

Nasıl yapalım? / Suggestions on how to do

(Ekokardiyografi / Echocardiography)

Pulmoner hipertansiyon ekokardiyografik olarak nasıl değerlendirilir?**How to assess pulmonary hypertension with echocardiography?****Dr. Serpil Eroğlu**

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Ankara

Pulmoner hipertansiyon (PH), istirahatte sağ kalp kateterizasyonu ile ölçülen ortalama pulmoner arter basıncının (PAB) ≥ 25 mmHg olması ile tanımlanan klinik bir durumdur. Tanıda altın standart sağ kalp kateterizasyonudur; fakat girişimsel olan bu yöntem ile PAB ölçümü, tarama testi ve sık takip yöntemi olarak kullanım için uygun değildir. Bu durumda kolay uygulanma ve ulaşılabilirlik, girişimsel olmama, tekrarlanabilme gibi avantajlarıyla ekokardiyografi ön plana çıkmaktadır. Ekokardiyografi PH tanısında, etiyolojik alt tiplerini saptamada, tedavisinin takibi ve prognoz değerlendirmesinde girişimsel olmayan en önemli görüntüleme yöntemidir.

Pulmoner hipertansiyon tanısında ekokardiyografik incelemeyi nasıl yapalım?

Pulmoner hipertansiyon kuşkusu ile ekokardiyografik incelemede öncelikle pulmoner vasküler yatakta direnç artışı sonucu özellikle sağ ventrikülde meydana gelen değişiklikleri, PH'ye yol açabilecek diğer nedenlerin varlığını (kapak hastalıkları, sol ventrikül yetersizliği, doğumsal kalp hastalıkları vb) ve PAB'nin değerlendirilmesi gereklidir. Farklı akustik pencerelerden (parasternal uzun ve kısa aks, apikal 4 boşluk ve subkostal) kesitler incelenerek nitelendirme ve nicelendirme yapılmalıdır.

Parasternal uzun aks pencere

Ekokardiyografik incelemeye öncelikle parasternal uzun aks görüntüsü ile başlanabilir. Bu pencere ile sağ ventrikül büyüklüğü ve sistolik fonksiyonu, duvar

kalınlığı kolayca değerlendirilir. Normalde sağ ventrikül sol ventrikülden daha küçük, duvarı daha ince görünümündedir. PH'de ise sağ ventrikül genişlemiş, sistolik fonksiyonları azalmış ve basınç yüklenmesine bağlı olarak sağ ventrikül duvar kalınlığı artmıştır. (Şekil 1a). Sol ventrikül boşluğu küçük, interventriküler septumda sol ventriküle doğru sapma gözlenir. Parasternal görüntüde prob hafifçe döndürülerek sağ ventrikül giriş yolu incelenir. Özellikle ekzantrik triküspit yetersizliği jetleri bu yöntemle rahatça görülebilmektedir.

Parasternal kısa aks penceresi

Prob 90 derece döndürülerek parasternal kısa aks görüntüleri elde edilir ve sağ ventrikül çıkım yolu (RVOT) seviyesinden alınan görüntüde ana pulmoner arter değerlendirilir (Şekil 1b). Pulmoner arter çapı kapak altı seviyede 1.5-2.1 cm'dir. Kronik PH'li hastalarda pulmoner arter sıklıkla genişlemiştir. Pulmoner kapak üzerinden alınan M-mod incelemede kapağın sistolde W şeklinde hareket ettiği görülebilir. Bu bulgu pulmoner vasküler direnç (PVD) artışına ve proksimal pulmoner arter içinde sistolik basınç dalgasının erken yansımaya bağlı olarak pulmoner kapağın sistolde hızlıca açılıp, sistol ortasında yarı kapanıp ve geç sistolde kısmen yeniden açılmasına bağlıdır.

Parasternal kısa aks aort seviyesinden alınan kesitte aort, triküspit ve pulmoner kapakların aynı anda görüntülenmesi ile eşlik eden kapak bozuklukları ve renkli Doppler ile interatrial septumda defekt olup ol-

