

3. Sağ/Sol Kalp Kateterizasyonu ve Vazoreaktivite Testi

Uzm. Dr. Mert EVLİCE¹, Prof. Dr. İbrahim Halil KURT²

¹ Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji Kliniği, Adana

² SBÜ, Adana Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Adana

ÖZET

Pulmoner hipertansiyonun klasik tanımı, kalp kateterizasyonunda dinlenim sırasında ölçülen 20 mmHg'nın üzeri bir ortalama pulmoner arter basıncıdır. Pulmoner hemodinamiyi değerlendirmede altın standart, pulmoner hipertansiyon tanısını doğrulamak için gerekli olan sağ ($\pm$ sol) kalp kateterizasyonudur. Bazı durumlarda, kalp kateterizasyonunda hemodinamik disfonksiyonun derecesi değerlendirilir ve vazoreaktivite testleri gerçekleştirilir.

GİRİŞ/TANIM

Sağ kalp kateterizasyonu, pulmoner hemodinamiyi değerlendirmede altın standarttır ve pulmoner hipertansiyon tanısını doğrulamak, hemodinamik bozukluğun şiddetini değerlendirmek ve seçilmiş hastalarda vazoreaktivite testi yapmak için zorunludur (1). Aslında, pulmoner hipertansiyon tanımı istirahatte sağ kalp kateterizasyonu ile ölçülen 20 mmHg'den yüksek ortalama pulmoner arter basıncıdır (2).

Sağ kalp kateterizasyonu dönemi, 1929 yılında Werner Forssmann'ın sağ atriyumuna bir üreter kateteri yerleştirmesiyle başlamıştır (3). Bu teknik, 1970 yılında Swan-Ganz kateterinin geliştirilmesiyle daha güvenli ve basit hale gelmiştir. 1980'li yıllara kadar yoğun bakım ünitelerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Günümüzde ise kullanımı intrakardiyak şantların, pulmoner hipertansiyonun değerlendirilmesi gibi birkaç alan ile sınırlandırılmıştır.

Kalp kateterizasyonunun amacı, kalp odacıkları ve büyük damarlar tarafından oluşturulan kuvvetin sıvı ortamda yayılmasıyla oluşan basınç dalgalarını düzenli bir şekilde kaydetmek ve bu kayıtlardan elde edilen hemodinamik verileri doğru bir şekilde yorumlamaktır. Çünkü, bir kalp boşluğunun oluşturduğu

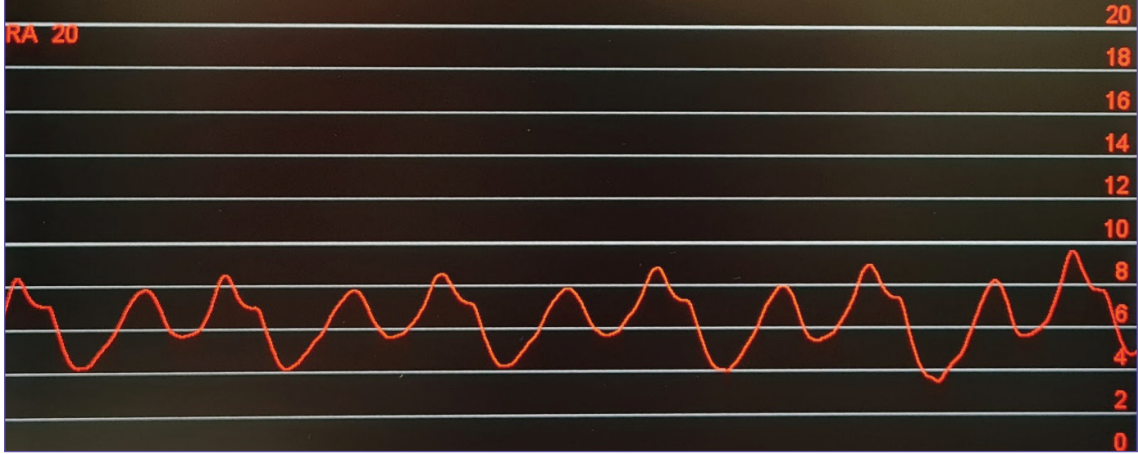
basınç dalgasının özelliklerini kalp hızı, solunum sayısı, kasılan kalp boşluğu ve kalbin etrafındaki perikard, akciğer ve vasküler yapılar gibi birçok mekanik ve fizyolojik faktör etkilemektedir.

