

Fig- 4. 35: (A)- Kronik mitral yetersizliğinde PA göğüs radyografisi kardiyomegali ile sol atriyum büyümesini düşündüren kalbin sağ kenarında çift kontur göstermekte (siyah ok). (B)-Radyografide görülen sağ perihiler konsolidasyon esasen sağ üst loba yerleşmiştir (X)-, akut pulmoner ödeme bağlı hiler bulanıklık ile ilişkilidir. Bu dağılım akut mitral yetersizliğini işaret etmektedir.

Konjestif kalp yetersizliği

Düşük atım hacmi ve yüksek sistemik dirence bağlı yetersiz kalp debisi sonucunda yükselen intrakardiyak basınçlar ile volüm yüklenmesi, KY zemininde pulmoner ve/veya sistemik venöz hipertansiyon gelişimi ile konjesyona neden olur.

Konjestif KY'nin en yaygın sebebi düşük kalp debisi ve pulmoner venöz hipertansiyona sebep olan sol ventrikül yetersizliğidir. Sol ventrikül yetersizliği interstisyuma ve plevra boşluğuna sıvı sızmasına neden olur. Son evrede ise alveol boşluğuna sıvı sızıntısı sonucunda pulmoner ödem meydana gelebilir. Yükselen pulmoner venöz basınç, pulmoner kapiller uç basınçtaki (PKUB) değişiklikleri ile ilişkilidir. Yüksek pulmoner venöz basınç herbiri göğüs radyografisi görüntüsünde kendi bulgusunu veren evreler halinde dercelendirilebilir. Ancak klinik pratikte bu özelliklerin bazıları bu hassas dizide görülmez (Fig- KV.4).

Konjestif Kalp Yetersizliğinin Evreleri

Evre I. Yeniden dağıtım (*Vasküler Redistribution*)-

(PKUB: 13-18 mmHg):

Ayakta duran hastada normal göğüs radyografisinde üst akciğer alanlarını besleyen damarlar akciğer bazallarındakine göre daha küçük ve daha

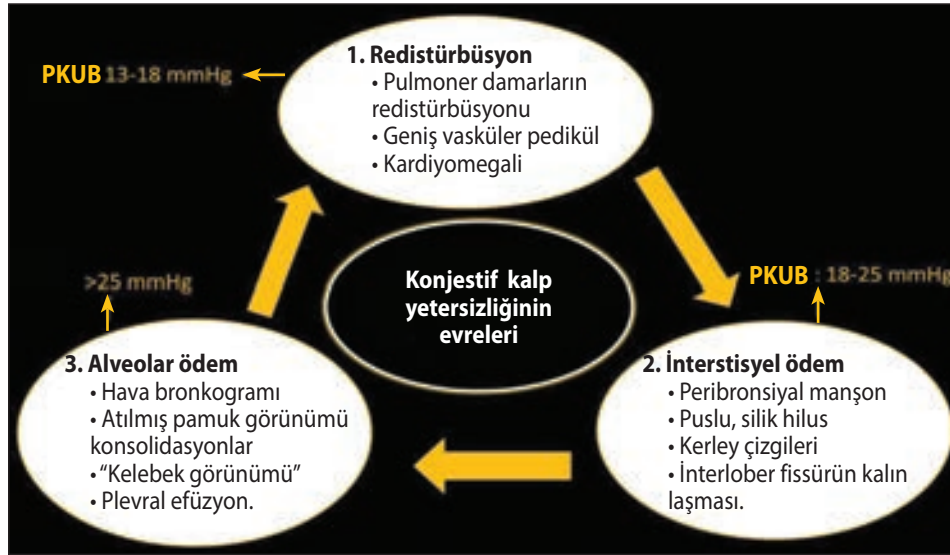


Fig- KV.4: Konjestif kalp yetersizliği ve radyografik görüntü özelliklerinin farklı evreleri PKUB - Pulmoner kapiller uç basınç.

azdır. Pulmoner damar yatağı düşük dirençli ve düşük basınçlı bir sistemdir. Geçmişte dolaşıma katılmayan damarların açılması ile önemli damar yatağı rezerv kapasitesi sağlanabilir ve zaten perfüze olan damarların şişmesine sebep olur. Bu konjestif KY'nin birinci evresine pulmoner kan akımının yeniden dağıtımına sebep olur. "Yeniden dağıtım" sadece hasta ayakta dik dururken ve tam inspiryumda alınan göğüs radyografisi ile isimlendirilir. Yatarken, oturur ve yarı dik pozisyonda alınan birçok göğüs radyografisi yeniden dağıtımın yanlış izlenimini verebilir. Bunun nedeni bu pozisyonda yer çekimi etkisinin olmaması ile üst loblar ile alt loblar arasındaki kan akışının dengelenmesindedir. Bu olgularda radyografinin önceki göğüs radyografisi ile karşılaştırılması yararlı olabilir. Yeniden dağıtım evresinde önce alt ve üst loblarda damarların büyüklüğü ve sayısı eşitlenir. Daha sonra da üst lob damarlarının sayısı ve, büyüklüğü artar ve sonuçta daha fazlalaşır.

Bu evrede tanımlanan diğer bulgular artan kalp büyüklüğü genişleyen vasküler pediküldür. Üst lobların damarlarının çapları genellikle eşlik eden bronşlarınkinden daha küçüktür. Artacak pulmoner kan akımının yeniden dağıtımını olan bir olguda bu oran (arter: bronş çapı) 0.85'dir. Üst ve orta loblarda arter-bronş oranı perihiler bölgede daha kolay değerlendirilir (**Fig- 4. 34**).

