



6. Kritik Hastada Ekokardiyografi

Dr. Özgün YÖNETCİ, Uzm. Dr. Aslıhan YALÇIN

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Göğüs Hastalıkları ve Yoğun Bakım Bilim Dalı, İstanbul

ÖZET

Kritik hasta yönetiminde hedefe yönelik ekokardiyografi (EKO); giderek önem kazanmaktadır. Başlıca; şok, akut koroner sendrom, kalp yetmezliği, akut kor pulmonale ve perikard tamponadı gibi hızlı tanı ve tedavi gerektiren sorunlarda hayat kurtarıcı olabilir. Bir yoğun bakım uzmanının en azından temel EKO bilgi ve becerilerine sahip olması gerekmektedir. Bu bölümde kritik hastalarda, hedefe yönelik EKO uygulama yöntemlerinden bahsedilecektir.

GİRİŞ

Kritik hastada kardiyak sorunlar hızla tanınmaz ve müdahale edilmez ise ölümler sonuçlanabilir. Ekokardiyografi; hızlı ve eş zamanlı tanı sağlama, taşınabilir, kolay ve yatak başı uygulanabilir olması nedeni ile bu hasta grubunun yönetiminde oldukça değerli bir araçtır. Anatomik yapıların yanı sıra, kalbin kasılması hakkında fikir verir. Akut kardiyak patolojilerde, hedefe yönelik ultrasonografi temel alınarak izlenen algoritmalar hızla tanıya ulaşmayı sağlayabilir. Güncel rehberlerde; bir yoğun bakım uzmanının temel EKO becerilerine sahip olması gerektiği vurgulanmaktadır (1). Temel EKO yapabilmek için kantitatif ölçümlere, doppler uygulamalarına gerek yoktur, kalitatif değerlendirme prensiplerini bilmek yeterlidir. Transtoraksik EKO (TTE) genel uygulama olmakla birlikte; tranzoefageal (TEE) uygulaması için ileri EKO tecrübesi gerekmektedir. M mod özelliği olan, 2 boyutlu bir EKO cihazı ve sektör prob (2.5-7.5 MHz) yeterlidir.

Başlıca kullanım alanları şok hastalarıdır. Hemodinamik instabilitede en azından ilk yatış sırasında EKO yapılmalıdır (2). Ani kardiyak arrest durumlarında geri dönüştürülebilir nedenleri saptamak amaçlı kullanımı önerilmektedir (3). Kardiyopulmoner resusitasyon ile spontan dolaşım dönüşü sağlanmış hastaların takip ve bakımı için değerlidir (4).

Kardiyak hedefe yönelik ultrasonografi ile;

1. Sol ventrikül (Left ventricle: LV) sistolik fonksiyonu,
2. Sağ ventrikül (Right ventricle: RV) boşluk boyutları ve sistolik fonksiyonu,
3. Perikard içi sıvı varlığı, tamponad,
4. Volüm durumu: Sıvı açığı, sıvı yükü,
5. Kapak yapıları: Akut regurjitasyon, vejetasyon değerlendirilmektedir.

Kritik hastada kalp başlıca dört pencere üzerinden değerlendirilir (Resim 1):

1. Parasternal uzun aks (PLAX) (Video 1),
2. Parasternal kısa aks (PSAX) (Video 1),
3. Apikal dört boşluk pencere (A4C) (Video 1),
4. Subksifoid dört boşluk pencere (Video 2),
5. Subkostal inferior vena cava penceresi (Video 2).

Kardiyak değerlendirmenin düzgün yapılabilmesi için bu pencerelerin doğru kullanılması oldukça önemlidir. Ancak yoğun bakım ünitesinde, yaşam destek ünitelerine bağlı yatan bir hastada bu pencerelerden görüntü düşürmek kolay değildir. Hastalara pozisyon vermek mümkün olmayabilir, çoğunlukla supin pozisyonunda görüntü düşürülmeye çalışılır. Mekanik ventilatör desteği alan bir hastada pozitif ekspirasyon sonu basıncı (PEEP) görüntü kalitesini olumsuz etkileyebilir. Monitör kabloları, pansuman ya da korse; probun doğru yerleşimine engel olabilir. Görüntü kalitesini artırmak için geliştirilmiş alternatif yaklaşımlar mevcuttur (5). Hastayı olabildiğince sol yan pozisyona almak, subkostal/subksifoid pen-

cereleri kullanmak, PEEP'i düşürmek, mümkünse TEE kullanmak gibi yöntemler denenebilir (5).