VASKÜLER GİRİŞ

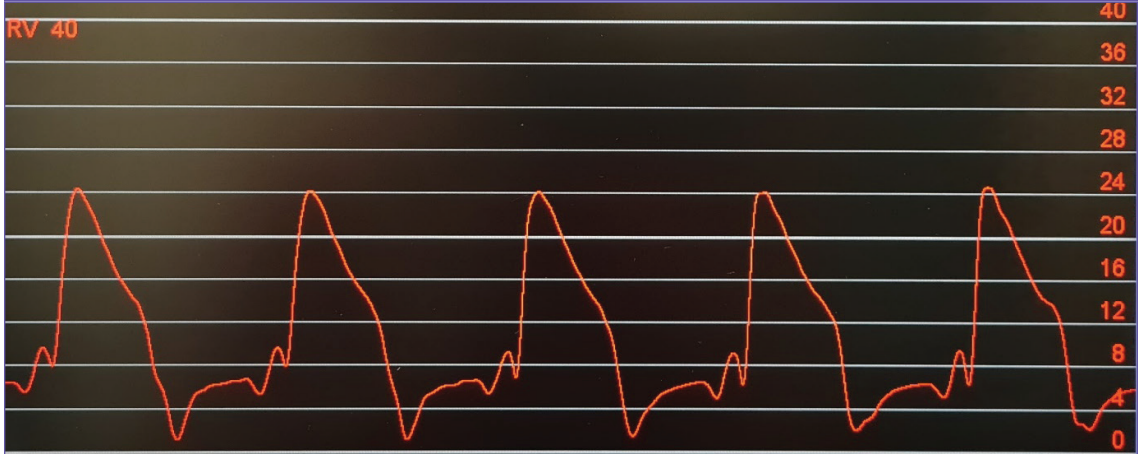
Kalp kateterizasyonu işlemi floroskopi altında kateterizasyon laboratuvarında femoral ven-inferior vena kava yolu ile sırasıyla sağ atrium, sağ ventrikül ve pulmoner artere ulaşarak basınç dalga şekillerinin izlenmesi ve oksimetri çalışması dahil birtakım parametrelerin hesaplanıp kaydedilmesi ve değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu işlem ayrıca floroskopi olmadan balonlu pulmoner arter kateteri kullanılarak yoğun bakım ünitelerinde yatak başında juguler ven-süperior vena kava yolu ile pulmoner artere kadar ulaşarak basınç monitorizasyonu altında basınç dalgaları izlenerek yapılabilir (Resim 1-3) (4).

Sol kalp kateterizasyonu ise floroskopi altında sıklıkla femoral arterlerden, nadiren brakial ve radial arterlerden girişim yapılarak sol ventrikül ve aortun basınç ve oksijen saturasyonunun ölçülmesi, kardiyak debi ve indeksin hesaplanması için yapılmaktadır (Resim 4-6).

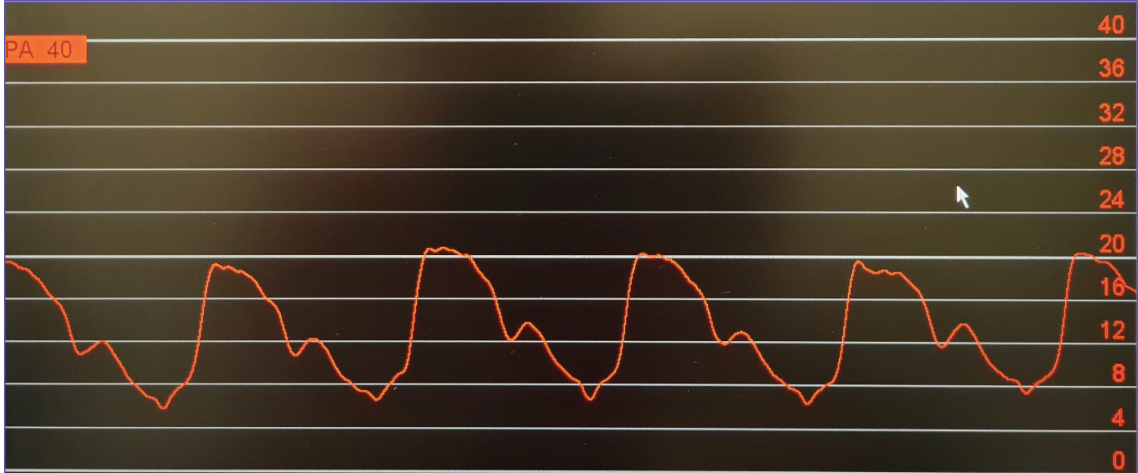
Resim 1. Sağ kalp kateterizasyonda sağ atriyum basınç trasesi (Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji Kliniği-Kateterizasyon Laboratuvarı'ndaki arşivimizden kendi kayıtlarımızdan alınmıştır).



Resim 2. Sağ kalp kateterizasyonda sağ ventrikül basınç trasesi (Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji Kliniği-Kateterizasyon Laboratuvarı'ndaki arşivimizden kendi kayıtlarımızdan alınmıştır).