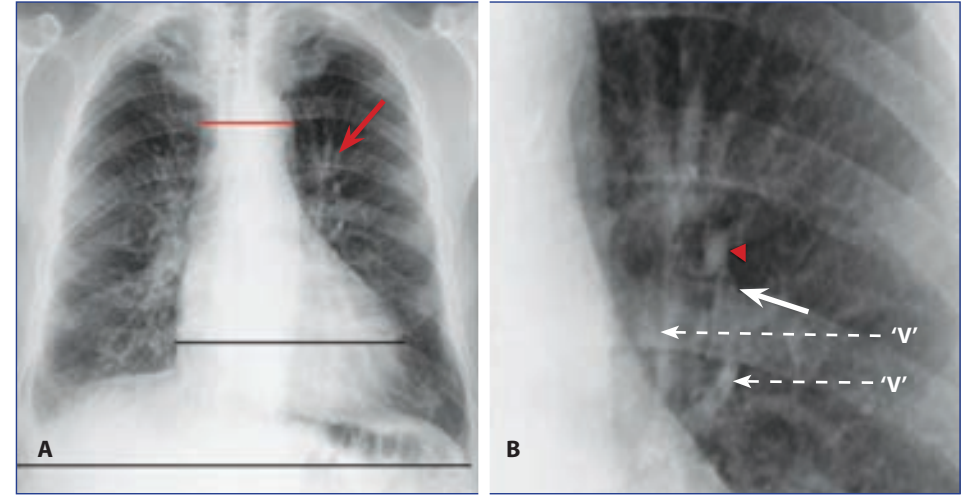


Fig- 4. 34: Kronik konjestif kalp yetersizliğinde (A) PA göğüs radyografisi alt loblara göre sol üst akciğer segmentinde damarların sayısı ve büyüklüğünü arttığını göstermekte (ok). Aynı hastanın önceki filmine göre Kardiyotorasik oran artmış ve vasküler pedikül genişlemiş (kırmızı çizgi), (B) Perihiler bölgede arter kesitinin (okbaşı) Bronş kesiti çapına (ok) oranı artmıştır. (Sol üst akciğer segmentlerinden sol atriyuma- doğru genişlemiş pulmoner venler (kesintili oklar ve V).

Evre II. İnterstisyel ödem

(PKUB: 18- 25 mmHg):

Pulmoner kapillerlerde basıncın yükselmesi sonucunda sıvı interlobular ve peribronşiyal interstisyuma sızar. İnterlobular interstisyuma sıvı sızıntısı "Kerley çizgileri" olarak gösterilen interlobular septal kalınlaşmaya neden olur (**Fig- 4. 35**), (**Fig- 4. 36**) Farklı tiplerde Kerley çizgileri bulunabilir:

Kerley A çizgileri: Hilusta periferik doğru kaçan oblik çizgilerdir; yaklaşık 3- 5 cm uzunluğuna 1 cm kalınlığa ulaşır.

Kerley B çizgileri: Akciğerlerin periferinde bulunurlar plevraya diktirler. Her iki akciğer bazallerinde 1- 2 cm'ye ulaşır.

Kerley C çizgileri: Bunlar, hilusdan periferik radyal paterni takip etmeyen ve plevraya erişmeyen kısa çizgilerdir.

Kerley D çizgileri: B çizgilerine eşittir. Retrosternal boşlukta görülebilirler.

Görülen diğer bazı bulgular: Bilateral perihiler puslanma, sıvının perivasküler interstisyuma sızması sonucunda bronşiyal duvar kalınlaşmasına bağlı peribronşiyal manşonlanma (**peribronchial cuffing**).

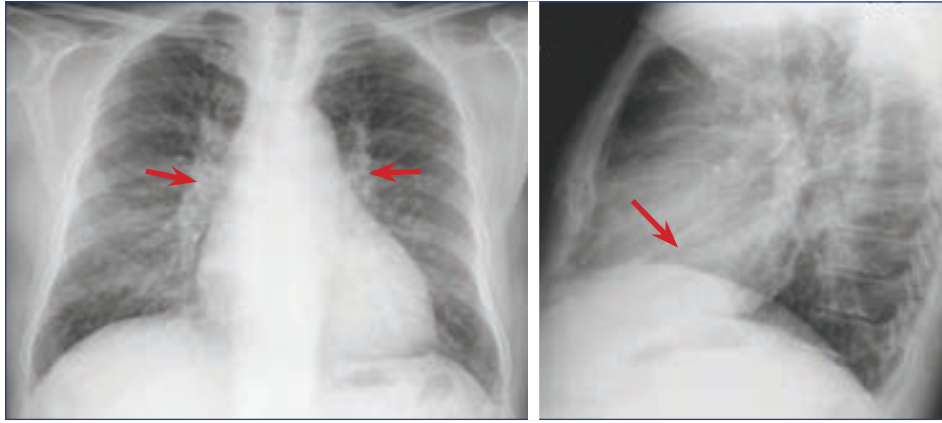


Fig- 4. 35: A ve B; PA ve lateral radyografide konjestif hilus (oklar), akut pulmoner ödemin interstisyel fazında kalınlaşmış interlober fissür (ok), ve linear paterni.

