

## ECMO SIRASINDA HEMODİNAMİK MONİTÖRİZASYON

### 12. BÖLÜM

*Dr. Arslan ÖCAL*

Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO) uygulanan kritik hastalarda kardiyopulmoner fonksiyonların değerlendirilmesi ve tedavi etkinliğinin belirlenmesi amacıyla ileri düzeyde hemodinamik takip gerekir. Hemodinamik monitörizasyonda amaç; organ perfüzyonu ve periferik dolaşımın yani global doku perfüzyonun yeterliliğiyle ilgili veriler elde etmektir<sup>1</sup>. Yeterli oksijen sunumu ve hemodinamik destek için hemodinamik analizin doğru yöntemlerle yapılması gerekir. Kalp hızı, kan basıncı, santral venöz basınç (SVB), periferik ve santral venöz oksijen saturasyonu, solunumsal parametreler, idrar çıkışı gibi temel vital parametrelerle birlikte kardiyak debi (KD), pulmoner kapiller wedge basıncı (PCWP), pulmoner arter basıncı (PAB), mikst venöz oksijen saturasyonu (SvO<sub>2</sub>), strok volüm varyasyonu (SVV), ekstrasvasküler sıvı gibi parametreler; sıvı desteği, vazopressör ve inotropik destek tedavisi sırasında takip edilmelidir.

Veno-venöz ECMO (VV ECMO) uygulanan hastalarda mevcut kardiyak fonksiyon bozukluğu sık görülmez. Solunum yetersizliğine bağlı, mekanik destek gerektirmeyen kardiyak fonksiyon bozukluklarıyla da karşılaşmaktadır. VV ECMO sırasında uygun monitörizasyon için mekanik desteğin etkin olup olmadığına ve hastanın solunumsal durumuna bakılmalıdır<sup>2</sup>. Arterial oksijen saturasyonunu (SaO<sub>2</sub>) ve SvO<sub>2</sub>, solunumsal fonksiyonlar için iyi göstergelerdir. VV ECMO'nun efektif olduğunu düşünmek için SaO<sub>2</sub>>80% ve SvO<sub>2</sub>>70% olması gerekir<sup>3</sup>. VV ECMO sırasında arteriyel oksijen düzeyi kan akımıyla yakın ilişkilidir. Buna karşın, dekarboksilasyon için yüksek kan akımı gerekmez ve düşük kan akımında da yeterli dekarboksilasyon sağlanır.

Kan gazı ölçümü arteriyel yoldan alınan kan örneklerinden yapılır. VV ECMO sırasında oluşan hipoksemi ve SvO<sub>2</sub> düşüklüğünün farklı mekanizmaları vardır. Resirkülasyon bunlardan biridir. Bu fenomen, venöz kanülün fiziksel özellikleriyle, kanülün proksimal ve distal lümeninin yerleşim yeriyle doğrudan ilişkilidir<sup>4,5</sup>. Resirkülasyonun ana etkisi, sağ atriyundaki kanın oksijen düzeyinde azalma ve dolayısıyla oksijen sunumunun da düşüş sonucunda global veya bölgesel hipoperfüzyona yol açmasıdır. Resirkülasyon varlığında, SvO<sub>2</sub> ölçümlerinin ECMO devresinden yapılması yanılgıya yol açar. Global perfüzyonu doğru değerlendirmek için, direkt olarak pulmoner arterden alınan kan örneklerinden SvO<sub>2</sub> ölçümleri yapılmalıdır. VV ECMO sırasındaki hipokseminin bir diğer önemli nedeni, dolaşım desteğinden gelen oksijenize kan ile vena cava'dan gelen deoksijenize kanın karışmasıdır. Bu durumda, sağ atriyumdaki kanın oksijen düzeyi azalır ve doku perfüzyonu beklenenden daha düşük olur.

Veno-arteriyel ECMO (VA ECMO), kısmi kardiyopulmoner bypass ile istirahatteki kardiyak debinin %60-80'ini karşılar. Geriye kalan %20-40'ını nativ pulmoner dolaşımdan gelen venöz kan akışıyla sağlar. VA ECMO dolaşımındaki kan akımı; preload, afterload ve dakikadaki devir sayısı (RPM), kanül uzunluğu ve çapından etkilenir. Sentrifugal pompalar preload bağımlı ve afterload duyarlıdır. Hipovolemi ya da tamponad ve tansiyon pnömotoraks gibi preloadu azaltan durumlarda pompa akımı da azalır. Oksijenatördeki trombüs ve arteriyel kanüldeki kıvrılmalar gibi pompa sonrası tıkanıkların yanında, aşırı artmış SVR ve artmış ortalama arteriyel basınca (OAB) bağlı olarak ECMO akımı azalır. Dolaşım komponentleri erişkinlerde 50-75 ml/kg/dk akım oluşturmaya izin verecek şekilde seçilmelidir<sup>6</sup>.

ECMO akımları ve OAB monitörize edilmelidir. VA ECMO'nun miyokard üzerine etkilerine bağlı gelişen hemodinamik değişimler, arteriyel dalga formundaki pulsatilite ile değerlendirilir.

RPM'de değişiklik yokken mekanik destek sisteminde dolaşan akımda düşüklük; preload azalması ya da afterloada aşırı artışa bağlıdır. Preload'daki düşüş hipovolemi ya da kanamaya bağlı gelişir. Uç organların optimal fonksiyonu için yeterli düzeyde perfüzyon basıncına ihtiyacı vardır. Bunun için, OAB≥65 mmHg olması gerekir. OAB, afterload artışına sebep olmamak ve ileri akışı desteklemek için 90 mm Hg'yi aşmamalıdır. Hipovolemik hastada, KD ve SVR artışı sağlanarak istenilen OAB düzeyleri elde edilir. VA ECMO akım hızının artırılmasıyla KD artar.