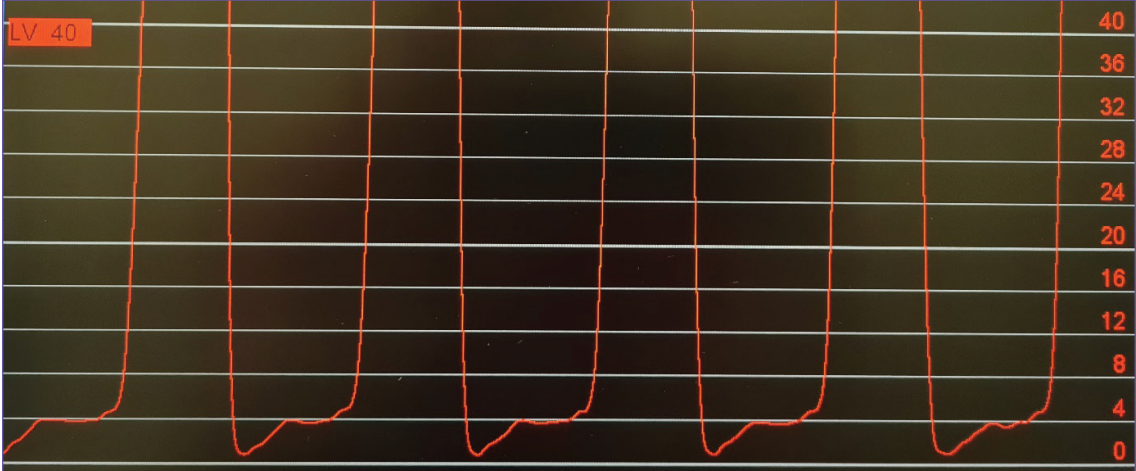
Resim 3. Sağ kalp kateterizasyonda pulmoner arter basınç trasesi (Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji Kliniği-Kateterizasyon Laboratuvarı'ndaki arşivimizden kendi kayıtlarımızdan alınmıştır).



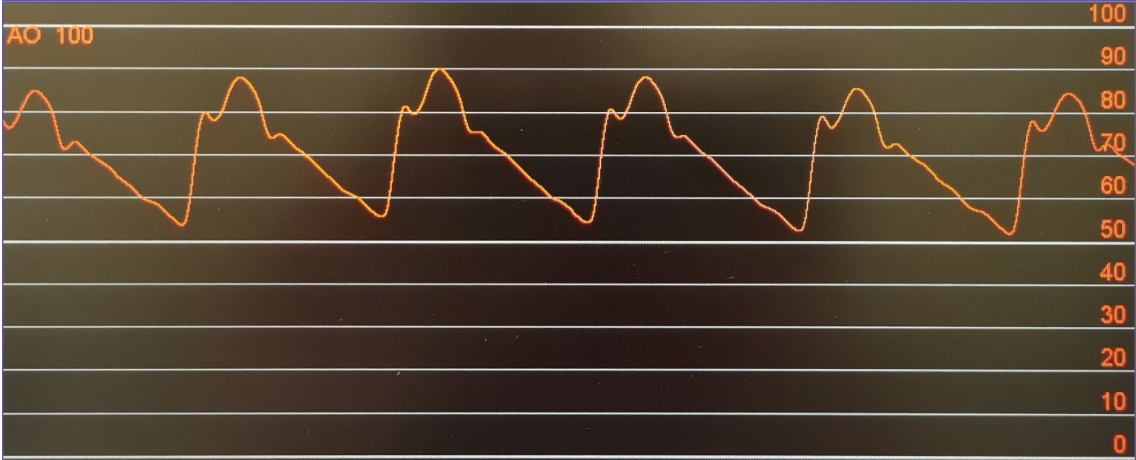
Resim 4. Sol kalp kateterizasyonda sol ventrikül basınç trasesi (Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji Kliniği-Kateterizasyon Laboratuvarı'ndaki arşivimizden kendi kayıtlarımızdan alınmıştır).



Resim 5. Sol kalp kateterizasyonda sol ventrikül basınç trasesi (Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji Kliniği-Kateterizasyon Laboratuvarı'ndaki arşivimizden kendi kayıtlarımızdan alınmıştır).



Resim 6. Sol kalp kateterizasyonda aortanın basınç trasesi (Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji Kliniği-Kateterizasyon Laboratuvarı'ndaki arşivimizden kendi kayıtlarımızdan alınmıştır).



Günlük pratikte günümüzde sağ ve sol kalp kateterizasyonu birlikte yapılmakta olup, sağ kalp kateterizasyonu yerine beraber yapıldığından sağ-sol kalp kateterizasyonu veya tam kalp kateterizasyonu kavramını kullanmayı tercih etmeyi daha uygun buluyoruz. Kliniğimizde sağ kalp kateterizasyonu ile beraber sol kalp kateterizasyonu rutin olarak yapılmaktadır.