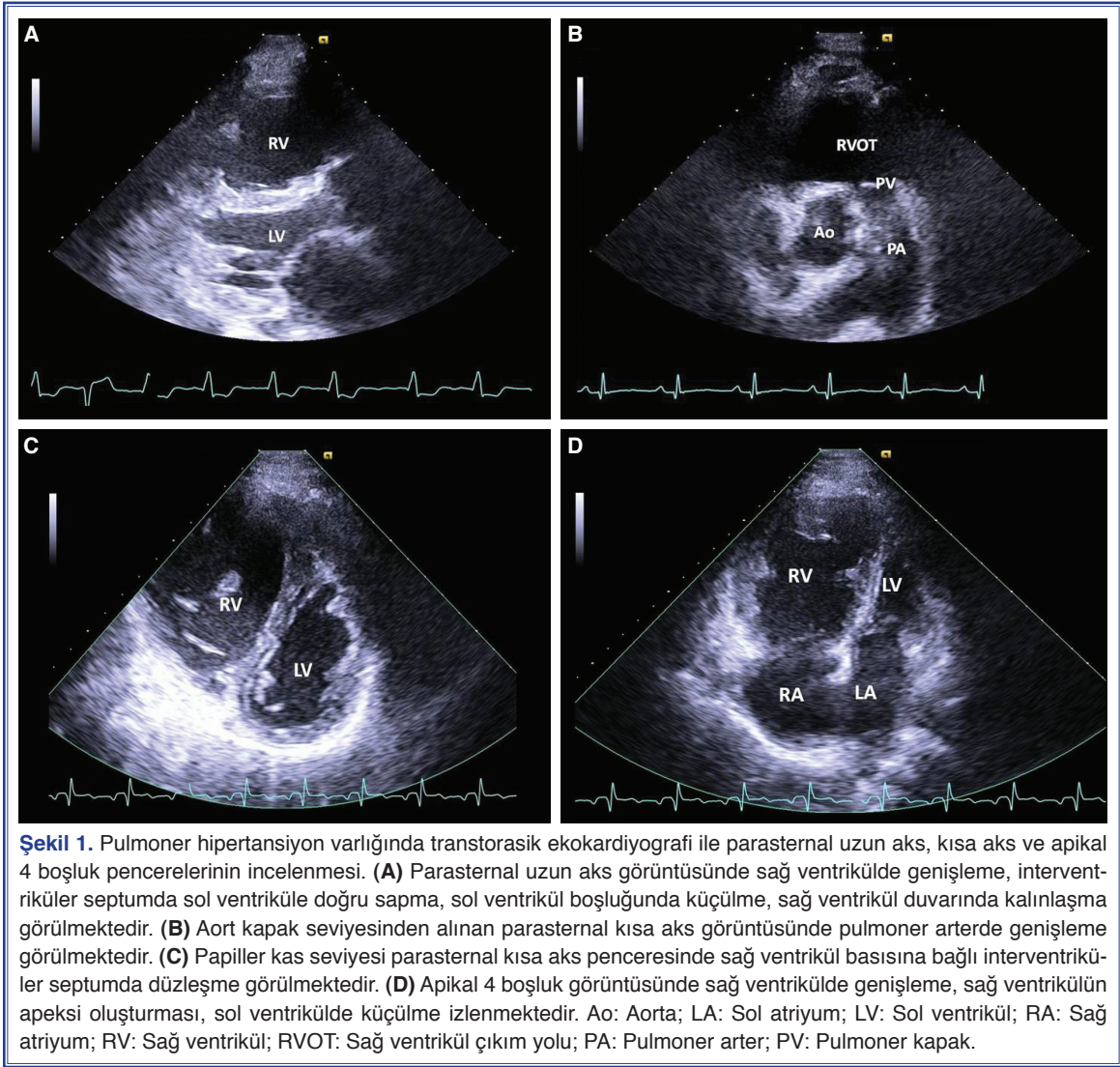
Geliş tarihi: 01.12.2014 Kabul tarihi: 31.12.2014

Yazışma adresi: Dr. Serpil Eroğlu, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Ankara.

Tel: +90 312 - 212 68 68 e-posta: serpileroglu@gmail.com

© 2015 Türk Kardiyoloji Derneği





madığı değerlendirilebilir. Renkli Doppler inceleme ile triküspit yetersizliği (TY), pulmoner yetersizlik (PY) varlığı saptanıp devamlı akım (CW) Doppleri kullanılarak PAB hesaplanabilir (Tablo 1). PH'li

hastalarda pulmoner ejeksiyon akım hızının pik akım hızına ulaşma zamanının kısaldığı ve üçgen şeklinde kontür oluşturduğu görülür. RVOT nabızlı dalga (PW) Doppler incelemesinde sistol ortasında veya geç sis-

Tablo 1. Ekokardiyografi ile tahmini pulmoner arter basıncı hesaplanması

Sistolik pulmoner arter basıncı

$$SPAB = 4 \times (\text{Triküspit yetersizliği hızı})^2 + \text{tahmini sağ atriyum basıncı}$$

Ortalama pulmoner arter basıncı

$$OPAB = 4 \times (\text{pulmoner yetersizlik erken akım hızı})^2 + \text{tahmini sağ atriyum basıncı}$$