VA ECMO desteği sırasında, venöz dönüşü azaltarak kalbin volüm yükünü ve duvar gerilimini düşürebiliriz. Azalmış preload'a bağlı olarak diyastol sonu volüm (LVEDV) ve diyastol sonu basıncın (LVEDP) azalması koner perfüzyon basıncını artırır. Bu sayede ECMO desteği sırasında miyokard fonksiyonlarında düzelme görülür.

Uygun düzeyde mekanik desteğe rağmen pulsatilite yokluğu miyokard kontraktilesinin kötü olduğu anlamına gelir. Kan, sol ventrikül ve aortik kökte durağanlaşmıştır. Bu durumda trombüs oluşum riski ve buna bağlı olarak emboli riski artar.

Pulsatilite dinamik özelliktedir. Pulsatilite kaybı, kötüleşen miyokard fonksiyonunu işaret ederken, pulsatilitenin ortaya çıkması veya nabız basıncındaki artış ise miyokard fonksiyonundaki düzelmenin göstergesidir. Pulsatilite kaybının ayırıcı tanısı yapılması gereken durumlar:

- VA ECMO akımının çok yüksek olması; pulsatil olmayan düz bir arteriyel trase görülür. Kardiyak outputun %100'e yakını ECMO dolaşımındadır.
- Hipovolemi veya mekanik obstrüksiyon; intravasküler volüm azlığı veya venöz dönüşü azaltan mekanik engellemelerle LV preloadunun azalmasına bağlı strok volüm ve nabız basıncı azalır.
- Sağ ventrikül yetersizliği

Hemodinamik monitörizasyon için zaman içerisinde geliştirilen oldukça kompleks cihazlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu cihazlar; invaziv, minimal invaziv ve invaziv olmayan şeklinde sınıflandırılmaktadır.

## 12.1 İnvaziv teknik

### 12.1.1 Pulmoner arter kateterizasyonu

Hemodinamik takip için halen altın standarttır. Jugular, subklavian ve femoral ven girişiyle sağ atriyum (RA) ve sağ ventrikül (RV) geçilerek pulmoner artere yerleştirilen kateter sayesinde direkt ölçülüm yapılır. SVB (santral venöz basınç), PAB (pulmoner arter basıncı), pulmoner arter wedge basıncı (PCWP), ventrikül doluş basınçlarını ölçme olanağı sağlar. Pulmoner arterden alınan kan örnekleriyle santral venöz oksijen saturasyonu (SvO<sub>2</sub>) ve termodilüsyon yöntemi kullanılarak kardiyak debi değerleri sürekli monitörize edilebilir. Sistemik vasküler rezistans (SVR), pulmoner vasküler rezistans (PVR) ve oksijen ekstraksiyon oranı gibi parametreler hesaplanabilir. Pulmoner arter kateterizasyonu geçmişte sık kullanılmış olan yöntemdir. Diğer yöntemlerle pulmoner dolaşımdan ve sağ kalpten direkt ölçüm alınmadığı için halen sağ kalp yetmezliği ve pulmoner hipertansiyonda en güvenilir yöntemdir.

## 12.2 Minimal invaziv teknikler

### 12.2.1 Transpulmoner termodilüsyon (PiCCO)

PiCCO ile santral venöz kateter ve termistörlü arteriyel yol kullanılarak aralıklı ya da sürekli kardiyak debi (KD) ölçümü yapılır. KD ölçümünde transpulmoner termodilüsyon tekniği kullanılır. Nabız basıncı varyasyonu (NBV) ve SVV (strok volüm varyasyonu) ölçümleri kalbin ön yüküyle ilgili parametreleri değerlendirme imkanı sağlar.

PiCCO sistem ile global diyastol sonu volüm, toraks içi kan volümü, damar dışı akciğer sıvısı, pulmoner kan volümü, pulmoner vasküler geçirgenlik indeksi, global ejeksiyon fraksiyonu, kontraktilite ve sistemik vasküler rezistans ölçümleri yapılabilir.

### 12.2.2 Transpulmoner termodilüsyon (EV1000)

### 12.2.3 Transpulmoner boya dilüsyonu (LiDCO)

### 12.2.4 Ultrason akım dilüsyonu

### 12.2.5 Nabız kontur ve nabız basıncı analizi

### 12.2.6 Solunum kaynaklı kardiyak output monitörizasyon sistemi(NiCO)

### 12.2.7 Transözofageal ekokardiyografi(TEE)

### 12.2.8 Özofageal Doppler

Fleksibl ultrason probu kullanılarak desendan aortadan strok volüm ve kardiyak output ölçümleri alınır. Düzeltilmiş akım zamanı ile preload tahmini yapılabilir. Operasyon sırasında volüm ayarlaması için kullanışlıdır<sup>7</sup>.

## 12.3. İnvaziv Olmayan Teknikler

### 12.3.1 Noninvaziv nabız kontur sistemleri

### 12.3.2 Biyoimpedans

### 12.3.3 Tahmini sürekli kardiyak debi (esCCO)

### 12.3.4 Ultrasonografik kardiyak debi monitörizasyonu (USCOM)

### 12.3.5 Transtorasik Ekokardiyografi

Erişkin popülasyonda VA ECMO ve VV ECMO uygulanma sıklığı giderek artmaktadır. Ciddi kardiyak ve solunum yetmezliğine sebep olan etiyolojik sebeplerin tanı ve seyirlerinin takibinde ekokardiyografi önemli rol oynar.