KRİTİK HASTADA LV DEĞERLENDİRME

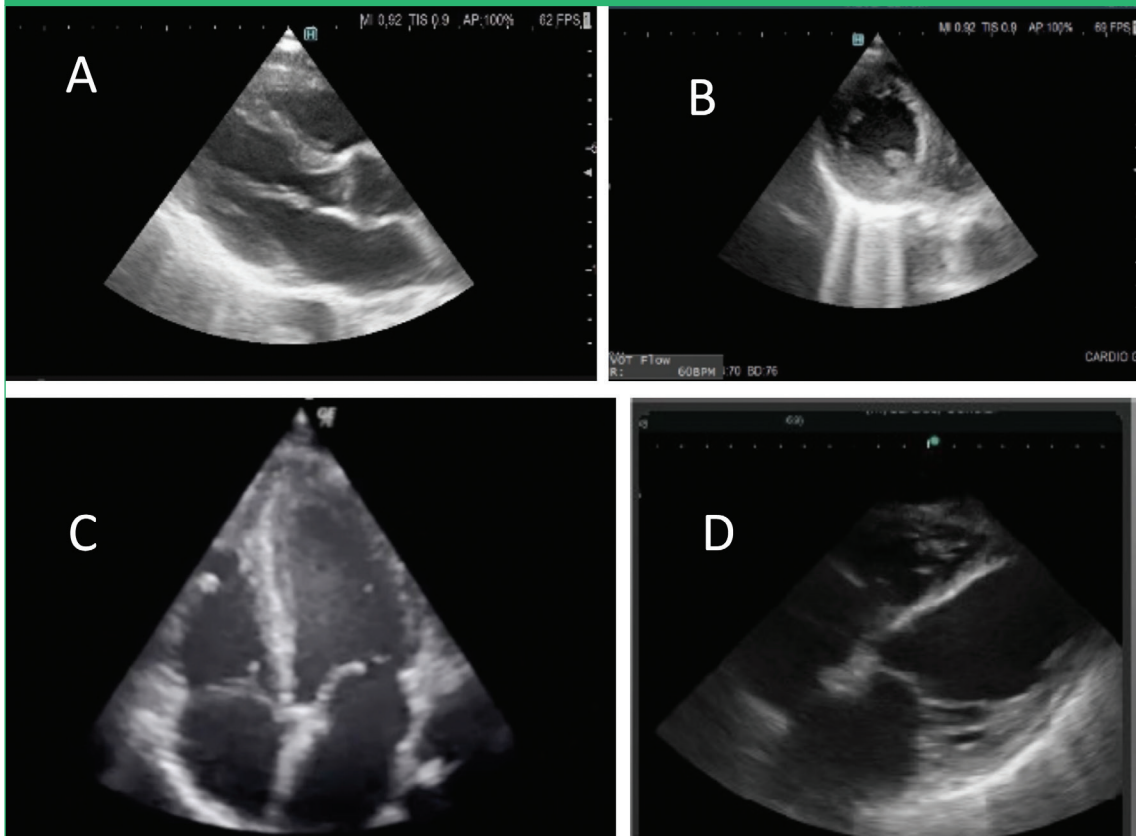
Sol ventrikül anatomik olarak yarı elips şeklindedir, kas yapısının yoğunluğu ve dizilimi nedeni ile RV'e göre daha kalın ve sert bir yapıda, yani diyastolik elastansı yüksektir. Dolayısıyla akut bir sorun geliştiğinde RV'nin tersine dilate olmaz. Kasların dizilimi oblik, sirküler ve longitudinaldır, epikarda yakın kısımlarda sola doğru, endokarda yakın kısımlarda sağa doğru uzanır (Şekil 1). Bu yüzden LV burkulma-bükülme-rotasyon şeklinde (twist) kasılır. Kalbin düzgün kasılıp kasılmadığını EKO ile değerlendirirken bu bilgiden yararlanılır.

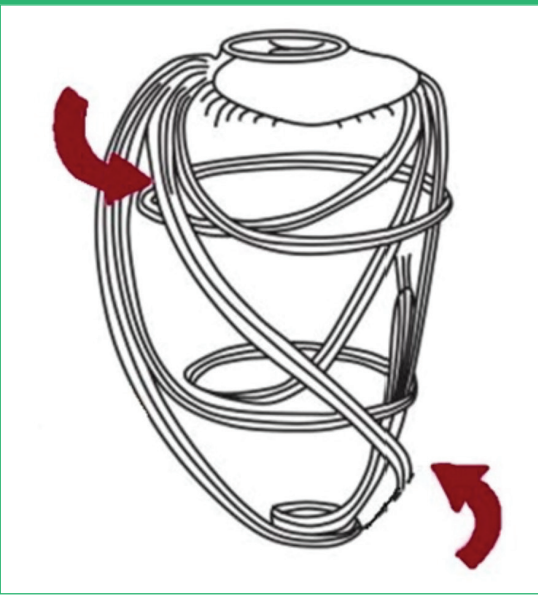
Kritik hastada EKO ile değerlendirme başlıca iki şekilde yapılabilir; kalitatif ve kantitatif.