ENDİKASYONLAR

Kalp kateterizasyonu, pulmoner hipertansiyonun tanısı, hemodinamik sınıflandırması, risk değerlendirmesi, takiplerinde kullanılmasına ilave olarak, klinik endikasyonlar arasında kalp veya akciğer transplant adaylarının hemodinamik değerlendirilmesi ve konjenital kardiyak şantların değerlendirilmesi de bulunmaktadır (5). Ayrıca, başta ekokardiyografi olmak üzere non-invaziv tanı yöntemlerinin klinik bulgularla uyumsuzluk gösterdiği durumlarda, kalp kapak hastalıklarının ve tedaviye dirençli kalp yetersizliğinin detaylı değerlendirilmesinde kalp kateterizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır.

KONTRAİNDİKASYONLAR

Sağ kalp boşluklarında trombüs-tümör-vejetasyon bulunması, mekanik sağ kalp kapak protezi bulunması (pulmoner-triküspid kapak), yakın zamanda implante edilmiş (< 1 ay) kalp pili, TriClip, akut enfeksiyon veya agresif tedavilerin fayda sağlamayacağı terminal hastalığı bulunması kalp kateterizasyonu için mutlak kontraindikasyonlardır. Risk-fayda oranı her muayeneden önce bireysel olarak değerlendirilmeli ve hasta ile tartışılmalıdır. Kalp kateterizasyonunun en korkulan komplikasyonu ise pulmoner arter perforasyonudur.

KOMPLİKASYONLAR

Kalp kateterizasyonu pulmoner hipertansiyon merkezlerinde yapıldığında, ciddi advers olayların sıklığı (%1.1) ve prosedüre bağlı mortalite (%0.055) olup, oldukça düşüktür (6). Venöz erişimle ilgili komplikasyonlar arasında ana femoral venin psödoanevrizması, sağ brakiosefalik venin perforasyonu, derin ven trombozu, karotis arter yaralanması, arteriyovenöz fistül oluşumu, sol iç meme arterinin perforasyonu, sağ lenfatik kanal yaralanması ve sağ sternoklaviküler osteomyelit bulunmaktadır. Kateterizasyon prosedürü ile ilgili komplikasyonlar arasında ise Swan-Ganz kateter bükülmesi, sağ atriyum rüptürü, triküspit kapak yaralanması, sağ ventrikül perforasyonu, sağ tarafı enfektif endokardit, ürolojik komplikasyon, ciddi kardiyak aritmiler, kateter kırılarak

distal embolizasyon ve Swan-Ganz kateterinin düğümlenmesi yer almaktadır. En sık bildirilen girişim yeri ile ilgili komplikasyonlar, karotis arter yaralanması veya arteriyovenöz fistül oluşumu ile ilgilidir. Triküspit kapağın yaralanması, kateterle ilgili en sık bildirilen komplikasyondur (7).

KATETERLER

Balon uçlu Swan-Ganz kateteri, termodilüsyon yöntemiyle kalp debisini hesaplamak için proksimal bir yan portta sonlanan ek bir lümen ve uçta bir termistör olabilen bir uç delikli kateterdir (8). Şiddetli pulmoner hipertansiyonu olan birkaç hastada, Swan-Ganz kateterini pulmoner artere ve PAWP pozisyonuna ilerletmek, sağ kalp odacıklarının ve damarlarının belirgin dilatasyonu veya ciddi triküspit veya pulmoner kapak yetersizliği varlığı nedeniyle zor olabilir. Multipurpose veya pigtail kateter gibi akış yönelimli olmayan kateterler pulmoner arterlere erişmek için kullanılabilir, ancak Swan-Ganz kateteri ile değiştirilmedikçe doğru PAWP ölçümleri sağlayamaz.

KALİBRASYON VE SIFIRLAMA

Sıvı dolu kateterler statik ve dinamik kalibrasyon gerektirir. Statik kalibrasyon, standart sıfır seviyelen-dirme ile yapılır. Dinamik kalibrasyon ise, yetersiz sönümleme (underdamping) veya aşırı sönümlemeyi (overdamping) tespit etmek için pratik olarak hızlı yıkama testi ile sınırlıdır.

Kalp kateterizasyonu işlemi sırasında yanlış bir sıfır seviye ayarı, en yaygın hatalar arasındadır. Kalp kateterizasyonunda tüm basınç ölçümleri, kateter içinde herhangi bir tıkanıklık veya önemli bir akım olmadığı varsayılarak, seçilen sıfır seviyesindeki basınç ile kalp boşluğu veya kateter ucunun bulunduğu damar içindeki basınç arasındaki farktır (9). Orta koltuk altı veya mid-torasik seviyenin 5 cm yukarısına ayarlanan bir sıfır seviyesi, tüm basınçların yaklaşık 4 mmHg eksik tahmin edilmesine veya 5 cm aşağısına ayarlanması, yine tüm basınçların yaklaşık 4 mmHg fazla tahmin edilmesine neden olur. Bu durum sınırda hemodinamik değerleri olan hastaların yönetimini önemli ölçüde etkileyebilir.