Evre III. Alveolar ödem

(PKUB >25 mmHg):

Bu evrede Lenfatik drenaj olmayan interstisyuma sabit sıvı sızar. Alveolar ödem ve plevral effüzyona neden olur; sıklıkla bilateraldir. Perihiler bilateral opasiteler ile atılmış pamuk görüntüsü ve hava bronkogramı (Fig- 4. 37).

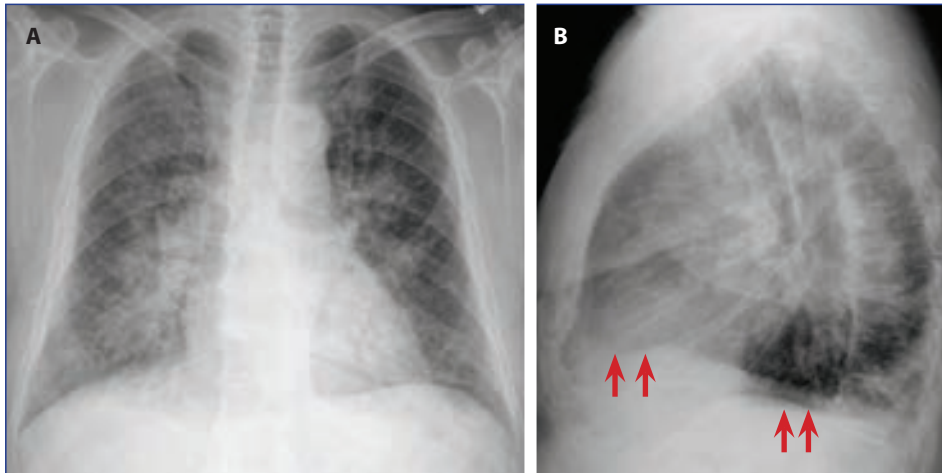


Fig- 4. 37: Konjestif KY'de alveolar ödem: PA ve (A) lateral (B) göğüs radyografisi alveolar ödeme bağlı puslanmış her iki hilus ile bilateral konsolidasyon ve bilateral plevral effüzyon göstermekte (oklar).

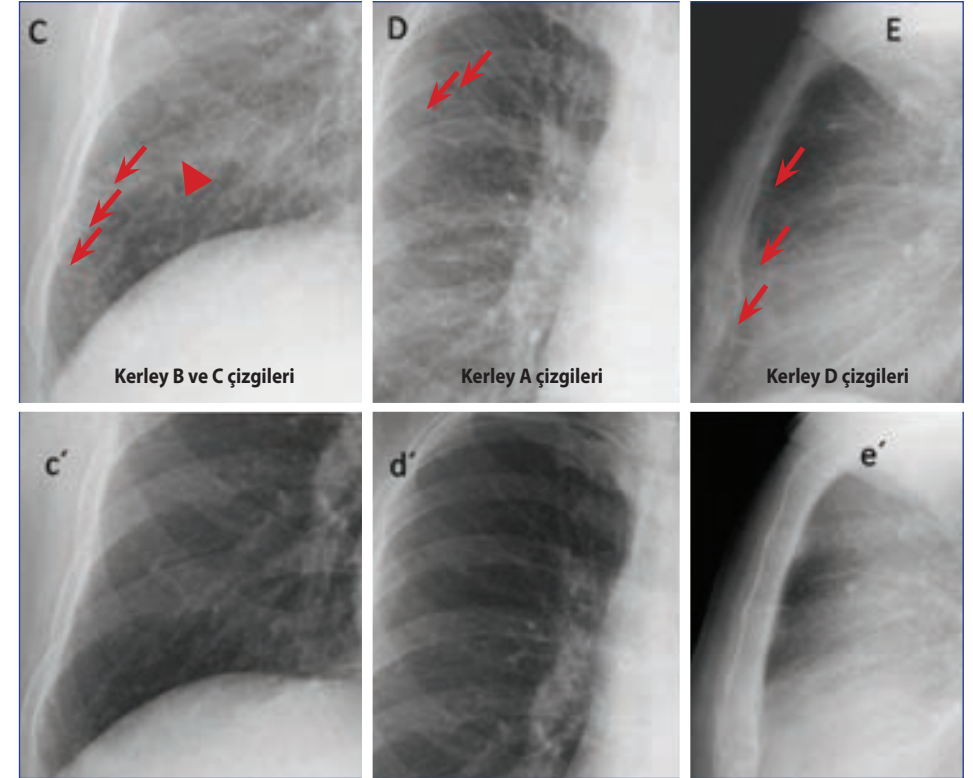


Fig- 4. 36: Büyütülmüş görüntüler Kerley çizgileri (C, D, E) ve tedaviden sonra rezolusyonu (c', d', e'). (C)-Kerley B çizgileri (ok), Kerley C çizgileri (ok başı), (D)- Kerley A çizgileri, (E)- Kerley D çizgileri.

Perikardial effüzyon

Perikardial effüzyonun radyolojik bulguları nispeten nonspesifiktir. Anlamli kardiyomegali ile pulmoner venöz hipertansiyon bulgularının olmaması perikardial effüzyonu işaret eder. Özellikle kardiyak tamponad kliniğine giden orta-büyük perikardial effüzyonlarda Kalp gölgesi "su şişesi kalp" denilen tipik bir şekil (şişe) alan küresel bir görüntü verir.

Perikardial effüzyonlu olguların yaklaşık %15'de göğüs radyografisinde lateral projeksiyonda "yağ yastığı" görülebilir. Bu bulgu perikardial yağı subepikardial yağdan ayıran radyopak bir bandttir, çok spesifik bir bulgudur (Fig- 4. 38).