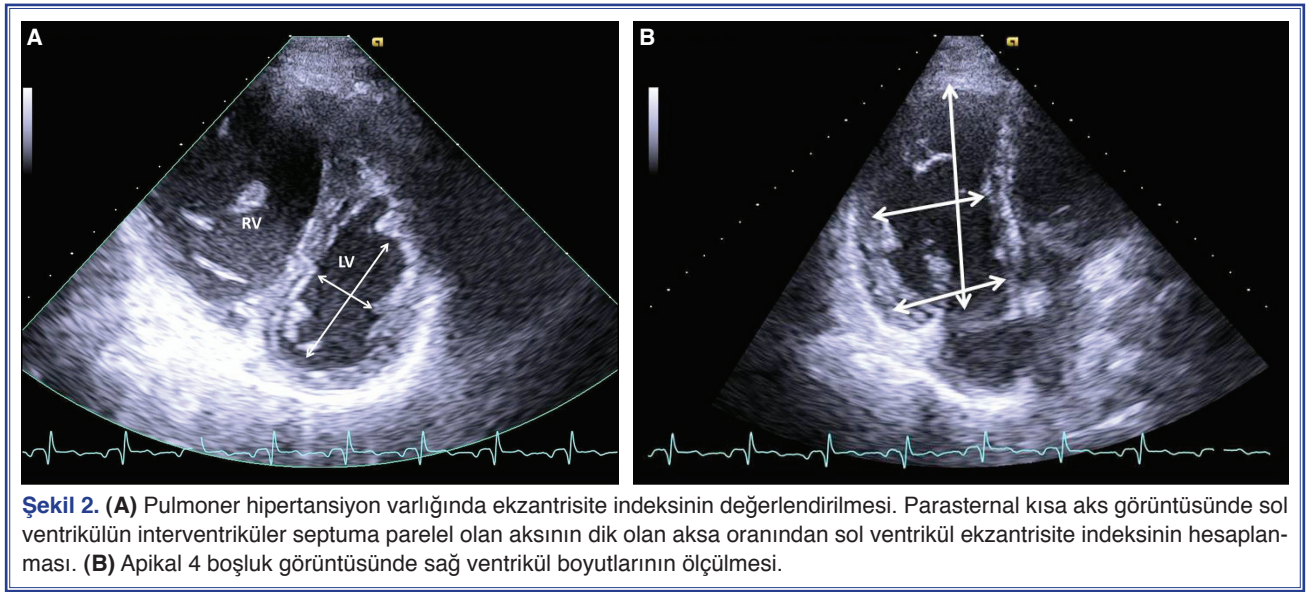
$$OPAB = (0.61 \times \text{sistolik PAB}) + 2 \text{ mmHg}$$

$$OPAB = 79 - (0.45 \times \text{pulmoner hız akselerasyon zamanı})$$

Diyastolik pulmoner arter basıncı

$$DPAB = 4 \times (\text{pulmoner yetersizlik diyastol sonu akım hızı})^2 + \text{tahmini sağ atriyum basıncı}$$

DPAB: Diyastolik pulmoner arter basıncı; OPAB: Ortalama pulmoner arter basıncı; SPAB: Sistolik pulmoner arter basıncı.



tolde çentiklenme pulmoner arter hipertansiyonunun (PAH) bir bulgusu olup çentiklenme olmaması sıklıkla pulmoner venöz hipertansiyon lehine bir bulgudur.

Papiller kas seviyesi parasternal kısa aks görüntüsünde sağ ve sol ventrikül ilişkisi ve ekzantristite indeksi değerlendirilir. Parasternal kısa aks görüntüsünde normalde sol ventrikül ortada sferik bir şekilde, interventriküler septumun konkavitesi sağ ventriküle doğru, sağ ventrikül sol ventrikülü hilal gibi saran bir yapıda görünür. PH varlığında bu görüntü bozulur ve interventriküler septum konkavitesini kaybederek düzleşir ve sferik şekilde görünen sol ventrikül D şeklini alır (Şekil 1c). Sağ ventrikül hacim yüklenmesinde interventriküler septum diyastolde, basınç yüklenmesinde ise sistolde düzleşme gösterir. Sağ ve sol ventrikül arasındaki bu ilişki ekzantristite indeksi ile değerlendirilir. Korda düzeyinde sol ventrikülün interventriküler septuma paralel olan aksının dik olan aksına oranından hesaplanan ekzantristite indeksi normalde hem sistolde hem de diyastolde 1 olup PH'de >1'dir (Şekil 2a).

Apikal pencere

Apikal 4 boşluk görüntüsünde sağ ventrikül sistolik fonksiyonları niteleyici olarak değerlendirilebilir, boyutları ölçülebilir (Şekil 1d). Sağ ventrikül boyutu, sağ ventriküle odaklanarak elde edilen apikal dört boşluk penceresinden diyastol sonunda ölçülmelidir (Şekil 2b, Tablo 2). Sağ ventrikülün bazal çapı sağ ventrikülün bazalinin 1/3 seviyesinden, orta çapı papiller kas seviyesinden, uzunlamasına çapı ise triküs-