1. Sol Ventrikülün Kalitatif Değerlendirmesi

I. Eyeballing: Sadece gözlem ile, hiçbir işaretleme ya da ölçüm yapmadan, yalnızca kas ve kapak yapılarını izleyerek LV fonksiyonları hakkında tahminde bulunma durumudur. Dilate olmuş bir ventrikül ölçüm

Resim 1. Ekokardiyografide kullanılan başlıca pencereler. A. PLAX (Parasternal uzun aks), B. PSAX (Parasternal kısa aks), C. A4C (Apikal 4 boşluk pencere), D. Subksifoid pencere.



Şekil 1. Myokard fibrillerinin anatomik dizilimi.

yapmadan da görülebilir (Video 3,4). Ventrikülün her bölümünün eş zamanlı kasılıp kasılmadığı değerlendirilebilir. Subjektif bir yöntemdir, tecrübeli kişilerce yapıldığında kantitatif olarak ölçülen EF ile korele olduğu gösterilmiştir (7).

II. Duvar hareket skor indeksi (Wall motion score index WMSI): Ölçüm yapmadan, yalnızca miyokard duvar kalınlık artışı gözlemlenerek uygulanan bir skorlama yöntemidir. Puanlama için önce miyokard bazal, orta ve apikal olmak üzere üç ana segmente sonra da alt segmentlere bölünür. Bazalde 6, ortada 6, apikalde dört adet olmak üzere toplam 16 segmentli bir model oluşturulur. Daha sonra her segment aşağıdaki ölçütlere göre puanlanır:

- **Normokinezi (1 puan):** Normal duvar kalınlaşması,
- **Hipokinezi (2 puan):** Duvar kalınlaşmasının azalması,
- **Akinezi (3 puan):** Duvar kalınlaşmasının olmaması,
- **Diskinezi (4 puan):** Sistol-diyastolden bağımsız incelme-anevrizma.

Toplam puan toplam segment sayısına (16 segment) bölünür. WMSI 1 (16 puan/16 segment) normokinetik olarak kabul edilir ve kardiyak MR ile %64 olarak hesaplanan EF ile korele bulunmuştur. WMSI 1.5 ve üzeri ise hipokinezi ile uyumludur (8).

III. E point septal separation (EPSS): Hedefe yönelik ultrasonografi ile LVEF'nu tahmin etmede geçerliliği kanıtlanmış bir parametredir. Ölçüm için

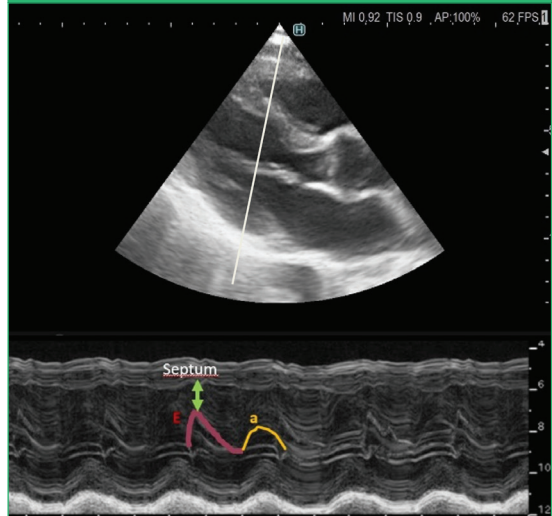
PLAX görüntü penceresinde mitral kapak ön yaprakçığının hareketleri M-mod ile kaydedilir (Video 5). Erken diyastol sırasında mitral kapağın maksimum açılması ile trasede oluşan ilk tepe noktası E noktası (E point) adını alır (Resim 2). Sağlıklı çalışan bir LV'de mitral kapak maksimum açıldığında E noktasının septuma değecek kadar yaklaşması beklenir. Sistolik fonksiyon zayıfladıkça bu mesafenin arttığı gösterilmiştir (9).

- EPSS < 7 mm ise LVEF normaldir.
- EPSS 7-12 mm LVEF düşmüştür.
- EPSS >12 mm LVEF çok düşmüştür (10).

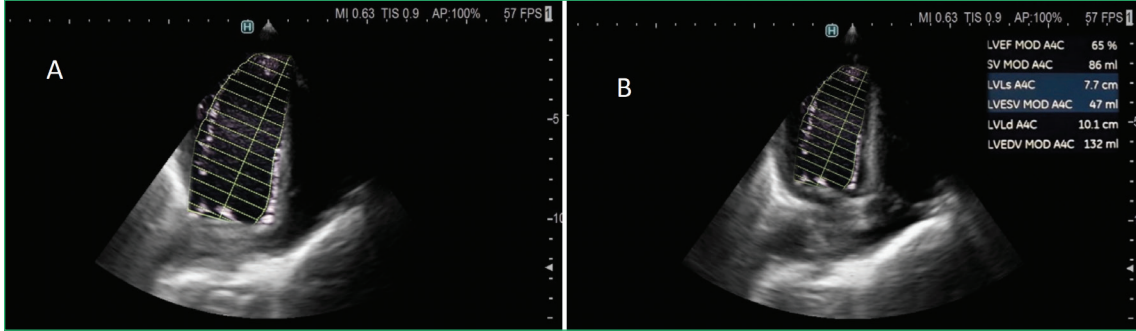
2. Sol Ventrikülün Kantitatif Değerlendirmesi