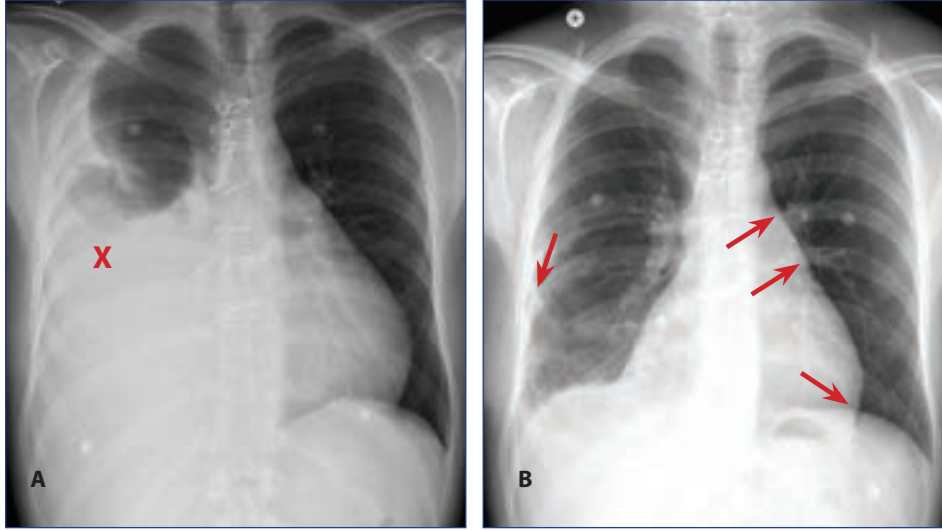


Fig- 4. 38: Büyük perikardiyal efüzyon perikardiyosentez öncesi ve sonrasında radyografı: Birinci (A) görüntüde aort kapak replasmanından bir ay sonra, küresel büyümüş, kardiyo-mediastinal gölge büyük perikardiyal effüzyon ve sağ tarafta büyük pleural effüzyon (X) görülmekte. İkinci görüntü (B) bir litre perikardiyal sıvının boşaltıldığı perikardiyosentez ve torakosentezden sonra alınmıştır ('oklar' efüzyonla düzleşen perikard yastıklarını göstermekte).

Göğüs radyografisinde Konjestif Kalp yetersizliğinin Geleneksel Radyolojik bulguları:

Göğüs radyografisinde görülebilen bazı özellikler

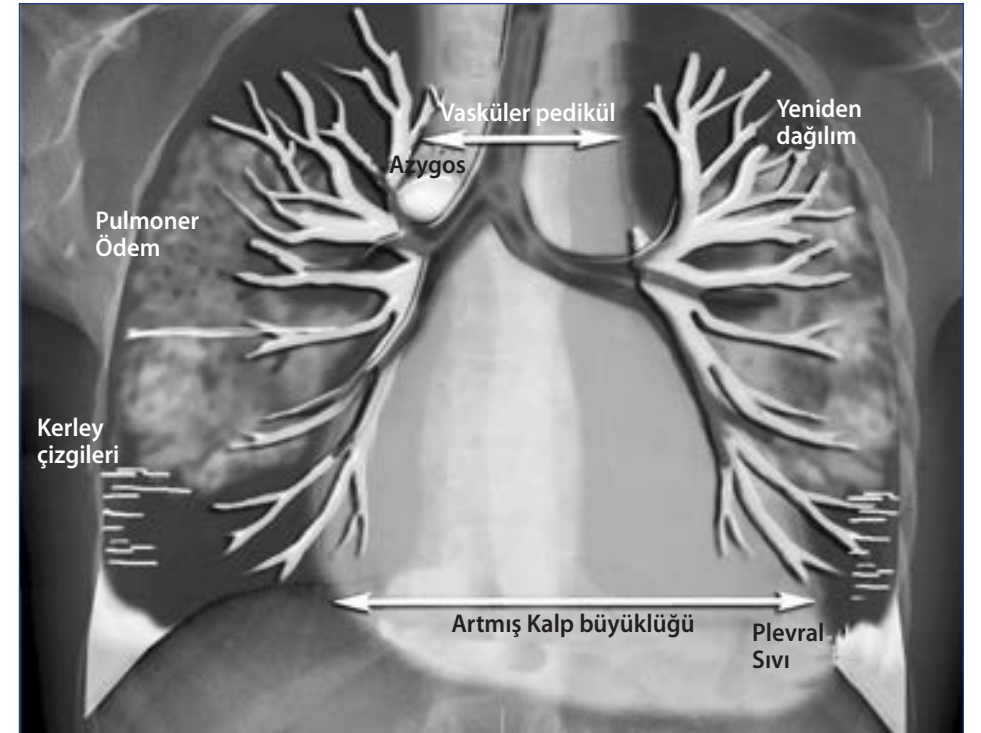
Düşük kalp debisi ile yükselmiş pulmoner venöz basınç sonucunda: Akciğer damarlarında dilatasyon, interstisyum ve plevraya, alveol içine sıvı sızıntısı pulmoner ödem ile sonuçlanır.

Yüksek pulmoner venöz basınç PKUB ile ilgili olup her biri göğüs radyografisinde kendi özellikleri ile yukarıdaki karakteristik evrelere derecelendirilebilir (**Resim- KY.1**). Bu evrelendirme sistemi KKY'nın radyolojik evrelerinin bulgularına mantıksal bir dizi sağlar. Bu bulgular kronik KY, mitral kapak hastalığı ve de kronik KOAH'ta da görülebilir.