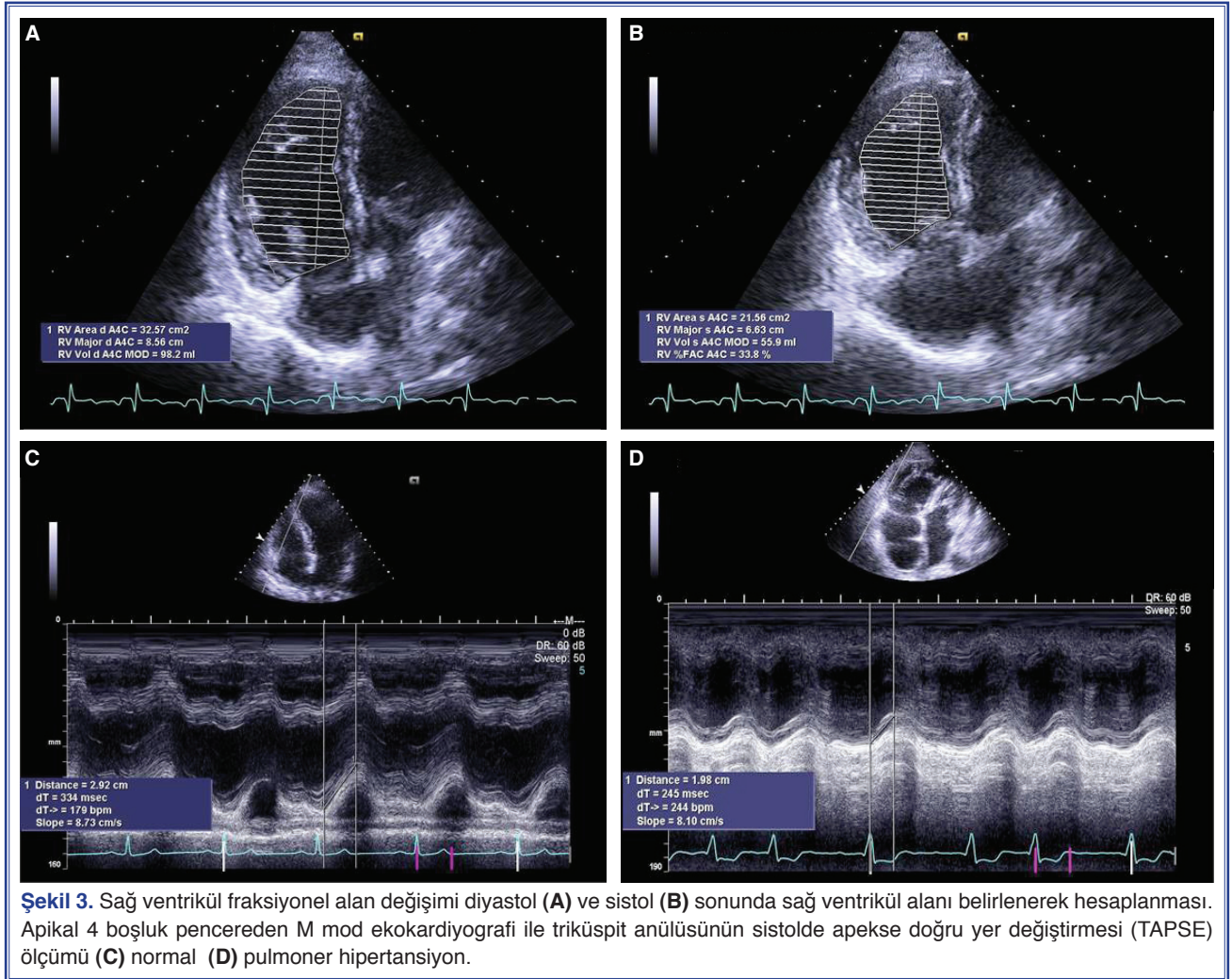
pit anülüs seviyesinden sağ ventrikül apeksine kadar olan bölümden ölçülür (Şekil 2b). PH'de sağ ventrikül genişlemiş, sağ ventrikül alanının sol ventriküle eşit ve sağ ventrikülün apekse ortak olduğu görülebilir.

Sağ ventrikül geometrisinin sol ventrikülden farklı olması ve ejeksiyon fraksiyonu (EF) hesaplama formüllerine tam uymaması nedeniyle sağ ventrikül EF'si yerine sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi (FAD) kullanılır. Sağ ventrikülün alanı apikal 4 boşluk

Tablo 2. Sağ kalp boyut ve işlevini değerlendirmede referans sınır değerleri

Değişken	Normal dışı değer
Sağ ventrikül bazal çapı (cm)	>4.2
Sağ ventrikül orta çapı (cm)	>3.5
Sağ ventrikül uzunlamasına çapı (cm)	>8.6
Sağ ventrikül duvar kalınlığı (cm)	>0.5
Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi (%)	<35
TAPSE (cm)	<1.6
Sağ atriyum uzun boyutu (cm)	>5.3
Sağ atriyum kısa boyutu (cm)	>4.4
Sağ atriyum alanı (cm ²)	>18
MPI PW Doppler	>0.40
MPI doku Doppler	>0.55
Triküspit anülüs doku Doppler S' hızı (cm/sn)	>10

MPI: Miyokart performans indeksi; PW: Nabızlı dalga; S': Sistolik doku hızı; TAPSE: Triküspit anülüsünün sistolde apekse doğru yer değiştirmesi.



görüntüsünden diyastol ve sistol sonunda sağ ventrikül endokardı taranarak ölçülür (Şekil 3a, b, Tablo 2).

Sağ ventrikül FAD = ([Sağ ventrikül diyastol sonu alanı - sağ ventrikül sistol sonu alanı] / sağ ventrikül diyastol sonu alanı) x 100 formülü ile hesaplanabilir.