I. Modifiye Simpson yöntemi ile LVEF ölçme: Sol ventrikül atım hacminin (stroke volume: SV) diyastol sonu hacime (end-diastolic volume: EDV) oranı ejeksiyon fraksiyonunu (EF) verir ve sistolik fonksiyon hakkında fikir veren en önemli parametredir. Kritik EKO kapsamında EF ölçümü için yalnızca modifiye Simpson yöntemini bilmek yeterlidir. Ölçüm için; A4C pencerede EDV ve sistol sonu hacim (end-systolic volume: ESV) bulunur, EKO yazılımı SV(EDV-ESV)/EDV formülünü kullanarak otomatik olarak EF sonucunu verir (Resim 3). Normal değeri %52-72 olarak kabul edilmektedir (12).

II. Mitral Annular Plane Systolic Excursion (MAPSE): Mitral annulusun, sistol sırasında, longitudinal ekseninde ne kadar hareket ettiğini gösteren bir parametredir. Güncel rehberler bilinmesini şart koşmasa da MAPSE LV sistolik fonksiyonu hakkında

Resim 2. PLAX penceresinde M-mod ile yapılan EPSS (Epoint septal separation) ölçümü.

Resim 3. A4C pencerede, modifiye Simpson Yöntemi ile EF ölçümü. A. EDV (Diyastol sonu hacim), B. ESV (Sistol sonu hacim).



fikir veren, kolay bir ölçülebilen bir parametredir. Ölçümü için 2 yaklaşım kullanılabilir:

a. M-Mod ile MAPSE ölçümü: Apikal dört boşluk pencerede, M-mod ile, kursor mitral annulus üzerine yerleştirilir ve sistol sırasında oluşan hareketi mesafe olarak ölçülür (Video 6). Normal kabul edilmesi için 11 mm üzerinde olmalıdır (11).

b. Doku doppler modu ile MAPSE ölçümü: Mitral annulus üzerinden sistol sırasında maksimum velosite ölçümüdür (S' velositesi), normal değeri 8 cm/saniye üzeridir (11).

Kritik hastada çoğunlukla LVEF'yi rakamsal olarak ölçme gereksinimi yoktur. Hemodinamik sorunları yönetebilmek için LV sistolik fonksiyonu normal, hafif azalmış, çok azalmış ya da çok artmış (hiperkinetik, Video 7) yorumunu yapabilmek daha önemlidir (12).

KRİTİK HASTADA RV DEĞERLENDİRME

Sağ ventrikül, kaslarının anatomik dizilim farklılığı ve kütlesi nedeni ile LV ile karşılaştırıldığında daha ince, daha esnek bir yapıya sahiptir. Bu durum RV'yi ard yük değişikliklerine daha hassas hale getirir. Her iki ventrikül perikard gibi esnek olmayan bir yapı tarafından çepeçevre sarılmıştır. Bu kapalı alan içinde ortaya çıkan basınç değişiklikleri ventrikül boşlukları arasında paylaşılır. Ventriküller arası etkileşim adı verilen bu durumda; bir ventrikülde oluşan basınç değişikliği interventriküler septum (IVS) aracılığıyla diğer ventriküle iletilir ve diğer ventrikülün boyutlarında değişikliğe sebep olabilir.

Hedefe yönelik temel EKO yapabilmek için RV sistolik fonksiyonunu değerlendirme bilgisine gerek yoktur (1). Kardiyolog olmayan bir klinisyen için; RV boşluk boyutlarını (dilatasyon), IVS'nin sistol ve diyastol sırasındaki hareketini ve inferior vena cava (IVC)'nın solunumla olan değişkenliğini değerlendi-

rebilmek yeterlidir (1). Sistolik fonksiyon hakkında fikir sahibi olmak için Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) kullanılabilir.

1. Sağ Ventrikül Boyutlarını Değerlendirme

En iyi değerlendirme A4C pencerede yapılır. Boşluk boyut artışı varlığında;

- RV boyutları LV boyutlarından büyüktür
- Apeks daha yuvarlak bir görünüm alır
- Şiddetli dilatasyon varlığında apeksi LV yerine RV oluşturur

Bu bulguların varlığında PLAX ve PSAX ile de RV dilatasyonu kontrol edilmelidir. İleri EKO uygulamalarında PLAX ile diyastol sonu çap ölçümü yapılabilir. Sağ ventrikül diyastol sonu çapının, LV diyastol çapına oranı 0.6'dan büyük ise RV dilate demektir (13).