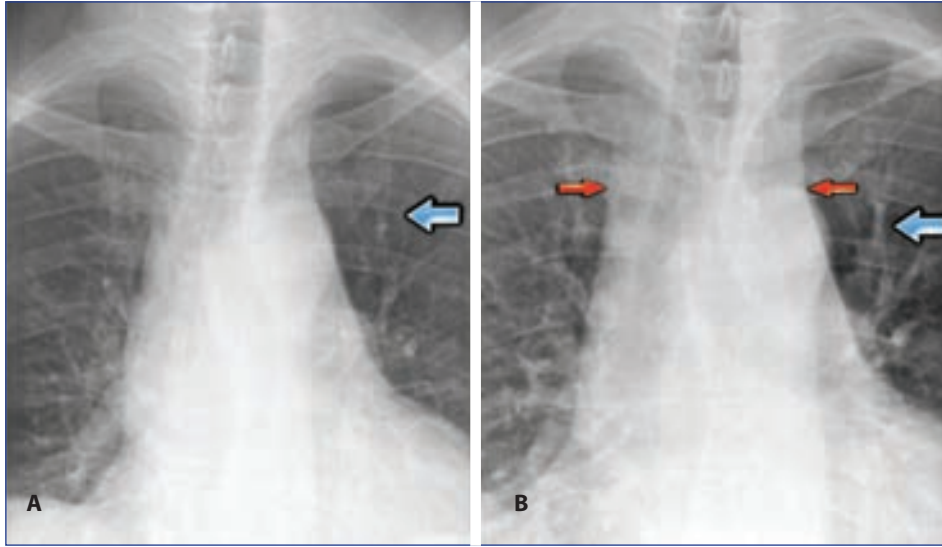
- **Evre I** (PKUB 13 - 18 mmHg); yeniden dağıtma: Pulmoner damarların yeniden dağıtımı (redistribution). Kardiomegali ve geni vasküler pedikül (akut KKY olmayan).
- **Evre II** (18- 25 mmHg); interstisyel ödem: Kerley çizgileri, peribronşiyal manonlanma (cuffing), damarların puslu bulanık dış hatları, kalınlaşmış interlober fissür.
- **Evre III** (>25 mmHg); alveolar ödem: Konsolidasyon, hava bronkogramı, "atılmış pamuk görünümü, pleural efüzyon.

Evre I. Dolaşımda Yeniden dağıtım ('redistribisyon')

- Ayakta dik duran hastada normal göğüs filminde, üst akciğerleri kanlandıran damarlar akciğer bazallerin kanlanlandırılara göre daha az ve küçüktür. Pulmoner damar yatağının anlamlı rezerv, (yedek) kapasitesinden damar içi basınç ve volüm artışı önceden perfüze ol-



Resim- KY.1: Konjestif KY'nin (KKY) PKUB (Pulmoner kapiller uç basınç)'a göre evreleri ve radyografik bulguları.



Resim- KY.2: Kompense durumda kronik KY'de görünüm. (B) ve Konjestif KY epizodu sırasında (A) üst lob damarlarının görünümü (Mavi oklar). Ayrıca, vasküler pedikülde genişlemiştir (kırmızı oklar).

mayan damarları açabilir ve halen perfüze olan damarlarda şişmeye sebep olur. Sonuçta pulmoner kan akımı yeniden dağıtılır: Önce akciğerin üst-alt loblarında kan akımı eşitlenir, daha sonra kan akımını alt loblardan üst loblara doğru yeniden dağılır.

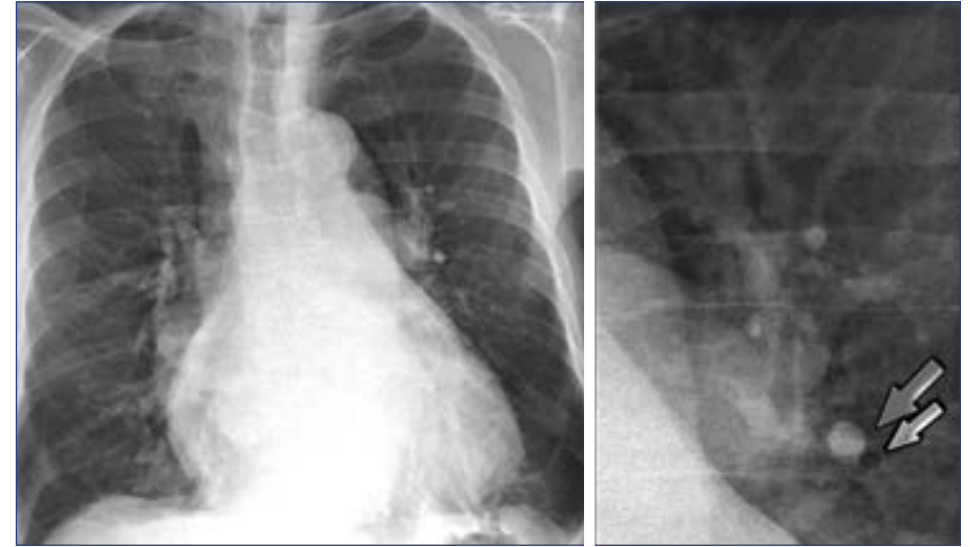
- Yeniden dağıtma terimi sadece ayakta dik durarak derin inspiryumda alınan göğüs radyografileri için de geçerlidir. Sırt üstü yatar pozisyonda alınan göğüs radyografisinde yer çekimi etkisi olmadığında kan akımı eşitlenmiş olabilir, yanlış yeniden dağılım izlenimi verebilir. Bu hastalarda eski filmler ile mukayese edilmesi tanıya yardımcı olabilir.

