yerleştirilmelidir. Inflow kanül hızlarının  $\geq 1,5$  m/s olması inflow obstrüksiyonu düşündürür. Olası bir doku obstrüksiyonunu dışlamak için inflow kanül bölgesinin tercihen 3B ekokardiyografi ile ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gereklidir. Outflow greft anastomozu ve outflow greftten çıkan aortaya doğru olan akım, en iyi ME çıkan aort kısa veya uzun eksen ve üst özefagus pencerelerinde görülür (Şekil 102, Video 20). Yüksek hızlar ( $> 2,0$  m/s) outflow kanülde bir tıkanıklığa işaret eder.<sup>573,577</sup>

LVAD aktive edildiğinde, LV ve sol atriyum 'unloading' sağlandığında her bir odacığın boyutu azalmalıdır (Video 21, Video 22). LVAD hızı kademeli olarak artırıldıkça, LVAD hızını optimize etmek için kardiyak boyutların ve yapıların düzenli olarak incelenmesi gerekir. Uygun bir LVAD hızı, LV'yi 'suction'a neden olmadan boşaltabilmeli, aort kapağının aralıklı olarak açılmasına izin vermek ve ortalama kan basıncını 60 ile 85 mmHg arasında tutabilmelidir.<sup>572</sup> Yeterli LV ve sol atriyum 'unloading'i ile IVS ve IAS hafifçe sola kayar. LVAD implantasyonunu takiben septumun sağa doğru kayması; yetersiz 'unloading', suboptimal LVAD desteği, anormal cihaz fonksiyonu veya outflow kanül oklüzyonu olasılığını düşündürmelidir. LV veya sol atriyumda spontan ekokardiyografik kontrast varlığı da LVAD yetmezliğine işaret edebilir.<sup>572</sup> Yüksek LVAD debisi olan hastalarda, 'suction' ile sonuçlanan septumun aşırı sola kayması izlenebilir (Şekil 103, Video 23, Video 24). 'Suction' yüksek hız dışında; hipovolemi, RV yetmezliği ve ciddi TY'de olduğu gibi azalmış LV ön yükünden de kaynaklanabilir. Ayrıca 'suction'ın kendisi de ciddi RV yetmezliğine ve ciddi TY'ye neden olabilir. 'Suction' varsa pompa hızı, LV ve RV boyutları, aort kapak açıklığı, TY, akış hızları ve inflow kanül konumu kontrol edilmelidir. Perioperatif TEE incelemesi sırasında pompa hızının sürekli güncellenmesi ve kontrol edilmesi kritik öneme sahiptir. RV fonksiyonunu iyileştirmek ve TY'yi azaltmak için pompa hızı azaltılarak 'suction' hızla düzeltilebilir (Şekil 103,





**Şekil 101. İnflow kanül; (A): Pozisyon; (B): 3B görüntüleme; (C): renkli Doppler; (D): spectral Doppler velositesi. AV, aort kapak; MV, mitral kapak; LA, sol atrium; LV, sol ventrikül.**

Video 24). Nispeten düşük pompa hızında gerçekleşen (ciddi sağ ventrikül disfonksiyonuna işaret eden) bir 'suction' endişe vericidir ve biventriküler desteğin gerekli olduğu anlamına gelebilir (Şekil 103, Video 25).<sup>592-594</sup>

Hem RV fonksiyonu hem de TY derecesi dikkatle değerlendirilmelidir. LVAD öncesi ve sonrası RV fonksiyonunu değerlendirmek için aynı kılavuzlar kullanılabilir. Akut ciddi RV yetmezliğinde, RV ciddi şekilde genişleyecek, ciddi TY ortaya çıkacak ve LV 'suction'ı meydana gelecektir. Akut sağ kalp yetmezliği durumunda sıvı tedavisi artırılmalı, vazodilatörler durdurulmalı ve LVAD hızı azaltılmalıdır. Bu uygulamalara rağmen TEE'de RV yetmezliği tespit edilirse, RV destek cihazları kullanılmalıdır (Şekil 101, Video 19-21).<sup>568,579</sup>