İdeal bir sıfır referansı göğüs çapından bağımsız olmalı ve vücut pozisyonundaki değişikliklere karşı duyarsız olmalıdır: bu, dolaşım sistemindeki vücut pozisyonundaki değişikliklerin basınç ölçümlerini etkilemediği yeri tanımlar (9-10). Guyton ve Greganti, triküspit kapağın seviyesinin anatomik olarak en uygun sıfır referans noktası olduğunu öne sürdüler (9). Son zamanlarda ise, orta torasik frontal düzle-

min dördüncü anterior interkostal boşluktan geçen transvers düzlem ile kesişimi ve mid-sagital düzlem standartlaştırılmış sıfır referans noktası olarak önerilmiştir (11,12).

BASINÇ ÖLÇÜMÜ

Kalp kateterizasyonu sırasında yapılan temel ölçümler ve hesaplamalar Tablo 1'de rapor edilmiştir.

Pulmoner Arter Kama Basıncı (PAWP)

Prekapiller pulmoner hipertansiyonu, postkapiller pulmoner hipertansiyondan ayırt etmek ve pulmoner arteriyel hipertansiyon tedavisi almaması gereken sol kalp hastalığı olan hastaları belirlemek için sol atriyal basıncın doğru ölçümü esastır (14).

PAWP yaygın olarak sol atriyal basıncın bir temsili olarak kullanılırken, LVEDP, doğru bir PAWP elde edilemediğinde kullanılır (Resim 4,5) (15). PAWP, distal pulmoner arterin bir dalında balon şişirilmiş bir Swan-Ganz kateteri kullanılarak ekspirasyonun sonunda elde edilen 3 ila 5 ölçümün ortalaması ile elde edilir.

Doğru bir PAWP elde edilmesini sağlamaya yönelik çaba sarfedilmelidir. PAWP diyastolik pulmoner arter basıncına eşit veya daha düşük olmalıdır. PAWP dalga formu net A ve V dalgaları sergilemelidir. Solunumsal trase salınımı olmalıdır. Kateter ucunun pozisyonu floroskopide sabit olmalıdır. Kateterin distal lümeninden alınan kan örneği, oklüzyon pozisyonunda

Tablo 1. Kalp Kateterizasyonda ölçülen, hesaplanan veya kullanılan temel parametrelerin tanımları ve normal değer aralıkları (1,13).

Parametre	Kısaltma	Normal değer	Tanım/yorum
Kalp hızı	HR	60-100 atım/dakika	Dakikadaki atım sayısı
Vücut yüzey alanı	BSA	1.6-1.9 m ²	Bir insan vücudunun ölçülen veya hesaplanan yüzey alanı
Atım volümü	SV	60-100 mL/atım	Kasılma sırasında kalbin her bir ventrikülü tarafından pompalanan kan miktarı
Atım volüm indeksi	SVI	33-47 mL/m ²	SV/BSA
Kardiyak debi	CO	4.0-8.0 L/dakika	Dakikada pompalanan kan hacmi
Kardiyak indeks	CI	2.5-4.0 L/dakika/m ²	CO/BSA
Miks venöz oksijen saturasyonu	SvO ₂	%65-80	(3 x SVC SatO ₂ + IVC SatO ₂)/4
Arteriyel oksijen saturasyonu	SaO ₂	%95-100	
Santral venöz basınç	SVP	2-6 mmHg	Süperior vena kava basıncı-ön yükü ve sağ atriyal basıncı tahmin etmek için kullanılabilir
Sağ atriyum basıncı (Şekil 1)	RAP	2-6 mmHg	Genellikle RAP~SVP
Pulmoner arter basıncı (sistolik/diastolik/ortalama) (Şekil 3)	PAPs	15-30mmHg	Sağ veya sol pulmoner artere yerleştirilmiş bir Swan-Ganz kateteri ile değerlendirilir.
	PAPd	4-12 mmHg	
	PAPm	8-20 mmHg	
Pulmoner arter kama basıncı	PAWP	≤ 15 mmHg	Kateter ucundaki şişirilmiş balon, sol atriyum basıncını pasif olarak algılar.
Transpulmonary gradient	TPG	≤ 12 mmHg	PAPm-PAWPm
Pulmoner vasküler direnç	PVR	0.3-2.0 WU	PAPm-PAWPm/CO
Pulmoner vasküler direnç indeksi	PVRI	3-3.5 WU·m ²	PVRxBSA
Total pulmoner direnç	TPR	< 3 WU	mPAP/CO
Pulmoner arteriyel kompliyans	PAC	> 2.3 mL/mmHg	SV/(sPAP-dPAP)
Diastolik pulmoner gradient	DPG	< 7 mmHg	PAPd-PAWPm
Systemik vasküler direnç	SVD	10-15 WU	SBPm-RAPm/CO
Sistemik kan basıncı	SBP/DBP	120/80 mmHg	

Notlar: IVC: Inferior vena kava, SVC: Superior vena kava, WU: Woods unit.

sistemik satürasyonlara benzer veya daha yüksek bir O_2 satürasyonunu tespit etmelidir ve kateterin distalindeki dolaşımda kontrast tutulumu meydana gelmelidir (15).