ECMO hastalarında ekokardiyografinin monitörizasyonun yeri:

- Hasta seçimi
- Destek sırasında monitörizasyon
- Kanülasyon yeri ve doğru yerleşimi
- Komplikasyonların tanınması
- Karar verme: Kardiyak toparlanma, weaning

ECMO desteği başlatılmadan önce, hastanın hemodinamik durumunun izin verdiği ölçüde kapsamlı ekokardiyografik değerlendirme yapılmalıdır. ECMO kurulumunun acil olduğu klinik tablolarda detaylı ekokardiyografi yapılamayabilir. ECPR uygulanan refrakter kardiyak arrestte, kardiyak tamponad benzeri hızla düzeltilebilen sebepler ekokardiyografi ile tespit edilebilir<sup>8</sup>.

**Tablo 1.** ECMO öncesi değerlendirilmesi gereken ekokardiyografik parametreler

| SOL VENTRİKÜL                |                                                  |
|------------------------------|--------------------------------------------------|
| Morfoloji                    | Çap, duvar kalınlıkları, görünüm                 |
| Sistolik fonksiyon           | Ejeksiyon fraksiyonu(LVEF) (Simpson metodu)      |
|                              | Duvar hareket anormallikleri                     |
|                              | Mitral S dalgası, LVOT VTI                       |
| Diyastolik fonksiyon         | E/A (transmitral)                                |
|                              | E/e' oranı (mitral annulus)                      |
| Sol atriyum                  | Çap ve volüm                                     |
| Kapakların değerlendirilmesi | Aort ve mitral kapakların yetmezlik ve darlığı   |
| SAĞ VENTRİKÜL                |                                                  |
| Morfoloji                    | Çap ve duvar kalınlıkları                        |
| Sistolik fonksiyon           | TAPSE, triküspid anulus doku Doppler, S' dalgası |
| Diyastolik fonksiyon         | E/A (Transtriküspid)                             |
| Triküspid yetmezliği         | Sistolik pulmoner arter basıncı(SPAB)            |
| Sağ atriyum                  | Çap ve volüm                                     |
| Patent foramen ovale         | Renkli Doppler, kontrast ekokardiyografi         |
| IVC/SVC (TEE)                | Çap ve solunumsal varyasyon                      |
| Vasküler                     | Tromboz, darlık, aort diseksiyonu                |

E/A erken diyastolik pik velosite / diyastolik atriyal kontraksiyon, E/e' erken diyastolik pik velosite/erken diyastolik doku Doppler velosite, IVC inferior vena kava, LV sol ventrikül, LVOT sol ventrikül çıkış yolu, RV sağ ventrikül, SVC superior vena cava, TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion), TEE transözofageal ekokardiyografi<sup>6</sup>

Akut solunum yetmezliği sendromu (acute respiratory distress syndrome, ARDS) hastalarında, yeterli akciğer ventilasyonu sağlandığında RV disfonksiyonu insidansı %25'lere kadar gerilemiştir<sup>9 10</sup>. Solunum yetmezliğinde uygulanan VV ECMO ile hipoksi ve hiperkapnide düzelme sonucu pulmoner vasküler rezistansta düşme görülür. Hemodinaminin düzelme ile birlikte RV disfonksiyonunda gerileme görülür. Takip sırasında sol ventrikül fonksiyon bozukluğunun ilerlemesi gibi bir durumda VA ECMO kullanımı gerekebilir. Hastalığın seyrinde oluşabilecek problemleri tanımda ekokardiyografik takip önemlidir.

RV disfonksiyonu ekokardiyografik bulguları: RV dilatasyonu, interventriküler septum düzleşmesi, D görünümlü sol ventrikül, sağ atriyum genişlemesi, triküspid annülüs genişlemesi ve ileri derecede triküspid kapak yetmezliği olarak gösterilebilir. TAPSE, doku Doppler ile tespit edilen triküspid annuler pik sistolik hızı (S') ve fraksiyonel alan değişimi ölçümleri ile RV disfonksiyonuyla ilgili objektif değerlendirme yapılabilir. McConnell işareti (RV serbest duvarda hipokinezi/akinezi, apexte hiperkinezi), pulmoner emboli gibi akut gelişen pulmoner hipertansiyona bağlı oluşur<sup>11 12</sup>.

RV sistolik basıncı, triküspid yetmezlik akımı pik hızı ölçülerek hesaplanır. ECMO desteği başlanılan hastalarda bu ölçüm yöntemi güvenilir değildir. Sağ atriyumdan kanın drenajı ve reinjeksiyonu sonucu RA ve RV arasındaki basınç farkları değişir. Bu değişim triküspid yetmezlik akımı etkiler ve RV sistolik basıncının gerçek değeri doğru tespit edilemez, LV global fonksiyonları ve çapları değerlendirilmelidir. LV sistolik fonksiyonları için modifiye Simpson yöntemi kullanılarak LV ejeksiyon fraksiyonu ölçülür<sup>11</sup>. Dilate sol atriyum varlığı, uzun süreli artmış sol atriyum basıncı ve artmış sol ventrikül diyastolik basıncını düşündürür. ECMO öncesi transtorasik ekokardiyografi (TTE) ya da transözofageal ekokardiyografi (TEE), bazı ciddi patolojilerin tespitinde yardımcı olur. Aort diseksiyonu büyük oranda cerrahi müdahale gerektirir ve ECMO uygulaması önerilmez. VA ECMO başlanan aort yetmezlikli hastalarda, LV afterload artışıyla kapak yetmezliği artar ve LV dilatasyonu ve pulmoner ödem gelişir<sup>13-16</sup>. Mitral yetmezlik derecesi de ECMO uygulamasıyla kötüleşir ve pulmoner ödem riski artar.