Sağ ventrikülün uzunlamasına kasılmasını gösteren triküspit anülüsünün sistolde apekse doğru yer değiştirmesi (TAPSE) apikal 4 boşluk penceresinden hem iki boyutlu hem de M-mod ekokardiyografi ile ölçülebilir (Şekil 3c ve d, Tablo 2). TAPSE'nin en önemli kısıtlılığı hacim yüküne bağlı olmasıdır. Ciddi hacim yüklenmesinde örneğin sol-sağ şant veya ciddi fonksiyonel triküspit yetersizliği varlığında yalancı normalleşme gösterebilir.

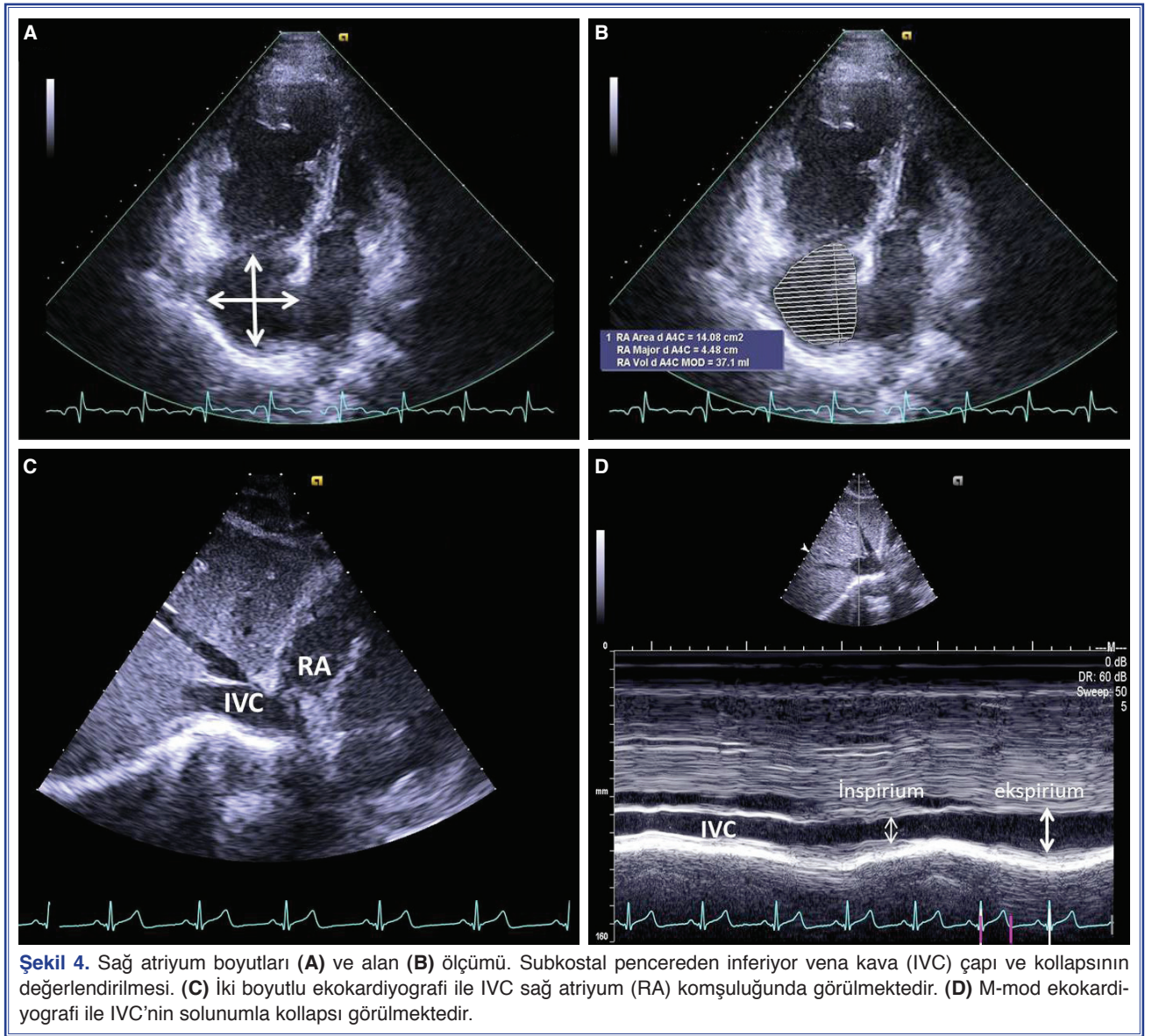
Sağ atriyum boyutları en sık apikal 4 boşluk görüntülerinden ölçülür. Sağ atriyum uzun boyutu, triküspit anülüsünün ortasından sağ atriyumun üst du-

varının ortasına kadar olan mesafe ve kısa boyutu ise uzun boyutuna dik interatriyal septum ile yan duvar arasındaki mesafeden ölçülebilir (Şekil 4a, Tablo 2). Sağ atriyum alanı ventrikül sistolu sonunda sağ atriyum endokardı taranarak ölçülür (Şekil 4b, Tablo 2). Bu yöntem ile ölçümde triküspit kapaklar, anülüs, inferior ve süperiyör vena kaval, sağ atriyum appendiksi ölçüme dahil edilmemelidir.