Kardiyak Debi

Klinik uygulamada kardiyak debi, sıklıkla dolaylı Fick yöntemi veya termodilüsyon ile değerlendirilir. Sıfırlamadan sonra sağ atriyum, sağ ventrikül, pulmoner arter ve kapiller kama basıncı ölçümleri yapılır. Şu anda kabul edilen ve önerilen kalp debisi ölçümü, kan dolaşımına sabit miktarda salın (genellikle 10 cL) enjekte edilen ve sıcaklık farkı termistör tarafından analiz edilip kaydedilen termodilüsyon yöntemidir. Özellikle gerçek yaşam klinik ortamında karar verme sürecini etkilediği göz önüne alındığında, güvenilir değerler elde etmek için en az üç ila beş kardiyak debi sonucunun toplanması önemlidir. Çok düşük kardiyak debi ve/veya şiddetli triküspit yetersizliği olan hastalarda bile termodilüsyon oldukça güvenilirdir; intrakardiyak şantlı hastalarda kaçınılmalıdır (13).

Yanlış ölçülen azalmış kardiyak debi, denkleme göre ($PAPm - PAWP / CO = PVR$) pulmoner vasküler direncin yükselmesine neden olması dikkat çekicidir. Klinik uygulamada, kardiyak debinin termodilüsyon kullanılarak değerlendirilmesi, Fick yöntemiyle yapılan değerlendirmeye tercih edilir. Şiddetli triküspit yetersizliği varlığında, kardiyak debinin oksijen alım miktarı ve arteriyel-mikst venöz oksijen içeriği farkı olarak hesaplandığı Fick yöntemi önerilir. Fick yönteminin ana sınırlaması, oksijen alımının yatak başı ölçümünün teknik olarak zahmetli olması gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Normal değerlerin temel tanımlarını ve aralığını görmek için lütfen Tablo 1'e bakın.

Pulmoner Vasküler Rezistans

Pulmoner vasküler rezistans, pulmoner arteriyel hipertansiyon tanısı ve prognozu için gereklidir (1). Transpulmoner gradyan ($mPAP - sol$ atriyal veya $PAWP$) ve pulmoner kan akımının (şant olmayan hastalarda kardiyak debi) oranı olarak hesaplanır (Tablo 1). Pulmoner vasküler rezistans, özellikle kombine postkapiller pulmoner hipertansiyondan muzdarip olabilen grup 2 pulmoner hipertansiyon hastalarını belirlemede yararlıdır (1,2). Pulmoner vasküler rezistansın kılavuzlarda daha önce 3 WU olan eşiği, pulmoner vasküler hastalık için 2WU'ye çekilmiş olup, kombine pre-postkapiller pulmoner hipertansiyonu izole postkapiller pulmoner hipertansiyonda ayırt etmek için 2022 ESC-ERS kılavuzu tarafından önerilmektedir (1,2).

Kalp kateterizasyonu, pulmoner hemodinamiyi ölçmek için altın standarttır ve pulmoner hipertansiyon tanısını koymak için zorunludur. Güvenli ve detaylı bir kalp kateterizasyonu, invaziv verileri dikkatli bir şekilde elde etmek, bunları diğer klinik bilgilerle bütünleştirmek ve tanı ve tedavi yönetimine rehberlik etmek için prosedürün kendisinde ve modern pulmoner hipertansiyon yönetimi konusunda önemli bilgi ve uzmanlık gerektirir.

OKSİMETRİ ÇALIŞMASI

Konjenital kalp hastalığında kardiyak kateterizasyon sırasında ilk adım, sistemik damarlarda (pulmoner venler ve sistemik arterler), sağ ve sol kalpte ve pulmoner dolaşımda seri oksimetredir. Bu, kısmi anormal pulmoner venöz dönüş veya sinüs venosus atriyal septal defektleri değerlendirmek için superior vena kava ve inferior vena kavadaki ölçümleri içermelidir. Kombine sağ ve sol kardiyak kateterizasyon, özellikle şant kapatılması düşünülüyorsa, sistemik basınçlar ve satürasyonlar elde etmek ve pulmoner ve sistemik arter basınçları ile dirençler arasındaki oranı hesaplamak için konjenital kalp hastalarında sıklıkla gerçekleştirilir (16).

Artmış bir mikst venöz satürasyon şant tespitini zorlaştırdığından, şant hesaplaması için kan örnekleri tercihen, O_2 desteği olmadan dinlenme durumunda alınmalıdır. Özellikle atriyal septal defektlerde mikst venöz O_2 satürasyonlarının doğru tahmini önemlidir. Fizyolojik olarak önemli soldan sağa şantlarda, bir boşluktan diğerine O_2 satürasyonunda %7'den fazla artış gözlemlenebilir (13). Mikst venöz O_2 satürasyonu Tablo 1'deki gibi hesaplanabilir.