2. Interventriküler Septum Hareketini Değerlendirme

Fizyolojik olarak IVS kasılması LVEF ile ilişkilidir. Normal koşullar altında LV çok daha yüksek basınçlara maruz kaldığından diyastol sonunda IVS RV'ye doğru itilir. Septum hareketleri en iyi PSAX penceresinden değerlendirilir. Sağ kalpte ard yük artışı olduğunda; RV daha güçlü kasılır ve bu kasılma süresi normale göre daha uzundur. Sistol sonunda LV gevşemeye başladığında RV hala kasılmaya devam ettiğinden IVS LV'e doğru yer değiştirir. Sistol sırasında LV kasılmasının gücü ile yeniden RV'ye doğru gider. Bu durum septumun paradoks hareketi adını alır. Hemodinamik bir değişiklikte; RV dilatasyonu ile beraber paradoks IVS hareketi birlikteliğinin görülmesi akut kor pulmonale anlamına gelir (14). Septumun yer değiştirmesi ve düzleşmesi PSAX pencerede D harfi (D shape) görünümüne yol açar (Resim 4).

Resim 4. Akut masif emboli tanısı olan hastada, PSAX penceresinde D shape görünümü.



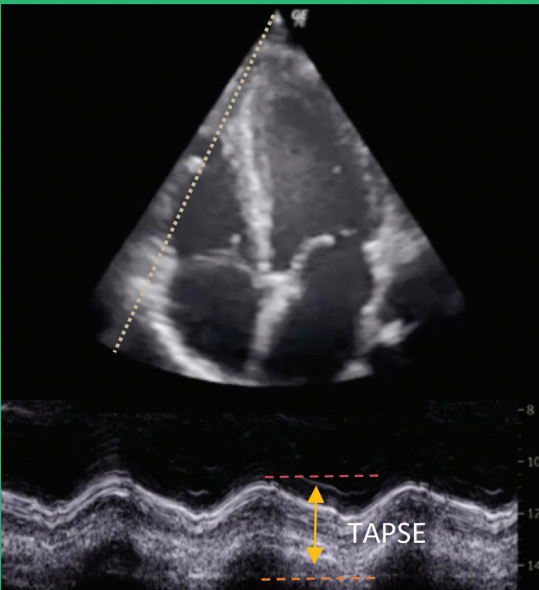
3. Inferior Vena Cava (IVC) Solunumsal Değişkenliğini Değerlendirme

Sağ ventrikül içi basınç değişiklikleri IVC üzerinden sistemik venöz konjesyona neden olur. Subkostal pencereden elde edilen görüntülerde IVC dilatedir, solunumsal varyasyon göstermez (Video 8). Ekspiriyum sonu ölçülen IVC çapının 23 mm'den büyük olması dilatasyon lehine kabul edilir (13).

4. Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE)

Apikal dört boşluk pencerede, M-mod ile, kursor mitral annulus üzerine yerleştirilir ve sistol sırasında oluşan hareketi mesafe olarak ölçülür (Resim 5). Normal kabul edilmesi için 17 mm üzerinde olmalıdır (16).

Resim 5. A4C pencerede TAPSE ölçümü.



KRİTİK HASTADA PERİKARD DEĞERLENDİRME

Normal bir perikard boşluğu içinde yaklaşık 50 mL sıvı bulunur. Sıklıkla enfeksiyon, malignite, cerrahi ya da travma nedeni ile bu sıvı miktarında artma olur. Hedefe yönelik EKO ile PLAX penceresinde inen aorta bulunur, bu yapı önünde yer alan ekojen yapı perikardın posterior kısmıdır (Resim 6). Bu kısımda sıvı görünümüne göre diğer pencerelerde de perikard sıvısı değerlendirilir (Video 9). Değerlendirme sıvı miktarı, yerleşim yeri ve kalp boşluklarına etkisi üzerinden yapılmalıdır. 2D görüntü durdurularak ölçüm yapılır.

- Ölçülen mesafe < 10 mm ise perikardiyal sıvı az miktarda,
- Ölçülen mesafe 10-20 mm ise perikardiyal sıvı orta miktarda,
- Ölçülen mesafe 20 mm'den fazla ise çok miktarda sıvı varlığı anlamına gelir.

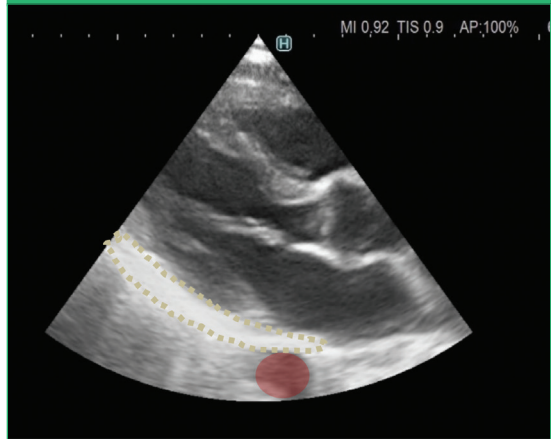
Tamponad varlığının en erken bulgusu sistolde gelişen sağ atriyum kollapsıdır, ancak spesifik değildir. Diyastolde RV kollapsının görülmesi spesifiktir (15) (Video 10). Bu bulgulara ek olarak VCI dilatedir ve inspirasyonda çap değişikliği görülmez (Video 8).