Apikal 4 boşluk penceresinden ayrıca renkli Doppler inceleme ile TY saptanarak CW Doppler ile TY hızı değerlendirilir. TY hızı 2.8 m/sn altında ise ve eşlik eden diğer bulgular yok ise PH olası değildir. TY hızı >3.4 m/sn ise kuvvetli ihtimalle PH varlığı düşünülebilir.

Subkostal pencere

Subkostal pencereden sağ ventrikül fonksiyonu, sağ ventrikül duvar kalınlığı ve inferior vena kava



(IVC) değerlendirilir. Ayrıca PH'ye yol açabilen atriyal septal defekt varlığı da araştırılabilir.

İnferiyor vena kava çapı subkostal pencereden hepatik venlerin hemen proksimalinden iki boyutlu veya M-mod ekokardiyografi ile ölçülür (Şekil 4c, d). IVC çapı normalde 1.2-1.3 cm olup soluk alma ile %50'den fazla küçülme gösterir. Sağ atriyum basıncı arttığında IVC çapı artar ve solunumla kollaps azalır veya kaybolur. IVC çapı ve solunumla kollapsı değerlendirilerek sağ atriyum basıncı tahmin edilebilir (Tablo 3).

Subkostal görüntüleme ile sağ ventrikül inferiyor duvar kalınlığı da ölçülebilir. Sağ ventrikül duvar

kalınlığı subkostal pencereden triküspit kapak korda düzeyinden elektrokardiyografide R dalgasının tepe noktasındayken iki boyutlu ve M-mod ekokardiyografi ile ölçülür. PH'de sağ ventrikül basınç yüklenmesine bağlı olarak sağ ventrikül duvar kalınlığında artma görülür. (Tablo 2).

Pulmoner hipertansiyonlu hastaların önemli bir bölümünde parasternal, apikal ve subkostal pencerelelerden perikart sıvısında artış saptanabilir. Perikart sıvısında artış hemodinamikten ziyade prognostik önem taşır.

Pulmoner arter basıncını nasıl ölçelim?

Ekokardiyografi ile PAB ölçümünde en sık kul-

Tablo 3. Sağ atriyum basıncı tahmini

Değişken	Normal 0-5 (Ort. 3) mmHg	Orta 5-10 (Ort. 8) mmHg	Yüksek 15 mmHg
IVC çapı (cm)	≤2.1	≤2.1	>2.1
Kollaps	>%50	<%50	>%50
Yüksek sağ atriyum basınç bulguları			Restriktif doluş Triküspit E/E'>6 Hepatik vende diyastolik akım dominansı

E: Triküspit anülüsünden elde edilen erken diyastolik dalga hızı; E': Triküspit anülüsünden elde edilen doku Doppler erken diyastolik dalga hızı; IVC: İnferiyör vena kava.

lanılan yöntem TY akım hızı üzerinden sistolik pulmoner arter basıncı (SPAB) hesaplanmasıdır. TY akım hızı apikal 4 boşluk, sağ ventrikül giriş yolu ya da parasternal kısa aks pencerelerinden CW Doppler yetersizlik akımına olabildiğince paralel düşülerek hasta soluk verdikten sonra nefesini tutarken diyastol sonunda ölçülür. Pulmoner darlık olmadığı durumda sağ ventrikül sistolik basıncının SPAB'ye eşit olduğu kabul edilerek TY hızından Bernoulli eşitliği kullanılarak ve tahmini sağ atriyum basıncı eklenerek SPAB hesaplanır (Şekil 5, Tablo 1, 3). Bu yöntemle SPAB ölçümünde IVC çapı ve kollapsına dikkat edilmeksizin ortalama 10 mmHg sağ atriyum basıncı eklemek hatalara yol açmaktadır.

Triküspit yetersizliği hızı kullanılmadığında veya güvenilir olmadığı durumlarda, diyastolik pulmoner arter basıncı (DPAB) ve ortalama pulmoner arter basıncı (OPAB) ölçümleri kullanılabilir. DPAB PY akımı diyastol sonu akım hızı ve OPAB PY erken diyastolik akım hızı ile Bernoulli denklemi kullanılarak hesaplanabilir (Şekil 6a ve b, Tablo 1).