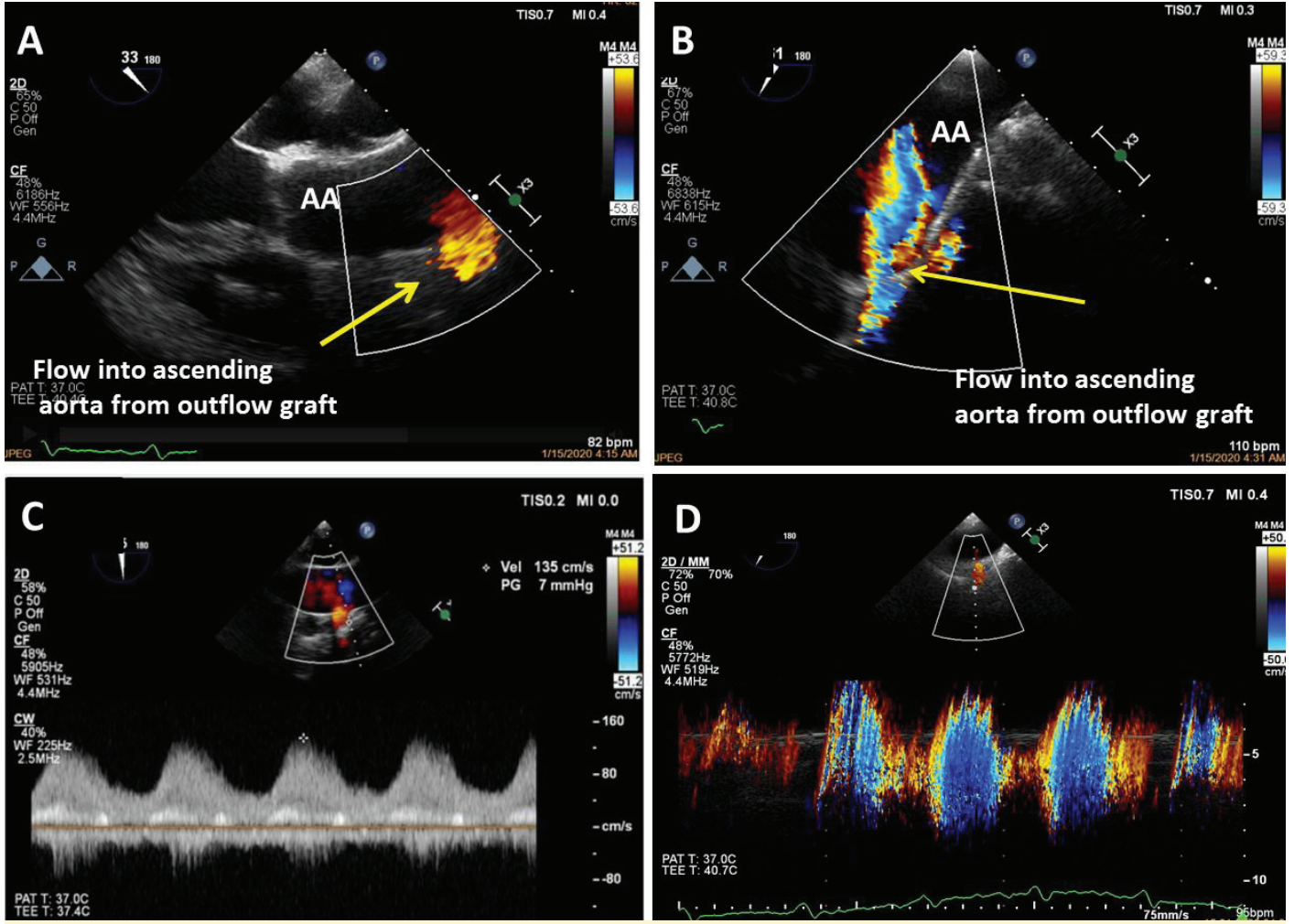
LVAD desteğinin seviyesine (pompa hızı) bağlı olarak, aort kapak açıklığı birçok olguda önemli ölçüde azalabilir veya sadece aralıklı olabilir. LVAD hastalarında pulsus alternans olması nedeniyle, rezidüel nativ bir LVOT akımı olduğunda aort kapak intermitan olarak açılabilir. Aort kapak LV 'unloading'in fazla olduğu durumlarda hiç açılmayabilir (Video 26). Yetersiz 'unloading' durumunda

ise aort kapak her siklusta açılabilir. İdeal olanı her 3-4 siklusta aort kapağın açılmasıdır ve pompa hızı mümkün olduğunca bunu sağlamaya yönelik olmalıdır. Aort kapağın açıklığının derecesi, uzun eksen pencerede aort kapağın M-mod ile değerlendirilme-siyle belirlenebilir.<sup>572,573</sup>