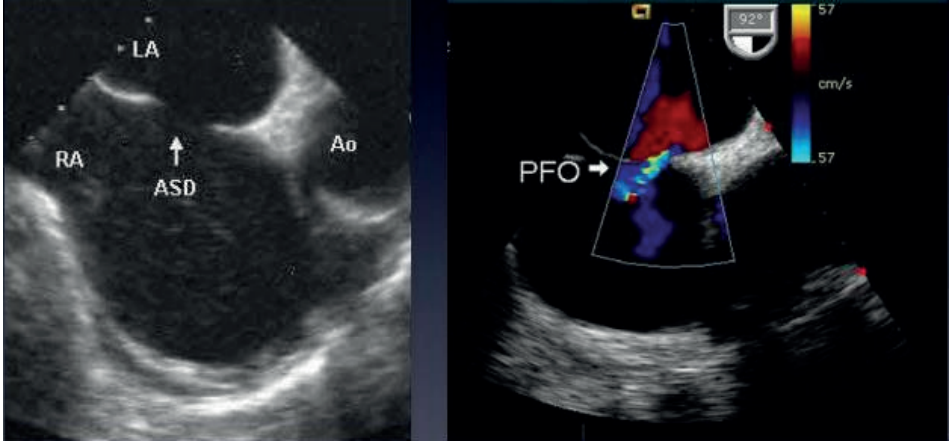
Triküspid darlığında oksijenize kanın RA'dan RV'ye geçişi zorlaşır. Akut ciddi triküspid yetmezliğinde, sağ atriyal basınçlardaki artış sonucunda PFO (Patent Foramen Ovale) ile sağdan sola şant gelişir ve ciddi hipoksemi ile kendini gösterir. ASD (Atrial Septal Defect) ve PFO gibi intrakardiyak şantlar ECMO sırasındaki oksijenasyonu etkilemez ancak weaning sırasında sağ basınçların artmasıyla sağ-sol şant gelişebilir (Şekil 1).

Perikardiyal efüzyon varsa, bu sıvının daha önceden mi yoksa kanülasyon sırasında oluşan iatrojenik koleksiyon mu olduğu değerlendirilmelidir.

RA içerisindeki embriyojenik kalıntı olan Chiari network, kanül yerleştirirken kanülün ilerletilmesini zorlaştırır ve yüksek tromboz riski oluşturur. Dilate koroner sinüs varlığında ise kanülasyon yanlışlıkla koroner sinüse yapılabilir. Persistan sol süperior vena cava olan hastalarda; RA'ya olması gereken oksijene kan reinjeksiyonla persistan vena cava aracılığıyla sol kola yönlendirilmesi istenilen düzeyde oksijenasyon sağlanamaz<sup>17</sup>.

### 12.3.5.1 Kanülasyon

ECMO kanülasyonunda TTE, TEE veya floroskopi kullanılabilir. Bunların kendilerine ait avantajları ve dezavantajları vardır. Kanülasyon öncesi vasküler anatomisinin görülmesi, kanül