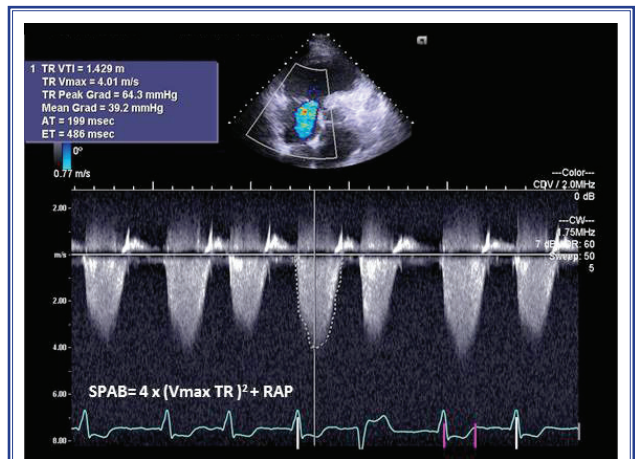
Ortalama pulmoner arter basıncı ayrıca SPAB ve pulmoner kapaktan geçen akımın başlangıcından tepe noktasına kadar geçen süre pulmoner akselerasyon zamanı (PAZ) kullanılarak da saptanabilir (Tablo 1). PAZ kullanılarak yapılan hesaplamalarda PAZ'nin kalp hızı ve kalp debisinden etkilendiği unutulmamalıdır.

Miyokart performans indeksini nasıl hesaplayalım?

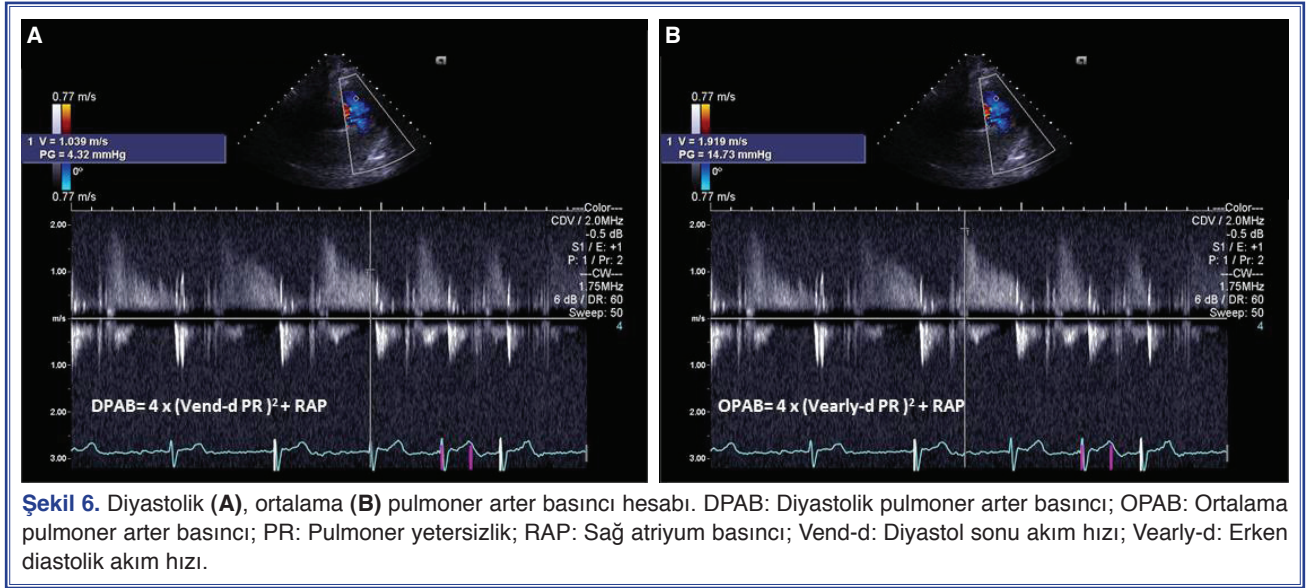
Genel ventrikül performansı hakkında bilgi veren bir Doppler parametresi olan miyokart performans indeksi (MPI), izovolümik kontraksiyon ve izovolü-

mik relaksasyon süresinin toplamının ejeksiyon süresine bölünmesi ile elde edilir. Sağ ventrikül MPI transtriküspit ve transpulmoner PW akım Doppleri kullanılarak hesaplanabileceği gibi triküspit anülüs doku Doppler incelemesi ile de hesaplanabilir. PW akım Doppleri ile sağ ventrikül MPI, apikal 4 boşluk görüntüsünde transtriküspit Doppler trasesinde diyastolik akımın bitiminden diyastolik akım başlangıcına kadar olan süreden (veya triküspit yetersizliği süresinden), parasternal kısa aks görüntüsünden sağ ventrikül çıkım yolu akım örneğinden elde edilen ejeksiyon süresinin çıkarılıp kalan sürenin ejeksiyon süresine bölünmesi ile bulunur.

Doku Doppler yöntemi ile sağ ventrikül MPI hesabı da triküspit anülüsünde elde edilen doku Doppler trasesinde izovolümik relaksasyon ve kontraksiyon süresi toplamının sistolik dalgası süresine bölünmesi



Şekil 5. Sistolik pulmoner arter basıncı hesabı. RAP: Sağ atriyum basıncı; SPAB: Sistolik pulmoner arter basıncı; TR: Triküspit yetersizliği; Vmax: Maksimal hız.



ile elde edilir (Şekil 7). PAH'li hastalarda sağ ventrikül MPI'da artış izlenir (Tablo 2). MPI'nın en önemli avantajı kalp hızı, yüklenme koşulları, triküspit yeterliliği veya ciddiyeti ile ilişkili olmamasıdır.