Sağdan sola şant, intrakardiyak defekt veya patent foramen ovale yoluyla erişilebilen pulmoner venler ve sol kalp boşlukları arasındaki O_2 satürasyonlarında bir düşüş olarak saptanır. Bu duruma aynı zamanda bir patent foramen ovale ile şant yapan konjenital kalp hastalığı olmayan pulmoner hipertansiyon hastalarında da karşılaşılabılır. Bir pulmoner venden örnek alınmıyorsa, şiddetli KOAH gibi hava yolu hastalığı olmadığında, oda havasında pulmoner ven satürasyonu %96 ila %97 olarak tahmin edilebilir. Hem pulmoner hipertansiyon hem de erişkin konjenital kalp hastalığı konusunda uzman merkezlerde değerlendirilmesi gereken, konjenital kalp hastalığı ile ilişkili pulmoner arteriyel hipertansiyonlu hastaların yönetimi için pulmoner ve sistemik kan akımı ve dirençlerinin doğru tahmini esastır (13).

Tablo 2. Pulmoner arteriyel hipertansiyonda vazoreaktivite testi için önerilen ajanların uygulama yolu, yarılanma ömrü, dozajları ve uygulama süresi (2).

	Uygulama yolu	Yarılanma ömrü	Dozajlar	Uygulama süresi
Nitrik oksit (22)	İnhaler	15-30 saniye	10-20 p.p.m	5-10 dakika
İloprost (23)	İnhaler	30 dakika	5-10 µg	10-15 dakika
Epoprostenol (22)	İntravenöz	3 dakika	2-12 ng/kg/dakika	10 dakika

SIVI YÜKLEMESİ

Sıvı yüklemesi, PAWP $\leq$ 15 mmHg olan hastalarda LV diyastolik disfonksiyonunu ortaya çıkarabilir. Bu verilerin doğrulama ve uzun vadeli değerlendirmeye ihtiyaç olmasına rağmen, PAWP'de $\geq$ 18 mmHg'ye anormal bir artışı saptamak için yaklaşık 500 µmL (7-10 mL/kg) salinin hızlı (5-10 µ/dakika üzerinde) infüzyonunun yeterli olacağı genel olarak kabul edilir (17-18). Pulmoner arteriyel hipertansiyonlu hastalarda sıvı yüklemesine hemodinamik yanıt hakkında yeterli veri yoktur. Son veriler, kalp kateterizasyonu sırasında pasif bacak elevasyonunun gizli korunmuş ejeksiyon fraksiyonlu kalp yetersizliğini ortaya çıkarma da yardımcı olabileceğini düşündürmektedir (19).

EGZERSİZ KALP KATETERİZASYONU

Kalp kateterizasyonu, egzersiz sırasında kardiyopulmoner hemodinamiyi değerlendirmek ve egzersiz pulmoner hipertansiyonunu tanımlamak için altın standart yöntemdir (20). Egzersiz kalp kateterizasyonunu gerçekleştirmenin ana nedeni, erken pulmoner vasküler hastalığı ve/veya sol kalp disfonksiyonunu saptamak için açıklanamayan dispnesi ve normal istirahat hemodinamisi olan hastaları araştırmaktır.

Tekrarlanan hemodinamik ölçümlerle artan egzersiz testleri, pulmoner dolaşım hakkında en iyi klinik bilgiyi sağlar. Her egzersiz seviyesinde ölçülen minimum gerekli hemodinamik değişkenler, sistolik/diyastolik/ortalama pulmoner arter basıncı, PAWP, kalp debisi, kalp hızı ve sistemik kan basıncını içerir. Ayrıca, sağ atrium basıncı, miks venöz ve arteriyel O₂ satürasyonu en azından istirahat ve pik egzersiz sırasında ölçülmelidir. Toplam pulmoner direnç, pulmoner vasküler direnç ve kardiyak indeks, her egzersiz seviyesinde ve ayrıca pik egzersizde arteriyovenöz oksijen farkı hesaplanmalıdır. mPAP/CO ve PAWP/CO eğimleri de hesaplanmalıdır (21).

VAZOREAKTİVİTE TESTİ

Pulmoner arteriyel hipertansiyonda vazoreaktivite testinin amacı, yüksek doz kalsiyum kanal blokerleri ile tedavi için aday olabilecek akut vazoreponderleri belirlemektir. Pulmoner vazoreaktivite testi yalnızca

idipatik, herediter, ilaç ve toksin induce pulmoner arteriyel hipertansiyon hastalarında önerilir.

Vazoreaktivite testi için inhale nitrik oksit veya inhale iloprost önerilen test bileşikleridir (Tablo 2) (22,23). Aşamalı doz artışları ve tekrarlayan ölçümler nedeniyle intravenöz poprostenol testi çok daha uzun sürer ve bu nedenle daha az uygulanabilir. Sık yan etkiler nedeniyle intravenöz adenozin artık önerilmemektedir (24). Pozitif bir akut yanıt, artan veya değişmeyen kardiyak debi ile birlikte ortalama pulmoner arter basıncında $\geq$ 10 mmHg mutlak bir değere $\leq$ 40 mmHg ulaşmak için bir azalma olarak tanımlanır (22).