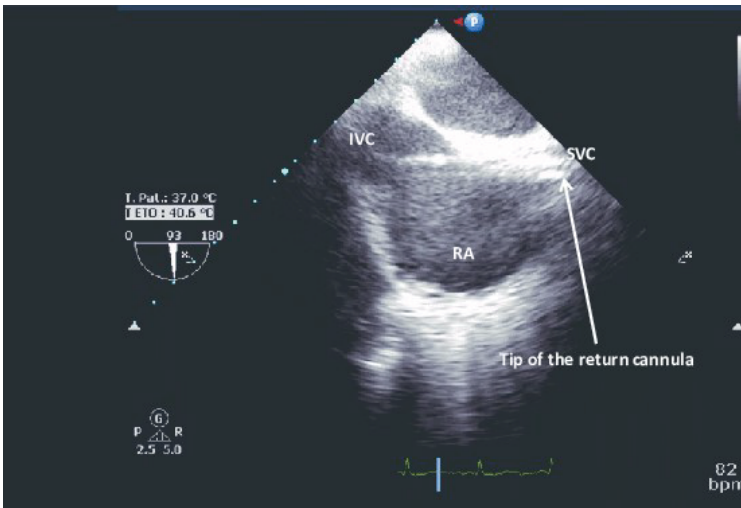


**Şekil 1.** Transözofageal ekokardiyografide ASD ve PFO görünümü

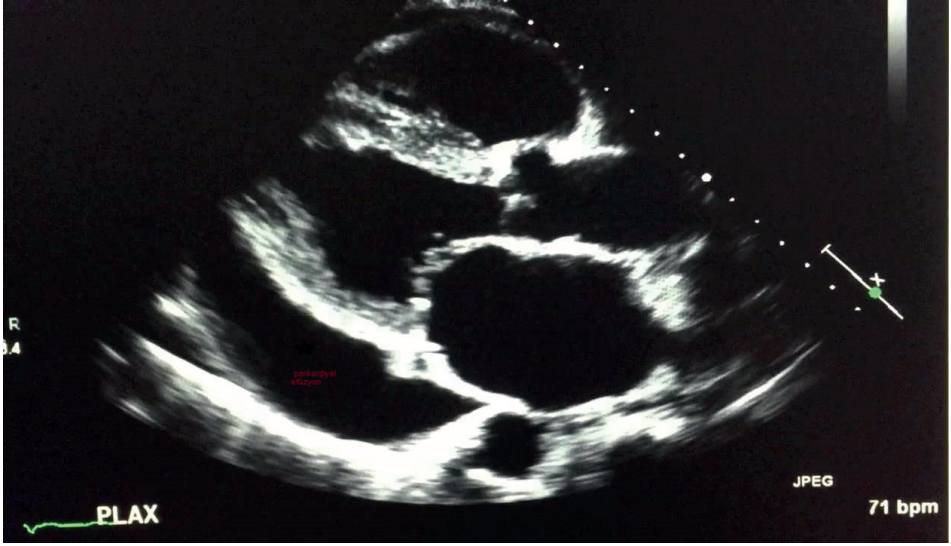
yerleştirmeye engel bariyerler olup olmadığını belirlemeye yarar. ECMO akımını belirleyen en önemli faktör kullanılan kanül boyutudur, damar çaplarının ölçülmesi, ideal kanül boyutlarını seçmede yardımcı olur<sup>18 19</sup>.

VV ECMO'da femoral venden inferior vena cava'ya yerleştirilen kanül ve internal juguler vene yerleştirilen kanül olmak üzere iki venöz kanül kullanılır. Alternatif olarak her iki femoral ven kanülü kullanılabilir. Diğer seçenek ise çift lümenli tek kanül sağ internal juguler venden ilerletilerek süperior vena cava (SVC)'ya yerleştirilir. Transözofageal ekokardiyografide midözofageal, bikaval ve modifiye bikaval seviyelerde IVC, SVC, TV ve sağ atriyum iyi görüntülenebilir<sup>20</sup> (Şekil2).

Kılavuz telin vena cava'dan sağ ventriküle, koroner sinüse ve atriyal septal defekten geçmediği teyid edilmelidir. Perikardiyal mayi artışı olup olmadığına bakılmalıdır<sup>21</sup> (Şekil3).



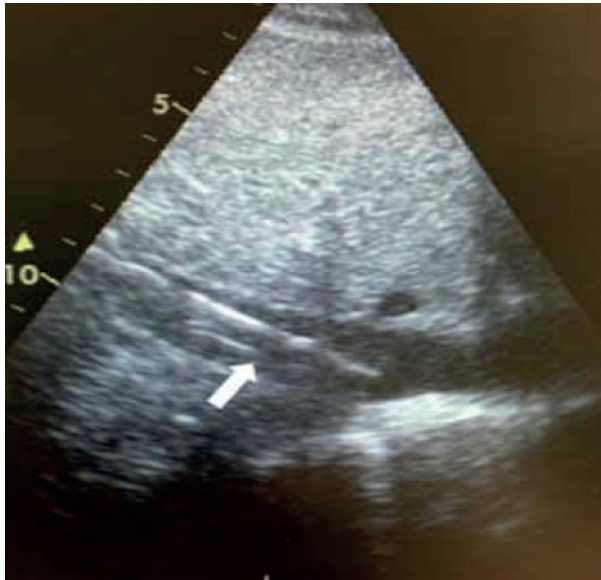
**Şekil 2.** Transözofageal ekokardiyografide SVC içine yerleştirilmiş kanül görünümü



**Şekil 3.** Transtorasik ekokardiyografide kalbin posteriorunda perikardiyal efüzyon

Optimal direnaj için kanül ucu, vena cava-RA sınırının hemen ilerisinde olmalıdır (Şekil4). Kanül ucu yeterince ilerletilmezse vena cava'ya bası oluşturur.

IVC kanülünün hepatic veni tıkaması sonucunda akut gelişen sarılık, hepatomegali, asit, karaciğer enzim yüksekliği ve ensefalopatiyle seyreden Budd-Chiari sendromu gelişir<sup>22</sup>. Kanülün RA'ya gereğinden fazla ilerletilmesinde ise, interatriyal septum ve triküspid kapakta hasar oluşturabilir<sup>23</sup>. Kanülasyon sonrasında, EKO ile kanül ucunun doğru pozisyon-



**Şekil 4.** IVC'ya yerleştirilmiş kanül(beyaz ok)

da olup olmadığına bakılmalıdır. Renkli akım Doppler ile ECMO sisteminden dönen kanın, interatriyal septum ve hepatik vene değil de triküspid kapağa doğru yönlendirilmiş olduğu görülmelidir. Bikaval dual lümen kanül kullanılmışsa oksijene kanın triküspid kapağa doğru yönlendirilmiş olması gerekir<sup>24,25</sup>.

Periferik VA ECMO'da venöz direnaj kanülü VV ECMO'daki gibi IVC-RA sınırındadır, dönüş kanülü ucu ise femoral arter yoluyla iliak arter veya distal aortadadır. Aortik ultrason, kanülün uygunsuz yerleşimini tespit etmede yardımcı olur. Santral VA ECMO'da reinjeksiyon kanülü asendan aortadadır.

Kanül yerleştirme sırasında intraoperatif göğüs röntgeni, kanül malpozisyonunun tespiti için yetersizdir ve kanül akımını değerlendirmeye olanak sağlamaz<sup>26</sup>. Reinjeksiyon akımının yönünü göstermede kontrast ekokardiyografi faydalıdır<sup>27,28</sup>. Kanülasyon sırasında ekokardiyografi ve floroskopinin birlikte kullanılması da önerilmektedir<sup>29,30</sup>.