Pulmoner vasküler direnci ekokardiyografi ile nasıl değerlendirelim?

Transpulmoner basınç farkının transpulmoner akıma bölünmesi ile elde edilen PVD PAH tanısında önemli bir parametredir. Kateterizasyon yöntemi ile ölçülen PVD >3 Wood ünitesi olması ve pulmoner kapiller köşe basıncının <15 olması PAH tanısının konulmasını sağlar. PVD ekokardiyografi ile girişimsel olmadan dolaylı olarak ölçülebilir.

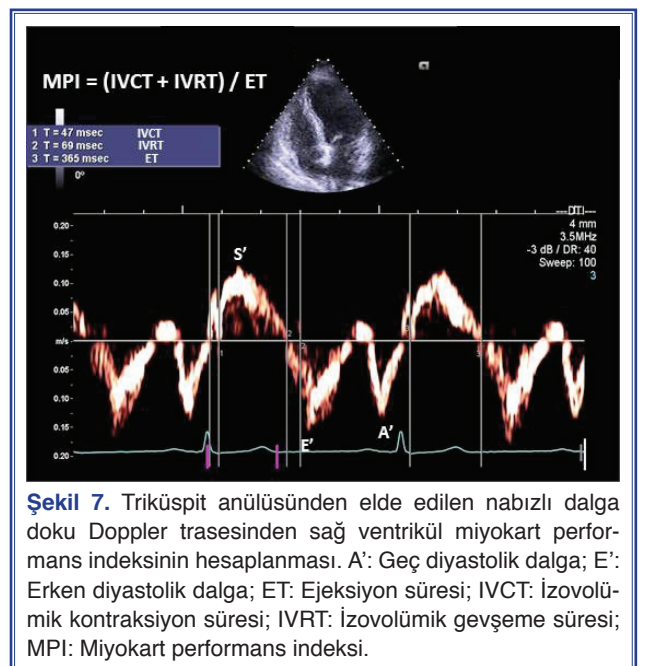
$PVD \text{ (Wood ünite)} = 10x \text{ (TY hızı [m/s] / RVOT hız zaman integrali [cm])} + 0.16$ formülü ile saptanabilir.

Pulmoner hipertansiyonun etiyolojik alt tiplerinin ayırımında ekokardiyografiyi nasıl kullanalım?

Pulmoner hipertansiyonun etiyolojik alt tiplerinin ayırımında özellikle sol kalp hastalıklarına bağlı PH'yi saptamada ekokardiyografi oldukça önemli bir role sahiptir. Sol ventrikül sistolik yetersizliği, aort ve mitral kapak hastalıkları, kardiyomiyopatiler ekokardiyografi ile rahatlıkla tanınabilir. Doğumsal kalp hastalıklarına bağlı olarak gelişen PH varlığında ekokardiyografi, anatomik değerlendirme ve kalp içi şantların tespitinde de faydalı olmaktadır.

Pulmoner hipertansiyon tedavisinin takibinde ve prognoz değerlendirilmesinde ekokardiyografi

Pulmoner arter hipertansiyonu için kullanılan spesifik tedavi, sağ ventrikül fonksiyonu bozukluğunda kısmi olarak düzelmeye sağlar. PAH'nin spesifik tedavisi ile sağ ventrikül boyutları, sistolik fonksiyonu, septum pozisyonu, sağ ventrikül MPI, TAPSE ve perikart sıvı artışında düzelmeye görülebilir. Perikart sıvısı artışının varlığı ve TAPSE <1.5 cm olması



PAH için olumsuz prognostik faktörler olarak kabul edilmektedir.

Yeni teknikler

Üç boyutlu ekokardiyografi, sağ ventrikülün Doppler miyokart görüntülemesi, benek takip ekokardiyografi ile görüntüleme PH'de kullanılmaya başlanan yeni tekniklerdir. Üç boyutlu ekokardiyografi ile elde edilen sağ ventrikül EF'sinin manyetik rezonans görüntülemesi ile elde edilen sağ ventrikül EF'si ile uyumlu olduğu bildirilmektedir. Sağ ventrikülün sistolik strain ve strain rate sonuçlarının PH'de morbidite ve mortalite belirleyicisi olduğu belirtilmiştir. Fakat bu yeni yöntemlerin rutin kullanıma geçmesi

için daha büyük ve yeni çalışmalara ve tecrübenin artmasına ihtiyaç vardır.

Sonuç

Transtorasik ekokardiyografi ile PH sonucu oluşan hemodinamik değişikliklere bağlı bulgular ve PAB yüksekliği kolaylıkla saptanabilir. Günlük klinik pratikte, PH şüphesi varlığında sağ kalp kateterizasyonuna yönlendirilecek hastaları belirlemede, etiyolojik alt tipleri saptamada, tedavinin takibi ve prognoz değerlendirilmesinde ekokardiyografi girişimsel olmayan, kolay uygulanabilir ve kolay ulaşılabilen, vazgeçilemez bir görüntüleme yöntemi olarak bizlere yardımcı olmaya devam edecektir.