Arter Bronş oranı:

Normalde, üst lob damarlarına eşlik eden bronşdan 0.85 oranında (arter: Bronş oranı) daha küçüktür. Hilus düzeyinde ise eşittirler ve alt lob arterleri ise 1.35 oranı ile daha büyüktür.

Pulmoner kan akımında yeniden dağıtım olduğunda, üst ve orta loblarda arterin bronşa oranı artabilir; bu en iyi perihiler bölgede görünür.

- Yukarıdaki filmde (**Resim- KY.2**) hastada kardiyomegali ve yeniden dağıtım görülmektedir. Üst lob damarlarının çapı >3 mm ölçülmüştür (normal 1-2 mm). Hiler düzeyde artmış arter: Bronş oranı (oklar).



Resim- KY.3: (Tüm kalp boşlukları büyümüş Konjestif KY'de artmış (oklar) arter: Bronş çapları oranı) ve "Geyik boynuzu" görünümünde üst pulmoner venler (X).

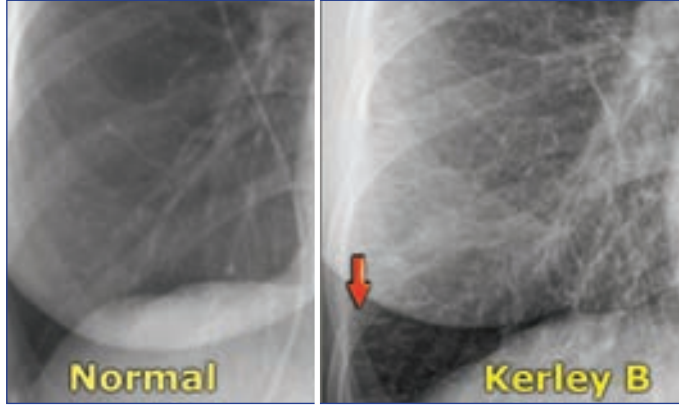
Evre II. Interstisyel ödem

KKY'nin II. Evresi kapillerlerde basınç artışı sonucunda gelişen interlobar ve peribroniyal interstisyuma sıvı sızması ile karakterizedir.

İnterlobar septalara sıvı kaçağı olduğunda Kerley B ve septal çizgiler görülür. Kerley B, kostofrenik açılarda periferik 1-2 cm kısa ve plevraya dik giden horizontal çizgilerdir. Peribronkovasküler interstisyuma sıvı sızdığına broniyal duvarlarda kalınlaşma manonşonlanma olarak görülür (peribronşiyal 'cuffing') ve damarların netliği kaybolur (perihiler pus, bulanıklık).

- Yukarıdaki KKY'li hastada (**Resim- KY.3**) pulmoner damarların çapı artmıştır ve ödem ile çevrildiklerinden netlikleri kaybolur.
- Lateral görünüm pulmoner damarların artmış çapını ve bulanık dış hatlarını daha iyi gösterir. Filmi incelemede Septal çizgilere ve belirginleşmiş interstisyuma dikkat edilmeli, daha da ötesi major fissur belirgin kalınlaşmıştır.

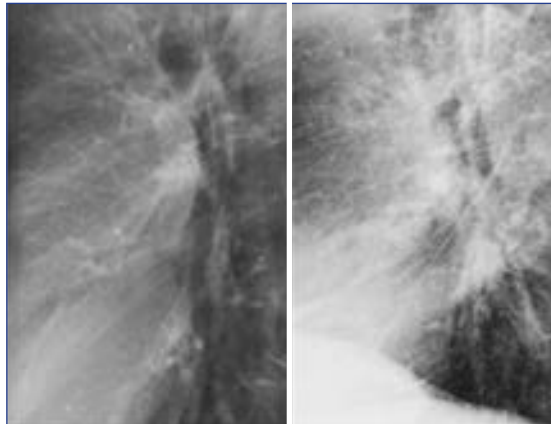
Resim- KY.4:
Solda normal.
Sağda Konjestif KY
evre II'de
interstisyel
ödeme bağlı
Kerley B
çizgileri (kırmızı
ok).



Resim- KY.5:
Konjestif KY'nin
interstisyel
evresinde
perihiler
bulanıklık,
puslanma
(kırmızı oklar).



Resim- KY.6:
Eskiden
normal görünen
göğüs
radyografisi
bulunan
hastada (solda)
ve Konjestif KY
evre II
ile hiler pus,
bulanıklık (sağ).



Evre III. Alveolar ödem

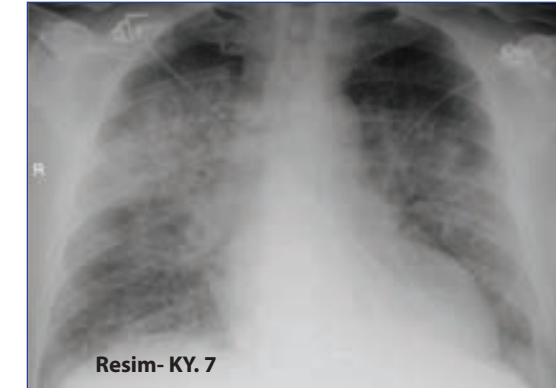
Bu evre lenfatik drenaj ile kompanse edilemeyen interstisyuma sürekli sıvı sızması ile karakterizedir. En sonunda sıvı alveole (alveolar ödem) plevral boşluğa sızar (plevral effüzyon).