KRİTİK HASTADA SIVI DURUMUNU DEĞERLENDİRME

1. IVC Çapı ve Solunumla Değişkenliği

İntravasküler sıvı durumu değişiklikleri IVC'ı etkiler ve EKO ile yapılan çap ölçümleri hastanın sıvı ihtiyacı ya da yükü hakkında fikir verir (16). Subksifoid pencerede; sağ atriyumdan uzanan ven bulunur, uzun aksı düşürülür, hepatik ven ayırımından sonraki kıs-

Resim 6. PLAX penceresinde inen aorta (kırmızı çember) ve posterior perikard (gri çizgilerle sınırlı alan).

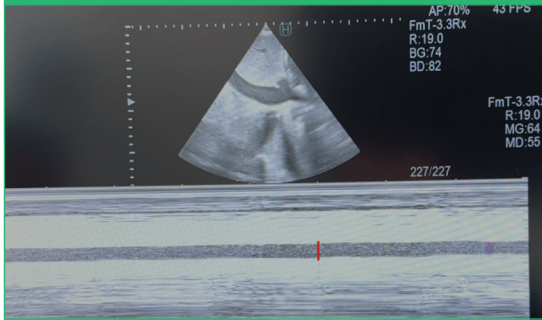


ma M-mod kursorü yerleştirilir ve solunum siklusu boyunca hareketleri izlenir. Sonraki aşamada ekran dondurulur ve en geniş ve en dar çap ölçülür (Video 11, Resim 7). Kabaca spontan solunum sırasında, inspirasyonda %50'den fazla kollabe olması hipovolemi ile ilişkilendirilmiştir (16). Mekanik ventilatörde, pozitif basınç uygulanan hastalarda distensibilite indeksi kullanılmaktadır.

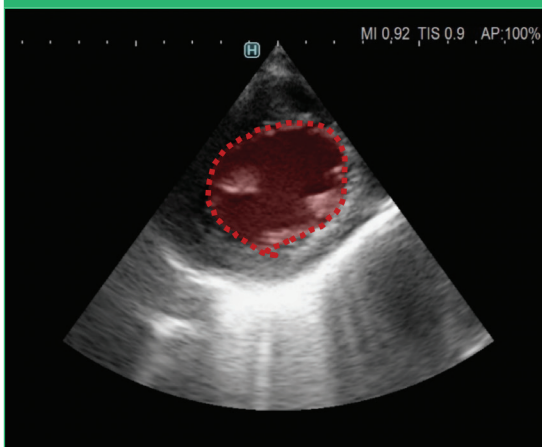
2. Sol Ventrikül Diyastol Sonu Alan (Left Ventricle End-Diastolic Area: LVEDA)

Papiller adeste seviyesinden elde edilen PSAX kesitlerinde, görüntü diyastol sonunda dondurularak LVEDA ölçümü yapılır (Resim 8). Normal değeri 9.5-22 cm dir, 8 cm'den düşük değerler hipovolemi ile uyumlu kabul edilir (17). Ayrıca, ölçüm yapmadan da sıvı açığı olan hastalarda LV duvarlarının birbirine değecek kadar yaklaştığı görülür (kissing ventricle) ve sıvı replasmanı gerekliliğine işaret eder (Video 12).

Resim 7. Spontan soluyan hastada M mod ile IVC çap değişkenliği ölçümü: (Maksimum çap-Minimum çap/minimum çap) x 100 formülü ile kollaps oranı hesaplanır.



Resim 8. PSAX penceresinde, papiller adle düzeyinde, M-Mod ile LVEDA (Kırmızı daire) ölçümü.



Kritik hastada kalp kapak yapılarını değerlendirme: Temel EKO ile mitral ve aortik kapak yapılarında kaçak, vejetasyon varlığı değerlendirilebilir.

Yoğun bakım hastasında EKO kullanım alanları (2):

1. Kritik hastalık tanısında EKO:

- Hipotansif hastada şok sebebini bulmaya yardımcıdır (Şekil 2).
- Travma hastasında perikard içi sıvı-kanama varlığını saptamada yardımcıdır.
- Kardiyak arrest sebebini bulmaya (tamponad, masif PTE) yardımcıdır.

2. Hemodinamik monitörizasyonda EKO: Şok tablosundaki hastaların tümünün sıvı tedavisine yanıt vermediği bilinmektedir (18). Yanıt vermeyecek olan hastalarda, sıvı yükünün kendisi organ perfüzyon bozukluğuna yol açmaktadır. Bu yüzden güncel yaklaşım yalnızca sıvı yanıtı olan hastaları bulmak ve seçili olgulara sıvı desteği vermek şeklindedir. Kritik hastanın sıvı yanıtı seri olarak kardiyak output (CO), SV ölçümleri ile değerlendirilebilir.