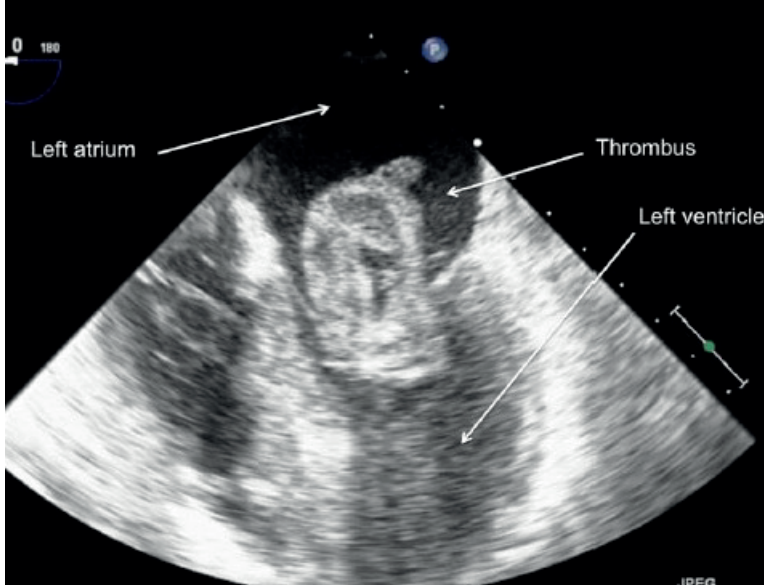
### 12.3.5.2 ECMO sırasında monitörizasyon

ECMO sırasında düzenli olarak günlük ekokardiyografik takip yapılmalıdır. Değerlendirilecek parametreler Tablo 3'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** ECMO sırasında ekokardiyografik parametreler

|                | VV ECMO                                                  | VA ECMO                                                                                                                                |
|----------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Monitörizasyon | Biventriküler çap ve fonksiyonlar                        | Biventriküler çap ve fonksiyonlar                                                                                                      |
|                | Biatrilyal çap ve volüm                                  | Biatrilyal çap ve volüm                                                                                                                |
|                | Önceden var olan problemlerin takibi                     | Önceden var olan problemlerin takibi                                                                                                   |
|                | Kanül pozisyonu                                          | Mitral/aortik yetmezlik                                                                                                                |
|                | Perikardiyal efüzyon                                     | Aortik kapak açılımı                                                                                                                   |
|                | IVC çap ve kollapsabilite                                | Kalp boşluklarında spontan eko kontrast ve trombüs<br>Aortik trombüs, Kanül pozisyonu, Perikardiyal efüzyon, IVC çap ve kollapsabilite |
| Weaning        | LVEF                                                     | LVEF                                                                                                                                   |
|                | RV çap ve fonksiyonlar (TAPSE, FAC, triküspid annulus S) | LVOT VTI                                                                                                                               |
|                | Paradoksik septum                                        | S dalgası(lateral annulus)                                                                                                             |
|                | TY ve RVSP                                               | TY, RVSP, RV çap ve fonksiyonlar                                                                                                       |

FAC fraksiyonel alan değişimi, IVC inferior vena cava, LVEF sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, LVOT VTI left ventricular outflow tract velocity time integral, RV sağ ventricle, RVSP right ventrikül sistolik basınç, TAPSE tricuspid annular plane systolic excursion, TY triküspid yetmezlik



Şekil 5. ECMO sırasında LA ve LV'ye uzanan, mitral kapak üzerinde büyük trombüs

Kardiyak boşluk boyutları ve aortik kapak açılımı ekokardiyografik olarak monitörize edilmelidir. Periferel VA ECMO'da; LV strok volüm akımı ile ECMO dolaşımından gelen retrograd aortik akım kompetisyona girer. Aortik kapak açılımının olmaması, LV distansiyonuna ve trombüs oluşumuna neden olur. Kalp boşluklarında, mitral ve aort kapak üzerinde trombüs varlığı ekokardiyografi ile tespit edilir<sup>31-33</sup> (Şekil 5). Spontan eko kontrast varlığında trombüs oluşma riski çok artmıştır. LV ve LA dilatasyonu pulmoner ödemle ilişkilidir, LV dekompresyonu ile hızla düzelir<sup>34-35</sup>. ECMO'daki hastanın toparlanma sürecinde RV dilatasyonu olmadan biventriküler kontraktilite artışı oluşur.

ECMO akımında yetersizlik sebeplerinin belirlenmesinde ekokardiyografi kullanılmalıdır. Özellikle bikaval çift lümen kanül kullanımında sıklıkla görülen kanülün yer değiştirmesiyle ciddi hipoksemi gelişir<sup>36</sup>. TTE ve TEE eşliğinde kanül pozisyonu yeniden ayarlanmalıdır. Kanül içinde trombüs varlığı da PW ve renkli Doppler ile değerlendirilmelidir<sup>37</sup>.

Sistemik antikoagülan kullanımı kanama ve perikardiyal koleksiyona sebep olabilir. Perikardiyal mayi takibi ve tamponad gelişimi takip edilmelidir.

Ventriküler kontraktilite ve aortik kapak açılımının düzelmesi gibi kardiyak toparlanma sürecinde weaning için karar verilmelidir. ECMO kan akımının 1-1.5 L/dk'ya düşmesi ECMO dolaşımında trombüs oluşum riskini artırır. ECMO akımı minimal düzeydeyken bile weaning kararı vermek kolay olmayabilir. Akut RV disfonksiyonunda akım çok düşük seviyelerdedir ve weaning için yanıltıcıdır.