Aşağıda; sırası ile: (**Resim- KY. 7-10**)'da Akut kalp yetersizliğine bağlı dispne ile yatırılan hastada; akciğer grafisinde görülen bulgular kalp yetersizliğini işaret eder:

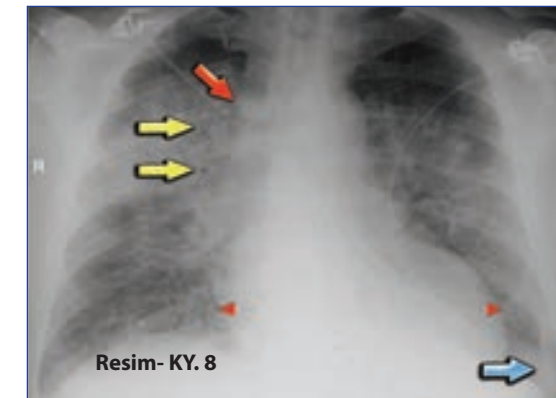
- Alveolar ödem ile perihiler konsolidasyon ve hava bronkogramı (sarı oklar), plevral sıvı (mavi ok), belirgin azigos veni ve vasküler pedikül çapının genişlemesi (kırmızı ok), büyümüş kalp gölgesi (ok başı).
- Tedaviden sonra büyümüş kalp gölgesi ve pulmoner kan akımının yeniden dağıtımı halen görülmekte, fakat pulmoner ödem çözülmüştür.

Resim- KY. 7- 10:

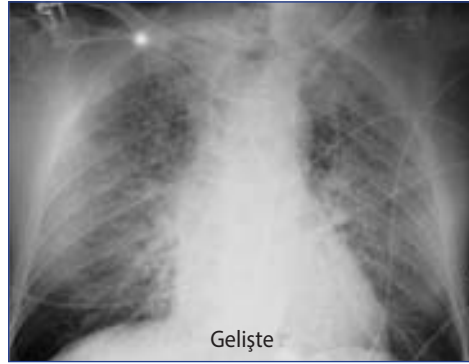
Akut kalp yetersizliğinde plevral efüzyon belirgin (mavi ok) azigos veni ve genişlemiş (kırmızı ok) vasküler pedikül. Aşağıda (**Fig- ve 10'da**) tedavi öncesi ve sonrasında alveolar ödem görülmekte.



Resim- KY. 7



Resim- KY. 8



Resim- KY.9



Resim- KY.10

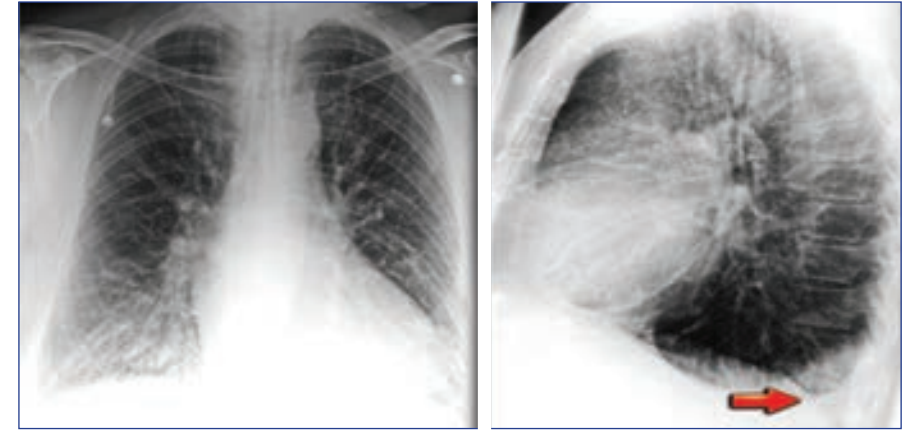
Kardiyotorasik oran

Kardiyotorasik oran (KTO) kalbin transvers çapının PA filmde diyafram üzerinde en geniş noktaları arasındaki göğüs çapına oranıdır. Büyümüş kalp gölgesi her zaman kardiyomegali sonucundadır. Nadiren perikardiyal effüzyon veya hatta bazen yağ depolanmasında görülebilir. Kalp büyüklüğü PA göğüs radyografisinde KTO >50 olduğunda kalp çok büyük düşünülür. KTO'nun 50 bulunmasının KKY için sensitivitesi 50 ve spesifitesi $75-80$ 'dir. Göğüs radyografisinde kalp büyüklüğünün (kardiyomegali) dikkat çekici olabilmesi için sol ventrikül volumunun en az 66 artması gerekir.