3. Prognoz tahmininde EKO: Sepsis ilişkili kardiyomiyopatinin erken saptanması prognoz hakkında yol göstericidir (2). İleri EKO bilgisi gerektirir.

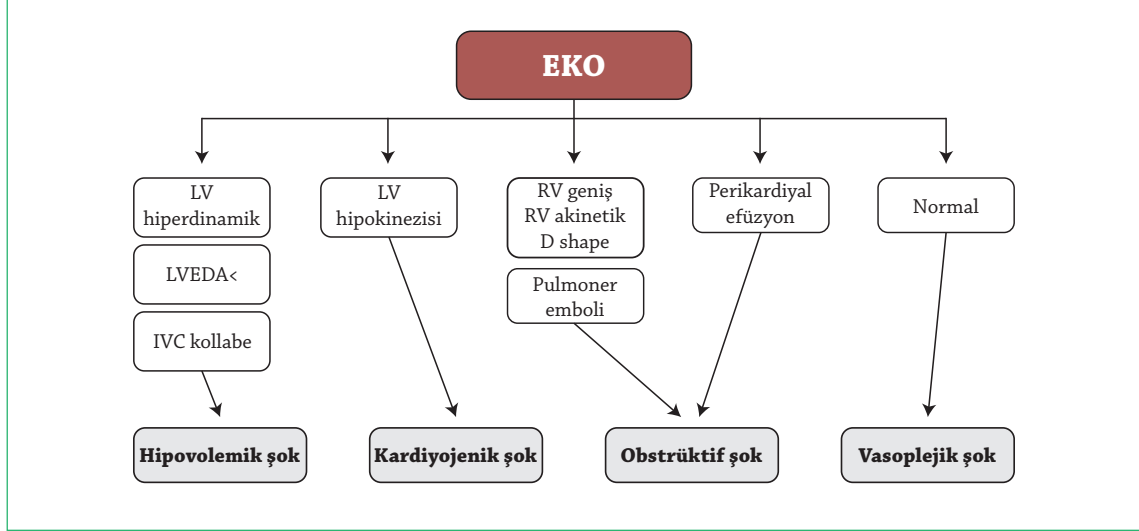
4. Kardiyak arrest sırasında EKO: Arrest sebebini bulmakla birlikte, kardiyak kompresyon kalitesini görme konusunda yardımcıdır. Spontan dolaşım varlığı şüpheli ise EKO ile kardiyak atımlar izlenebilir, ancak resüsitasyona ara vermeden uygulanmalıdır.

5. Solunum yetmezliğinde EKO: Mekanik ventilatördeki hastalarda pozitif basınç uygulamalarının RV üzerine olumsuz etkileri bilinmektedir. Geçmişin aksine güncel rehberler akut respiratuar distress sendromu (ARDS) hastalarında, PEEP titrasyonunun rutin kullanımı konusunda bir öneride bulunamamaktadır (19). Bu çekimserliğin başlıca sebeplerinden biri PEEP'in hemodinamik yan etkileridir. Bu yan etkileri öngörmede EKO ile değerlendirmeleri yol gösterici olabilir (2).

6. Perioperatif EKO: Kardiyak cerrahi hastaları dışında da peroperatif EKO uygulamaları, pulmoner tromboemboli, akut koroner sendrom gibi komplikasyonları erken tanımaya yardımcı olabilir. Sıvı tedavisini yönlendirmede faydalıdır.

7. Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO) uygulamaları sırasında EKO: Başlıca; kardiyak bir patoloji varlığını dışlamak, kanülasyon

Şekil 2. Şok hastasında EKO.



sırasında eş zamanlı yerleşimi kontrol etmek, günlük takiplerde sıvı tedavisini yönlendirmek ve olası komplikasyonları önceden görmek, ECMO'dan ayırma aşamasında kalbin durumunu değerlendirmek için EKO kullanımı önerilmektedir (2).

HEDEFE YÖNELİK EKOKARDİYOGRAFİDE YENİLİKLER

Endüstri ve teknolojinin gelişimi ile beraber kritik hastalarda EKO uygulamaları da gelişme göstermektedir. Speckle tracking EKO, 3 boyutlu görüntülerle miyokard hasarını, sepsis ilişkili kardiyomiyopatiyi erken dönemde gösterdiğinden umut vericidir (20). Cep telefonlarına adapte edilebilen problemlerin geliştirilmesi ile EKO kullanımı çok daha kolay hale gelmiştir. Yapay zekanın kullanıma girmesi ile pek çok ölçüm, kullanıcının yalnızca görüntü penceresini bulması ile sağlanabilmektedir. Maliyetlerinin yüksek olması bu cihazlara ulaşmayı güçleştirse de gelecekte kullanımlarının yaygınlaşacağı beklenmektedir (2).