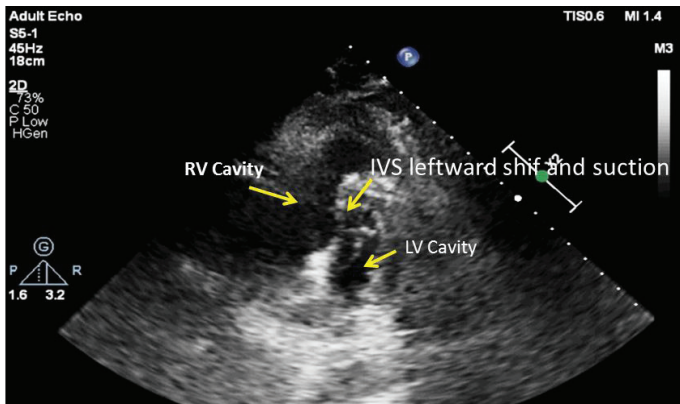
LVAD implantasyonunu takiben PFO için TEE değerlendirmesi kardiyopulmoner baypas weaning işleminden önce belirlenmelidir (eğer ameliyat öncesi belirlenmemişse). Büyük damarlar, kapak fonksiyonu ve iyatrojenik komplikasyonlar (diseksiyon, tamponat gibi) da intraoperatif olarak incelenmelidir.

#### Uzun Dönem Ekokardiyografi Takibi

Postoperatif dönemde hasta stabilizasyonundan (KY semptomları olmayan, intravenöz farmakolojik inotropik ve vazopresör ajanlardan rahat bir şekilde ayrılan, LVAD kontrol cihazı alarmı olmayan ve hemoliz veya enfeksiyonun serolojik kanıtı olmayan) yaklaşık iki hafta sonra veya taburcu edilmeden önce (hangisi önce gelirse) ekokardiyografi planlanmalıdır. Daha sonra; 1, 3, 6 ve 12. aylarda ve bundan sonra her 6 ila 12 ayda bir TTE takibi planlanmalıdır.<sup>572</sup>



**Şekil 102.** Outflow kanülün renkli Doppler ve spektral Doppler akımı. **A:** Asendan aorta midözofajeal uzun aks **B:** Üstözofajeal asendan aorta **C:** Outflow kanül akımının Spektral Doppler ile gösterilmesi **D:** Outflow kanül akım paterninin renkli M-Mod ile gösterilmesi AA, Asendan aorta.



**Şekil 103.** Sağ ventrikül yetmezliğine bağlı gelişen SV 'suction'. IVS, interventriküler septum; LV, sol ventrikül; RV, sağ ventrikül.

TTE takibi öncelikle iki nedenle yapılır: (i) optimal LVAD işlevinin kapsamlı bir rutin değerlendirmesini yapmak ve (ii) tekrarlayan KY'nin potansiyel etiyolojilerini değerlendirmek. Aort kapak açılımı, AY derecesi, hemodinamik bulgularla ilişkili olarak LVAD

ayarı, sağ ventrikül fonksiyonu ve TY derecesi, inflow ve outflow kanül konumu ve akışı ve sol kalp odacıklarının yapısı ve fonksiyonu ve IVS konumunun iyi bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir (Tablo 33).