VA ECMO'dan başarılı weaning için ventrikül çapları ve EF dışında parametreler belirlenmeye çalışılmıştır<sup>38</sup>. ECMO akımında kademeli azalması ve minimal ECMO desteği sırasında aortik VTI >10 cm olmasının başarılı weaning için prediktif değeri vardır. Ejeksiyon

fraksiyonu >20-25%, doku adaoppler ile ölçülen mitral annulus lateral pik sistolik S dalga velositesi(Sa) >6cm/s olması başarılı weaningle ilişkilidir. Minimal ECMO akımında strain ve strain rate değerlerinde bazal değerlere göre 20%'lik artışında başarılı weaning için prediktif değeri olduğu gösterilmiştir<sup>39</sup>.

Ekokardiyografi, ECMO desteğinin her aşamasında çok önemli bir rol oynamaktadır. VV ile VA ECMO arasındaki seçimin belirlenmesinde ve hastalık tanısının doğrulanmasında yardımcı olur. Kompleks hastalıkların günlük takiplerinde ve komplikasyonların azaltılmasında klinisyene yardımcı olur. Kanülasyon, toparlanma süreci, muhtemel komplikasyonların takibinde ve VA ECMO weaning fazında ekokardiyografik değerlendirme mutlaka yapılmalıdır. ECMO hastalarında optimal ekokardiyografik takip için güncel bir kılavuz yoktur. Özellikle VV ECMO'da RV fonksiyonları monitörizasyonu için yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

#### İpuçları

- ❖ ECMO uygulanan kritik hastalarda kardiyopulmoner fonksiyonların değerlendirilmesi ve tedavi etkinliğinin belirlenmesi amacıyla ileri düzeyde hemodinamik takip gerekir.
- ❖ Hemodinamik monitörizasyonda amaç; organ perfüzyonu ve periferik dolaşımın yani global doku perfüzyonun yeterliliğiyle ilgili veriler elde etmektir
- ❖ Hemodinamik monitörizasyon için İnvaziv, minimal invaziv ve invaziv olmayan yöntemler kullanılır. Pulmoner arter kateterizasyonu halen altın standarttır. Transpulmoner termodilüsyon(PiCCO) gibi minimal invaziv yeni yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır
- ❖ Hemodinamik analizin doğru yöntemlerle yapılması gerekir.
- ❖ ECMO desteği sırasında: Kalp hızı, kan basıncı, santral venöz basınç(SVB), periferik ve santral venöz oksijen saturasyonu, solunumsal parametreler, idrar çıkışı gibi temel vital parametrelerle birlikte kardiyak debi(KD), PCWP, pulmoner arter basıncı(PAB), mikst venöz oksijen saturasyonu(SvO2), strok volüm varyasyonu(SVV), ekstrasvasküler sıvı takip edilmelidir.
- ❖ Ekokardiyografik monitörizasyon, ECMO desteğinin her aşamasında çok önemlidir.
- ❖ Hasta seçimi, destek sırasında monitörizasyon, kanülasyon yeri ve doğru yerleşimi ve komplikasyonların tanınması için ekokardiyografik değerlendirme gereklidir
- ❖ Ekokardiyografi ile kalbin morfolojik yapısı(çap, duvar kalınlıkları, görünüm) ve fonksiyonları(sistolik ve diyastolik) değerlendirilir
- ❖ Uygun kanül seçimi ve yerleştirilmesi ile destek sırasındaki komplikasyonların tanınmasında ekokardiyografiden faydalanılmalıdır
- ❖ Weaning planlanırken ekokardiyografik parametreler dikkate alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Porhomayon J, El-Solh A, Papadakos P, et al. Cardiac output monitoring devices: an analytic review. *Internal and emergency medicine* 2012;**7**(2):163-71.
2. Schmidt M, Tachon G, Devilliers C, et al. Blood oxygenation and decarboxylation determinants during venovenous ECMO for respiratory failure in adults. *Intensive care medicine* 2013;**39**(5):838-46.
3. Gaffney AM, Wildhirt SM, Griffin MJ, et al. Extracorporeal life support. *Bmj* 2010;**341**:c5317.
4. Bonacchi M, Harmelin G, Peris A, et al. A novel strategy to improve systemic oxygenation in venovenous extracorporeal membrane oxygenation: the "χ-configuration". *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery* 2011;**142**(5):1197-204.
5. Lindstrom SJ, Mennen M, Rosenfeldt FL, et al. Veno-right ventricular cannulation reduces re-circulation in extracorporeal membrane oxygenation. *Perfusion* 2012;**27**(6):464-69.
6. Chung M, Shiloh AL, Carlese A. Monitoring of the adult patient on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *The Scientific World Journal* 2014;**2014**.
7. McKendry M, McGloin H, Saberi D, et al. Randomised controlled trial assessing the impact of a nurse delivered, flow monitored protocol for optimisation of circulatory status after cardiac surgery. *Bmj* 2004;**329**(7460):258.
8. Price S, Uddin S, Quinn T. Echocardiography in cardiac arrest. *Current opinion in critical care* 2010;**16**(3):211-15.
9. Boissier F, Katsahian S, Razazi K, et al. Prevalence and prognosis of cor pulmonale during protective ventilation for acute respiratory distress syndrome. *Intensive care medicine* 2013;**39**(10):1725-33.
10. Bouferrache K, Vieillard-Baron A. Acute respiratory distress syndrome, mechanical ventilation, and right ventricular function. *Current opinion in critical care* 2011;**17**(1):30-35.
11. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal-Cardiovascular Imaging* 2015;**16**(3):233-71.
12. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography: endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2010;**23**(7):685-713.
13. Mills SA, Hansen K, Vinten-Johansen J, et al. Enhanced functional recovery with venting during cardioplegic arrest in chronically damaged hearts. *The Annals of thoracic surgery* 1985;**40**(6):566-73.
14. Kanter K, Schaff HV, Gott VL, et al. Reduced oxygen consumption with effective left ventricular venting during postischemic reperfusion. *Circulation* 1982;**66**(2 Pt 2):I50-4.
15. Martin GR, Short BL. Doppler echocardiographic evaluation of cardiac performance in infants on prolonged extracorporeal membrane oxygenation. *The American journal of cardiology* 1988;**62**(13):929-34.
16. Lucas SK, Schaff HV, Flaherty JT, et al. The harmful effects of ventricular distention during postischemic reperfusion. *The Annals of thoracic surgery* 1981;**32**(5):486-94.
17. Broman LM, Hultman J. Double lumen catheter placement during VV ECMO in an infant with persistent left superior vena cava—important considerations. *Asaio Journal* 2014;**60**(5):603-05.