KAYNAKLAR

1. Robba C, Wong A, Poole D, Al Tayar A et al. European Society of Intensive Care Medicine task force for critical care ultrasonography. Basic ultrasound head-to-toe skills for intensivists in the general and neuro intensive care unit population: consensus and expert recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* 2021;47 (12):1347-67. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06486-z>.
2. Vieillard-Baron A, Millington S.J, Sanfilippo F. et al. A decade of progress in critical care echocardiography: A narrative review. *Intensive Care Med* 45, 770-788 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05604-2>.
3. White J. The Value of Focused Echocardiography During Cardiac Arrest. *Journal of Diagnostic Medical Sonography.* 2019;35 (6):484-490.
4. Hirsch KG, Abella BS, Amorim E, Bader MK, et al. American Heart Association and Neurocritical Care Society. Critical Care Management of Patients After Cardiac Arrest: A Scientific Statement From the American Heart Association and Neurocritical Care Society. *Circulation.* 2024 Jan 9;149 (2):e168-e200.doi: 10.1161/CIR.0000000000001163.
5. Grotberg JC, McDonald RK, Co IN. Point-of-Care Echocardiography in the Difficult-to-Image Patient in the ICU: A Narrative Review. *Crit Care Explor.* 2024 Jan 11;6 (1):e1035. doi: 10.1097/CCE.0000000000001035.
6. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, Beale R et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* 2014 Dec;40 (12):1795-815. doi: 10.1007/s00134-014-3525-z. Epub 2014 Nov 13. PMID: 25392034; PMCID: PMC4239778.
7. Gudmundsson P, Rydberg E, Winter R, Willenheimer R. Visually estimated left ventricular ejection fraction by echocardiography is closely correlated with formal quantitative methods. *Int J Cardiol.* 2005 May 25;101 (2):209-12. doi: 10.1016/j.ijcard.2004.03.027. PMID: 15882665.
8. Rasalingam R, Mekan M, Perez JE. *The Washington Manual of Echocardiography.* (2012) ISBN: 9781451113402
9. Moore CL, et al. Determination of left ventricular function by emergency physician echocardiography of hypotensive patients. *Acad Emerg Med.* 2002;9 (3):186-193.
10. McKaigney CJ, Krantz MJ, La Rocque CL, Hurst ND, Buchanan MS, Kendall JL. E-point septal separation: a bedside tool for emergency physician assessment of left ventricular ejection fraction. *Am J Emerg Med.* 2014;32:493-7.
11. Jullien E, Vieillard-Baron A "Detection and Interpretation of Left Ventricular Systolic Dysfunction by Basic Critical Care Echocardiography " in *Basic Ultrasound Skills 'Head to Toe' for General Intensivists*, Cham, Switzerland: Springer, 2023: 21-29 ISBN 978-3-031-32461-1

12. Repessé, X., Charron, C. & Vieillard-Baron, A. Evaluation of left ventricular systolic function revisited in septic shock. *Crit Care* 17, 164 (2013). <https://doi.org/10.1186/cc12755>
13. Kasper W, Meinertz T, Kersting F, Löllgen H, Limbourg P, Just H. Echocardiography in assessing acute pulmonary hypertension due to pulmonary embolism. *Am J Cardiol.* 1980;45 (3):567-72.
14. Kusumoto FM, Muhiudeen IA, Kuecherer HF, Cahalan MK, Schiller NB. Response of the inter atrial septum to transatrial pressure gradients and its potential for predicting pulmonary capillary wedge pressure: an intraoperative study using transesophageal echocardiography in patients during mechanical ventilation. *J Am Coll Cardiol.* 1993;21 (3):721-8.
15. Perez-Casares A, Cesar S, Brunet-Garcia L, Sanchez de Toledo H. Echocardiographic evaluation of pericardial effusion and cardiac tamponade. *Front Paed.* 2017;5:79.
16. Pourmand A, Pyle M, Yamane D, Sumon K, Frasure SE. The utility of point-of-care ultrasound in the assessment of volume status in acute and critically ill patients. *World J Emerg Med.* 2019;10 (4):232-238. doi: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2019.04.007.
17. Leung JM, Levine EH. Left ventricular end-systolic cavity obliteration as an estimate of intraoperative hypovolemia. *Anesthesiology.* 1994 Nov;81 (5):1102-9. doi: 10.1097/00000542-199411000-00003. PMID: 7978468.
18. Bentzer P, Griesdale DE, Boyd J, MacLean K, Sirounis D, Ayas NT. Will This Hemodynamically Unstable Patient Respond to a Bolus of Intravenous Fluids? *JAMA.* 2016;316 (12):1298-1309. doi:10.1001/jama.2016.12310
19. Grasselli, G., Calfee, C.S., Camporota, L. et al. ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: definition, phenotyping and respiratory support strategies. *Intensive Care Med* 49, 727-759 (2023).
20. Sanfilippo F, Corredor C, Fletcher N, et al (2018) Left ventricular systolic function evaluated by strain echocardiography and relationship with mortality in patients with severe sepsis or septic shock: A systematic review and metaanalysis. *Crit Care* 22:183.