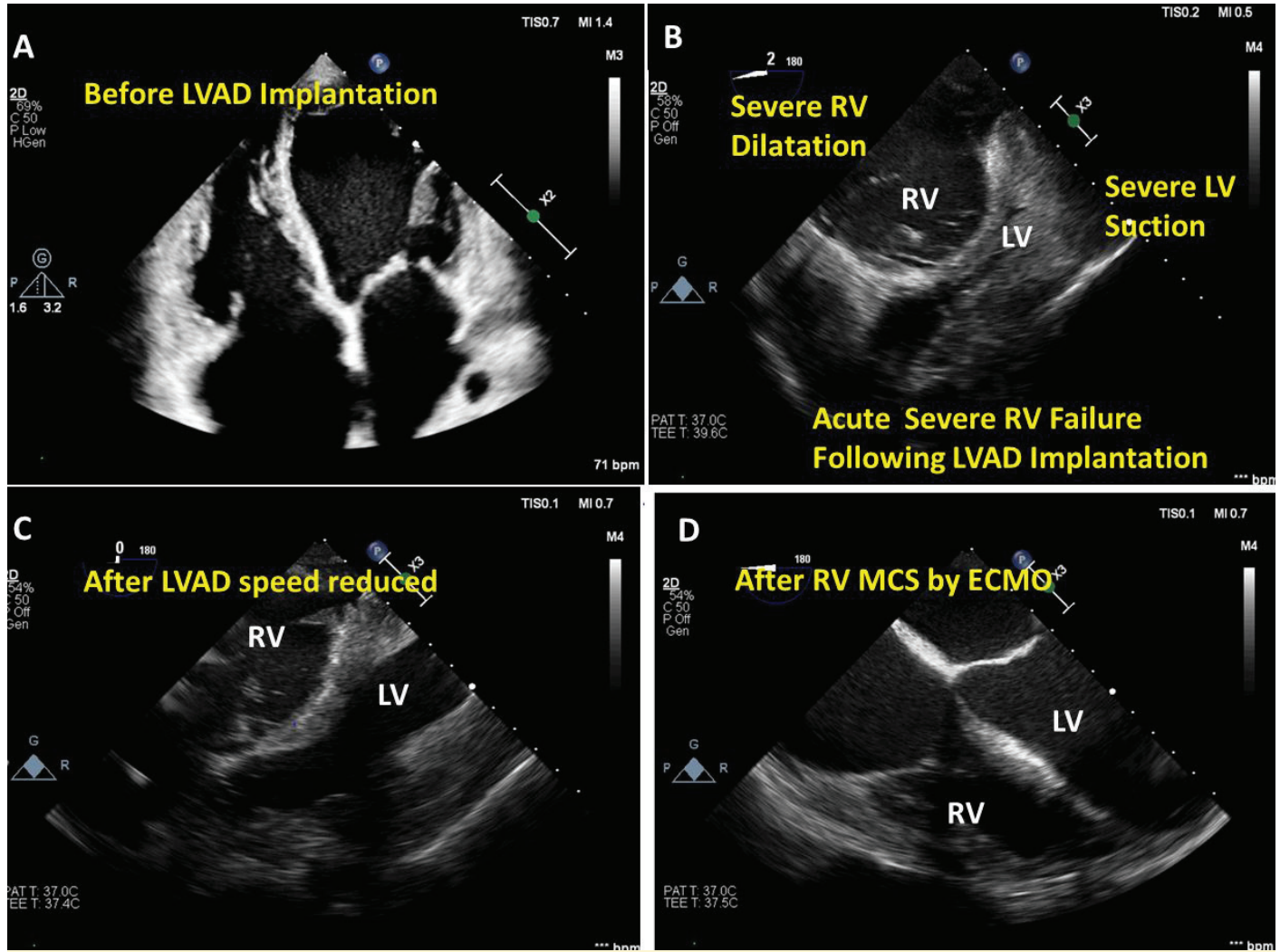
### Sol Kalp Fonksiyonu

İntrensek bir LV fonksiyonunu değerlendirmek için EF, diyastol sonu çapı ve ejeksiyon periyodunun ejeksiyon süresine bölümü ölçülmelidir.<sup>573,595</sup> LV'nin 'unloading' i nedeniyle, diyastolün sonunda ve sistolün sonunda LV kavitesi boyutu küçülmelidir. Artan boyutlar klinisyeni olası bir disfonksiyona karşı uyarmalıdır. LVAD sonrası LV boyutununun takibinde tekrarlanabilirliği ve kolaylığı nedeniyle en iyi olarak kabul edilen parametre, 2B parasternal uzun eksenden ölçülen LVDSÇ'dır. İmplantasyondan üç ay sonra implantasyon öncesi değerlere göre LVDSÇ'de en az %15 azalma beklenir.<sup>596</sup> LVDSÇ'nin paradoksal olarak sol ventrikül sistol sonu çapından (LVSSÇ) daha küçük olması önemli bir bulgudur çünkü ya ciddi RV disfonksiyonu ya da aşırı LVAD unloading ile ilişkilidir. Biplan veya uniplan Simpson's ile ölçülen LV hacimleri, LV boyutunu doğrusal ölçümlere kıyasla daha iyi gösterir. Ancak inflow kanülüne bağlı apikal gölgelenme ve dro-



**Tablo 33. Postoperatif Ekokardiyografik Takip**

- Sol ventrikül ve sağ ventrikül boyutları
- Sol ventrikül ve sağ ventrikül fonksiyonları
- Sol atrium çapı, mitral anulus çapı, yaprakçıkların ve papiller kasların geometrisi ve mitral yetmezliği derecesi
- Triküspit yetmezliği derecesi, triküspit kapak anulus çapı ve pulmoner arter sistolik basınç
- Aort kapak morfolojisi , aort yetmezliği derecesi ve aort kapak açıklığı
- İnflow kanülü konumu, renkli akım paterni ve laminar akım ve normal hızları değerlendiren Doppler analizi
- İnflow kanülü etrafında trombüs
- Outflow kanülü konumu, renkli akım paterni ve laminar akım ve normal hızları değerlendiren Doppler analizi
- LVAD fonksiyonunun yeterliliğinin değerlendirilmesinde interventriküler septal konum ve AV açıklığı
- LVAD akımı ve güç sorgulaması