KAYNAKLAR

1. Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur Heart J* 2015;46(4): 903-75.
2. Humbert M, Kovacs G, Hoeper MM, et al. ESC/ERS Scientific Document Group. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur Respir J*. 2022 Aug 30;2200879.
3. Forssmann-Falck R. Werner Forssmann: A pioneer of cardiology. *Am J Cardiol*. 1997 Mar 1;79(5):651-60.
4. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, et al. Councils on Intraoperative Echocardiography and Vascular Ultrasound of the American Society of Echocardiography. Guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011 Dec;24(12):1291-318.
5. Mehra MR, Canter CE, Hannan MM, et al. International Society for Heart Lung Transplantation (ISHLT) Infectious Diseases, Pediatric and Heart Failure and Transplantation Councils. The 2016 International Society for Heart Lung Transplantation listing criteria for heart transplantation: A 10-year update. *J Heart Lung Transplant*. 2016;35(1):1-23.
6. Hoeper MM, Lee SH, Voswinckel R, et al. Complications of right heart catheterization procedures in patients with pulmonary hypertension in experienced centers. *J Am Coll Cardiol*. 2006 Dec 19;48(12):2546-52.
7. Chen Y, Shlofmitz E, Khalid N, et al. Right Heart Catheterization-Related Complications: A Review of the Literature and Best Practices. *Cardiol Rev*. 2020 Jan/Feb;28(1):36-41.
8. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med* 1970;283: 447-51.

9. Guyton AC, Greganti FP. A physiologic reference point for measuring circulatory pressures in the dog; particularly venous pressure. *Am J Physiol* 1956; 185:137-41.
10. McGee SR. Physical examination of venous pressure: a critical review. *Am Heart J*. 1998 Jul;136(1):10-8.
11. Kovacs G, Avian A, Pienn M, et al. Reading pulmonary vascular pressure tracings. How to handle the problems of zero leveling and respiratory swings. *Am J Respir Crit Care Med*. 2014 Aug 1;190(3):252-7.
12. Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, et al. ESC Scientific Document Group. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J*. 2016 Jan 1;37(1):67-119.
13. D'Alto M, Dimopoulos K, Coghlan JG, et al. Right Heart Catheterization for the Diagnosis of Pulmonary Hypertension: Controversies and Practical Issues. *Heart Fail Clin*. 2018 Jul;14(3):467-477.
14. Ryan JJ, Rich JD, Thiruvoipati T, et al. Current practice for determining pulmonary capillary wedge pressure predisposes to serious errors in the classification of patients with pulmonary hypertension. *Am Heart J*. 2012 Apr;163(4):589-94.
15. Rosenkranz S, Gibbs JS, Wachter R, et al. Left ventricular heart failure and pulmonary hypertension. *Eur Heart J* 2016;37:942-54.
16. Hoeper MM, Maier R, Tongers J, et al. Determination of cardiac output by the Fick method, thermodilution, and acetylene rebreathing in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160:535-41.
17. Vachiéry JL, Tedford RJ, Rosenkranz S, et al. Pulmonary hypertension due to left heart disease. *Eur Respir J*. 2019 Jan 24;53(1):1801897.
18. D'Alto M, Romeo E, Argiento P, et al. Clinical Relevance of Fluid Challenge in Patients Evaluated for Pulmonary Hypertension. *Chest*. 2017 Jan;151(1):119-126.
19. van de Bovenkamp AA, Wijkstra N, Oosterveer FPT, et al. The Value of Passive Leg Raise During Right Heart Catheterization in Diagnosing Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circ Heart Fail*. 2022 Apr;15(4):e008935.
20. Kovacs G, Herve P, Barbera JA, et al. An official European Respiratory Society statement: pulmonary haemodynamics during exercise. *Eur Respir J*. 2017 Nov 22;50(5):1700578.
21. Godinas L, Lau EM, Chemla D, et al. Diagnostic concordance of different criteria for exercise pulmonary hypertension in subjects with normal resting pulmonary artery pressure. *Eur Respir J*. 2016 Jul;48(1):254-7.
22. Sitbon O, Humbert M, Jais X, et al. Long-term response to calcium channel blockers in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Circulation*. 2005 Jun 14;111(23):3105-11.
23. Opitz CF, Wensel R, Bettmann M, et al. Assessment of the vasodilator response in primary pulmonary hypertension. Comparing prostacyclin and iloprost administered by either infusion or inhalation. *Eur Heart J*. 2003 Feb;24(4):356-65.
24. Jing ZC, Jiang X, Han ZY, et al. Iloprost for pulmonary vasodilator testing in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Eur Respir J*. 2009 Jun;33(6):1354-60.