18. Conrad SA, Grier LR, Scott LK, et al. Percutaneous cannulation for extracorporeal membrane oxygenation by intensivists: a retrospective single-institution case series. *Critical care medicine* 2015;**43**(5):1010-15.
19. Bianco N, Avalli L, Sangalli F. Echocardiography in venoarterial and venovenous ECMO. *ECMO-extracorporeal life support in adults*: Springer, 2014:361-74.
20. Hahn RT, Abraham T, Adams MS, et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2013;**26**(9):921-64.
21. Hirose H, Yamane K, Marhefka G, et al. Right ventricular rupture and tamponade caused by malposition of the Avalon cannula for venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *Journal of cardiothoracic surgery* 2012;**7**(1):36.
22. Victor K, Barrett NA, Gillon S, et al. Critical care echo rounds: extracorporeal membrane oxygenation. *Echo research and practice* 2015;**2**(2):D1.
23. Abrams D, Bacchetta M, Brodie D. Recirculation in venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *Asaio Journal* 2015;**61**(2):115-21.
24. Dolch ME, Frey L, Buerkle MA, et al. Transesophageal echocardiography-guided technique for extracorporeal membrane oxygenation dual-lumen catheter placement. *Asaio Journal* 2011;**57**(4):341-43.
25. Chimot L, Marqué S, Gros A, et al. Avalon© bicaval dual-lumen cannula for venovenous extracorporeal membrane oxygenation: survey of cannula use in France. *Asaio Journal* 2013;**59**(2):157-61.
26. Irish MS, O'Toole SJ, Kapur P, et al. Cervical ECMO cannula placement in infants and children: recommendations for assessment of adequate positioning and function. *Journal of pediatric surgery* 1998;**33**(6):929-31.
27. Hayes Jr D, Preston TJ, McConnell PI, et al. Bedside saline-contrast transthoracic echocardiography placement of bicaval dual-lumen catheter for venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *American journal of respiratory and critical care medicine* 2013;**187**(12):1395-96.
28. Platts D, Fraser J, Mullany D, et al. P027 The Feasibility and Safety of Contrast Enhanced Transthoracic Echocardiography (TTE) in Critically Ill Patients Supported with Extracorporeal Membranous Oxygenation (ECMO). *International Journal of Cardiology* 2011;**147**:S16.
29. Bermudez CA, Rocha RV, Sappington PL, et al. Initial experience with single cannulation for venovenous extracorporeal oxygenation in adults. *The Annals of thoracic surgery* 2010;**90**(3):991-95.
30. Trimlett RH, Cordingley JJ, Griffiths MJ, et al. A modified technique for insertion of dual lumen bicaval cannulae for venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive care medicine* 2011;**37**(6):1036.
31. Madershahian N, Weber C, Scherner M, et al. Thrombosis of the aortic root and ascending aorta during extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive care medicine* 2014;**40**(3):432-33.
32. Ramjee V, Shreenivas S, Rame JE, et al. Complete spontaneous left heart and aortic thromboses on extracorporeal membrane oxygenation support. *Echocardiography* 2013;**30**(10):E342-E43.
33. Theron A, Ravis E, Jaussaud N, et al. Left main coronary artery thrombosis: an unexpected complication of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery* 2014;**148**(5):e215.
34. Rupprecht L, Flörchinger B, Schopka S, et al. Cardiac decompression on extracorporeal life support: a review and discussion of the literature. *Asaio Journal* 2013;**59**(6):547-53.

35. Hacking DF, Best D, d'Udekem Y, et al. Elective decompression of the left ventricle in pediatric patients may reduce the duration of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Artificial organs* 2015;**39**(4):319-26.
36. Rubino A, Vuylsteke A, Jenkins DP, et al. Direct complications of the Avalon bicaval dual-lumen cannula in respiratory extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): single-center experience. *The International journal of artificial organs* 2014;**37**(10):741-47.
37. Ranasinghe AM, Peek GJ, Roberts N, et al. The use of transesophageal echocardiography to demonstrate obstruction of venous drainage cannula during ECMO. *Asaio Journal* 2004;**50**(6):619-20.
38. Aissaoui N, Luyt C-E, Leprince P, et al. Predictors of successful extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock. *Intensive care medicine* 2011;**37**(11):1738.
39. Aissaoui N, Guerot E, Combes A, et al. Two-dimensional strain rate and Doppler tissue myocardial velocities: analysis by echocardiography of hemodynamic and functional changes of the failed left ventricle during different degrees of extracorporeal life support. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2012;**25**(6):632-40.