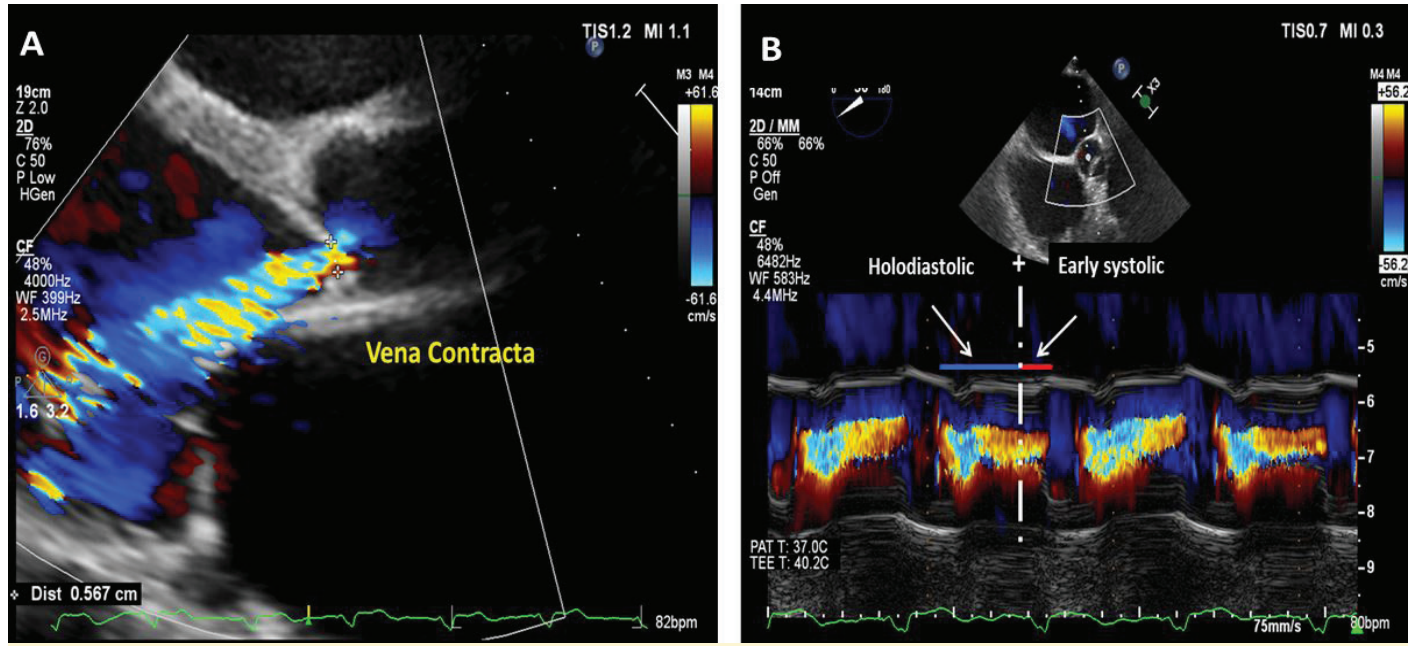
**Şekil 104. LVAD implantasyonu sonrası sağ kalp yetmezliği; (A): LVAD implantasyonu öncesi; (B): İmplantasyon sonrası gelişen akut sağ kalp yetmezliği ve ciddi sol ventriküler 'suction'; (C): LVAD hızı azaltıldıktan sonra; (D): EKMO desteği sonrası. EKMO, ekstrakorporeal membrane oksijenizasyonu; LV, sol ventrikül; LVAD, sol ventrikül destek cihazı; RV, sağ ventrikül.**

pout, LVAD implantasyonundan sonra hacim değerlendirmesi ile LV boyutunu belirlemeyi teknik olarak zorlaştırabilir.<sup>572</sup>

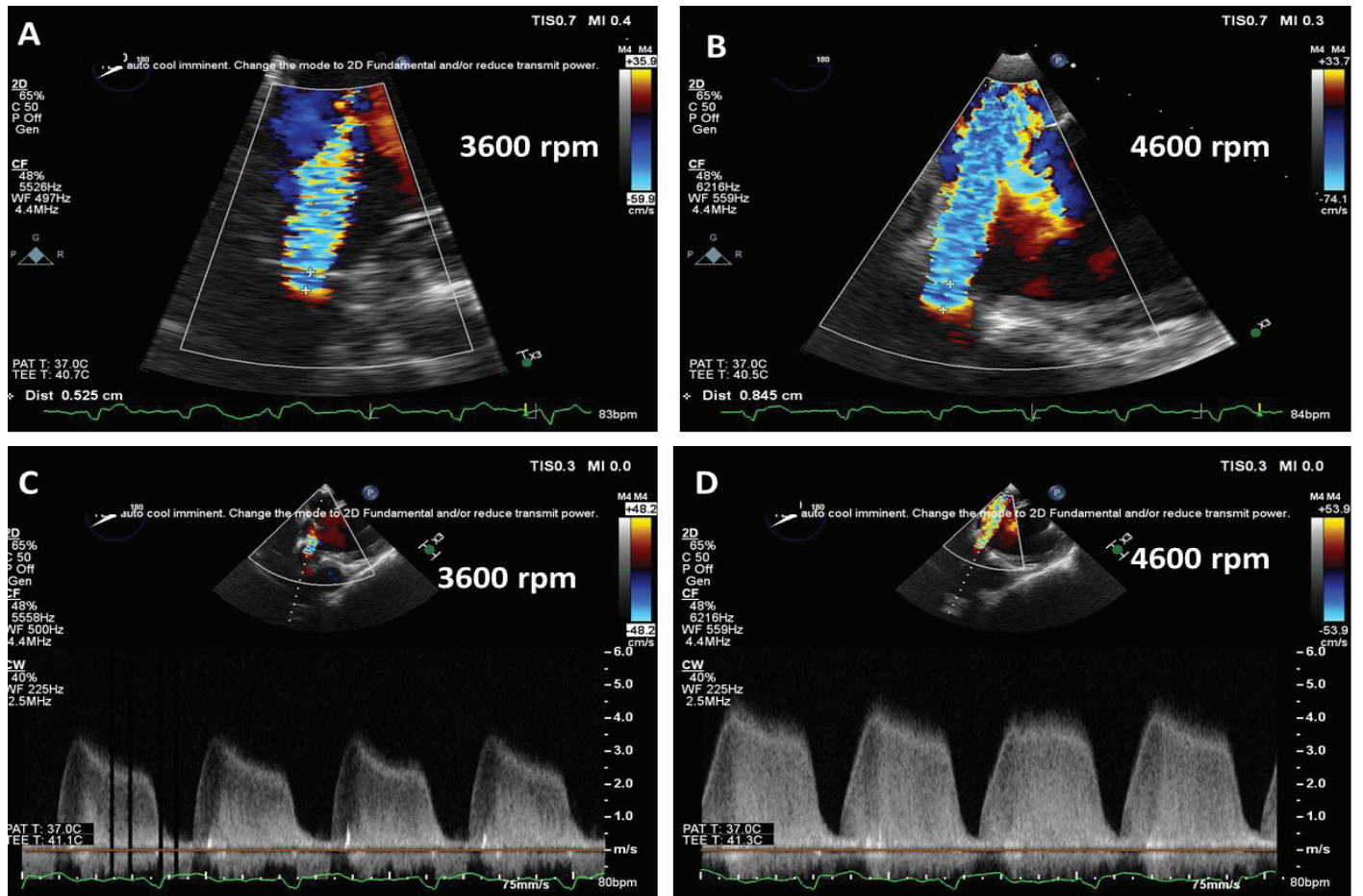
LVAD implantasyonundan sonra, LVEF ölçümlerinin hem fizyolojik hem de teknik sınırlamaları vardır. Görüntü kalitesi iyi değildir ve endokardiyal sınırın belirlenmesi; apikal ön kısalma, cihazdan kaynaklanan apikal gölgelenme veya akustik dro-

pout nedeniyle sıklıkla zordur. LVAD'nin fizyolojik olmayan 'unloading' yapması nedeniyle LVEF, LV fonksiyonunu tam olarak yansıtmayabilir. LVEF'yi hesaplamak için, özellikle miyokardiyal iyileşmenin değerlendirilmesinde, LVAD'nin geçici olarak durdurulması gereklidir.<sup>595</sup> Optimal apikal görüntüsü olan hastalarda LVEF'yi hesaplamak için tercih edilen yöntem, biplan modifiye Simpson'dır. LV FAC ve fraksiyonel kısalma yöntemleri, apikal





Şekil 105. Aort yetmezliği (A): vena kontrakta; (B): Renkli M- mod, aort yetmezliği süresi (holodiastolik+erken sistolik)



Şekil 106. Aort yetmezliğinin LVAD hızı artması ile artması (A): 3600 rpm'de aort yetmezliği-PISA; (B): 4600 rpm'de aort yetmezliği-PISA; (C): 4600 rpm'de aort yetmezliği-CW Doppler; (D): 4600 rpm'de aort yetmezliği-CW Doppler. LVAD, sol ventrikül destek cihazı; PISA, proksimal isoveloste yüzey alanı.

penceresi suboptimal olup da hala yeterli parasternal görün-tüsü olan hastalarda LV sistolik fonksiyonunu değerlendirmede potansiyel ölçümleridir; ancak LVAD hastalarındaki doğruluk-ları onaylanmamıştır. LVEF'nin LV atım hacmi ile hesaplanması tavsiye edilmez çünkü birçok LVAD hastasında bu parametrede atımdan atıma farklılıklar vardır.<sup>572</sup>

### RV Boyutu ve Sistolik Fonksiyon

LVAD hastalarında RV boyutu ve sistolik fonksiyon için lineer boyutlar, RV FAC, TAPSE ve sağ taraflı kardiyak debi gibi yaygın ölçümlerin çoğunu ölçmek mümkündür.

### Aort Kapak Açılması ve Aort Yetmezliği

Aortik kapak açıklığının derecesi ve sıklığı, nativ dolaşımın ne kadar kullanıldığına göre değişir. LVAD rpm'leri düşürülerek aort kapak açıklığı korunabilir. LVAD programlamasının amacı, aort kapağın açılması ile LVAD üzerinden yeterli fizyolojik destek sağ-lanması arasında uygun bir denge kurmak olmalıdır. Aort kapağın sürekli kapalı kalması ile de novo AY riski artmaktadır. LVAD hızı, aort kapak açılmasının intermitan olmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Aort kapağın açıklığının derecesi, aort kapağın uzun eksen görünümünde M-mod görüntülemesi yardımıyla ölçülebilir.

De novo AY, LVAD implantasyonundan sonra sık görülen bir komplikasyondur. Devamlı akışlı LVAD (CF-LVAD) kullanılan-larda, implantasyondan sonraki ilk yıl içinde %25-%30 sıklı-ğında AY gelişmektedir.<sup>597,598</sup> Azalmış aort kapak açıklığı, lokal staz, yüksek 'shear' stres, transvalvüler gradiyentin inversiyonu (aort yüksek, LV düşük), tromboz, fibrozis ve aortik küspislerin retraksiyonu veya füzyonu AY'ye neden olabilir. AV kalsifiye ola-bilir ve regürjitan akım eksantrik olabilir. Bu hastalarda orta veya şiddetli AY, aortadan LV'ye kan akışının resirkülasyonuna ve kalp debisinin düşmesine neden olur. AY büyük ölçüde hemodina-mik duruma (LV ön yükü, rezidüel LV kontraktilesi ve kalp hızı) bağlıdır.<sup>572</sup>

CF-LVAD altında regürjitan akım kardiyak siklus boyunca (sis-tolo-diyastolik, ancak ağırlıklı olarak diyastolik) meydana geldi-ğinden (Şekil 105) geleneksel TTE parametreleri AY'nin şiddetini hafife alır. AY PHT, proksimal izovelsite yüzey alanı ve diyasto-luk revers akım gibi kantitatif TTE parametreleri doğru değildir ve vena kontrakta (VC) AY'yi olduğundan düşük gösterebilir. LVAD altında AY'nin uzun sürmesi nedeniyle, vena kontrakta genişli-ğinin > 0,3 cm veya jet genişliği/LVOT genişliği oranının > %46 olması en azından orta (ve muhtemelen şiddetli) AY'ye işaret eder (Şekil 105).<sup>572</sup> Yüksek LVAD hızları AY derecesini artırır (Şekil 106). CF-LVAD ile AY değerlendirmesinin doğruluğunu artır-mak için yeni ekokardiyografik parametreler geliştirilmiştir: (1) outflow kanülünün diyastolik akselerasyonu AY şiddeti ile doğru orantılıdır ve (2) outflow kanülünün piksistolik-diyastolik (S/D) hız oranı AY şiddeti ile ters ilişkilidir. Geleneksel kriterlerle kar-şılaştırıldığında, bu yeni parametreler SV dolum basınçları ve AY fraksiyonu ile daha iyi bir korelasyon göstermiştir. S/D oranı < 5,0 veya diyastolik akselerasyonu > 49,0 cm/s<sup>2</sup> olması orta veya ciddi AY'yi gösterir.<sup>599</sup>

### İnterventriküler Septum Pozisyonu

İnterventriküler basınç gradienti diyastol sonu IVS pozisyonunu belirler ve bu pozisyon düzenli olarak 'orta hatta, sola kaymış veya

sağa kaymış' olarak rapor edilmelidir. Aşırı LVAD hızının neden olduğu LV fazla 'unloading'i, azalmış LV ön yükü veya artmış RV diyastol sonu basınçlarının tümü septumun sola kaymasına neden olabilir. Artmış LV art yükü, şiddetli AY, pompa disfonksi-yonu veya yetersiz LVAD hız ayarı, LV diyastol sonu basınçlarının yükselmesine neden olabilir ve bu da septumun sağa kaymasına neden olur.<sup>573</sup>

### Inflow ve Outflow Kanüllerin Fonksiyonları

*Inflow orifisinde yüksek hızlı renkli Doppler veya yüksek hızlı spektral Doppler (> 1,5 m/s); kanülün yanlış hizalanmasına, 'suc-tion'a veya diğer inflow obstrüksiyonlarına bağlıdır.*<sup>573</sup>

*Düşük inflow hızı;* inflow kanülün internal trombozuna veya sis-temde daha distal bir obstrüksiyona işaret edebilir. Doppler akış hızı profili nispeten 'sürekli' görünebilir (azalmış fazik/pulsatil patern ile).<sup>573</sup>

*Outflow greftindeki yüksek hız;* genellikle bir obstrüksiyondan (örn. kink veya trombüs) kaynaklanır. Örnek hacmi (sample volume) obstrüksiyon bölgesine yakınsa pik outflow greft hızı > 2 m/s'dir; ancak örnek hacmi obstrüksiyon bölgesinden uzaksa spektral Doppler sinyali azalır veya yoktur. Doppler sinyalinin olmamasının yanı sıra pompa hızının değişmesine rağmen RVOT atım hacminde veya LV boyutunda değişiklikliğin olmaması outf-low kanül obstrüksiyonunu düşündürür.<sup>573</sup>

### LVAD Disfonksiyonu ile İlgili Rekürren KY'nin Değerlendirilmesi

Genel olarak, LVAD disfonksiyonunun üç ana kategorisi vardır: (i) yüksek güç ile düşük pompa akışı, (ii) normal güç ile düşük pompa akışı ve (iii) düşük kalp debisi ile yüksek pompa akışı.

*Yüksek güç ile düşük pompa akışı,* artmış art yükten kaynaklan-maktadır. Pompa yetmezliği, trombozdan veya mekanik bir arı-zadan kaynaklanabilir. Ekokardiyografik bulgular olarak; IVS'nin sağa doğru sapması, fonksiyonel MY ve her siklusta aort kapa-ğın açılması, LV ve/veya sol atriyumda spontan ekokardiyogra-fik kontrast ve her iki kanülden regürjitasyon bulunur. Bir LVAD trombozu veya arızası acil pompa değiştirme ameliyatı gerekti-rebileceğinden, bu ayrım kritik önem taşır. Outflow kanülünde akımın azalması veya kaybolması durumunda outflow kanül obstrüksiyonu düşünülmelidir.<sup>600,601</sup>

*Normal güçte düşük pompa akışı,* RV yetmezliği, ciddi TY veya hipovolemi ile ortaya çıkabilen azalmış LVAD ön yükünden kay-naklanır. Ayrıca inflow kanül obstrüksiyonu da bu duruma neden olabilir.<sup>573</sup>

*Düşük kardiyak output ile yüksek pompa akışı;* LVAD debisinden daha düşük bir total kardiyak debi 'futile döngü' olasılığını akla getirmelidir. Bu durum altta yatan önemli bir AY'ye işaret ede-bilir.<sup>573</sup>

### Özet

LVAD implantasyonu planlanan hastalarda, uygun aday seçimi uzun dönem morbidite ve mortaliteyi belirleyen en önemli fak-tördür. Ekokardiyografi, adaylık için ameliyat öncesi değerlen-dirme, LVAD implantasyonu sırasında rehberlik, komplikasyon-ların tespiti ve uzun vadeli izleme için en önemli ve ilk basamak görüntüleme yöntemidir.

**Video 17.** 3B SV volümleri

**Video 18.** 3B sağ ventrikül volümleri

**Video 19.** Inflow kanül ve pozisyonu

**Video 20.** Üst özofajeal pencereden elde edilen, outflowdan asendan aortaya doğru olan akım

**Video 21.** Sol ventrikül 'unloading'

**Video 22.** Sol atrium 'unloading'

**Video 23.** Akut sağ ventrikül yetmezliği –ciddi 'suction'

**Video 24.** Sağ ventrikül yetmezliği –LVAD hızı düşürüldükten sonra

**Video 25.** Sağ ventrikül yetmezliği – EKMO implantasyonundan sonra

**Video 26.** Aort kapak açılmıyor