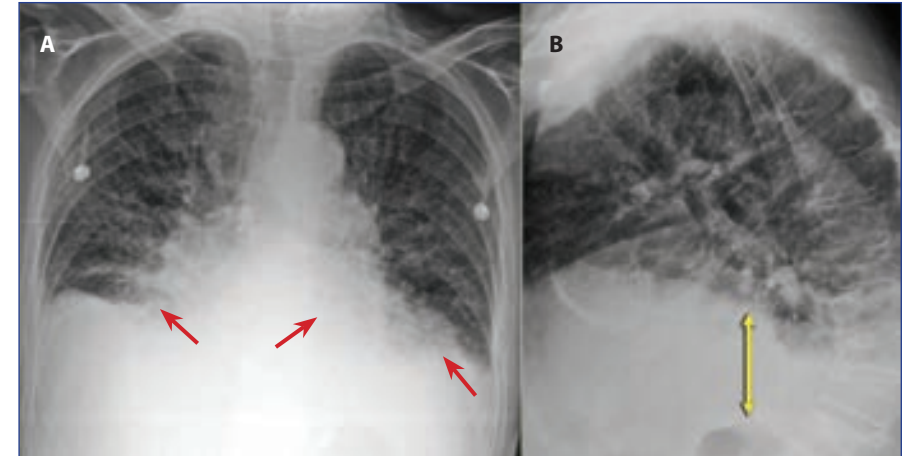
Plevral efüzyon

Plevral efüzyon KKY olgularının 70 'de bilateraldir. Unilateral olduğunda sağ tarafta sola göre biraz daha sıktır. PA filmde Kostofrenik sinüste bir menisküs kadar görülebilmesi için en az 175 ml sıvı toplanması gerekir. Lateral filmde ise 75 ml sıvı bile görülebilir (Resim- KY.12). Sırtüstü yatan hastalarda göğüs filminde plevral efüzyon görülebiliyorsa en az 500 ml sıvı bulunuyor anlamına gelir.

Subpulmonik efüzyon (Resim- KY.13) diyaframın konturunu zor farkedilebilir şekilde izleyebilir; sadece midenin hava cebi ve akciğer arasındaki mesafe artınca farkedilebilir. Mide normal olarak direk olarak diyaframın altına yerleşir. Dolayısı ile ayakta PA radyografisinde; midenin hava cebi diyafram ve akciğerlere yakın görünür.



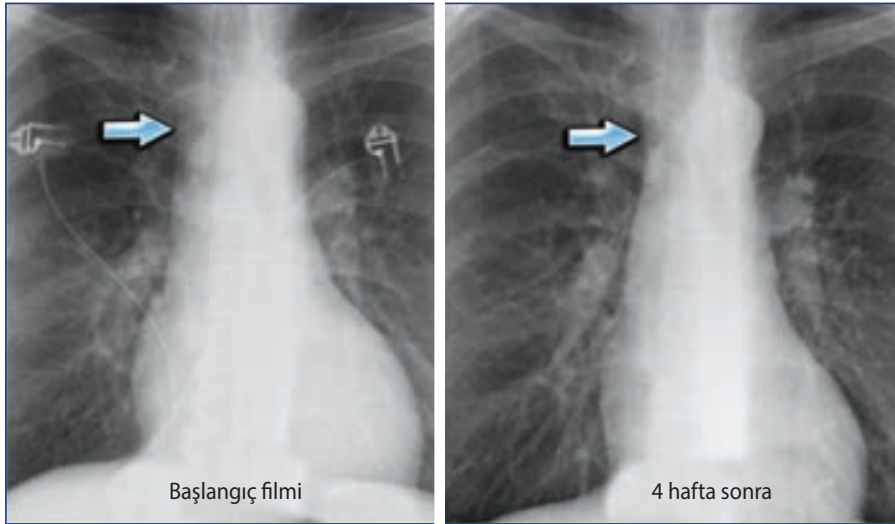
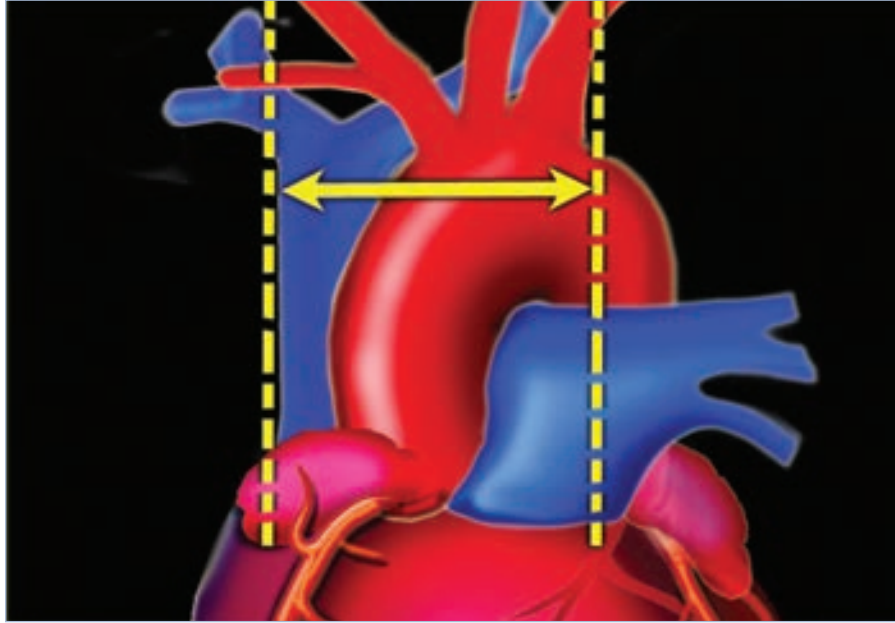
Resim- KY.12: Konjestif K'de sol lateral filmde daha belirgin görünen (ok) plevral efüzyon.



Resim- KY.13: Sol lateral radyografide subpulmonik plevral effüzyon (PA filmde (A) belirgin olmayan oklar) ile Lateral grafide (B) artmış mide hava cebi -akciğer tabanı mesafesi (sarı ok).

Vasküler pedikül

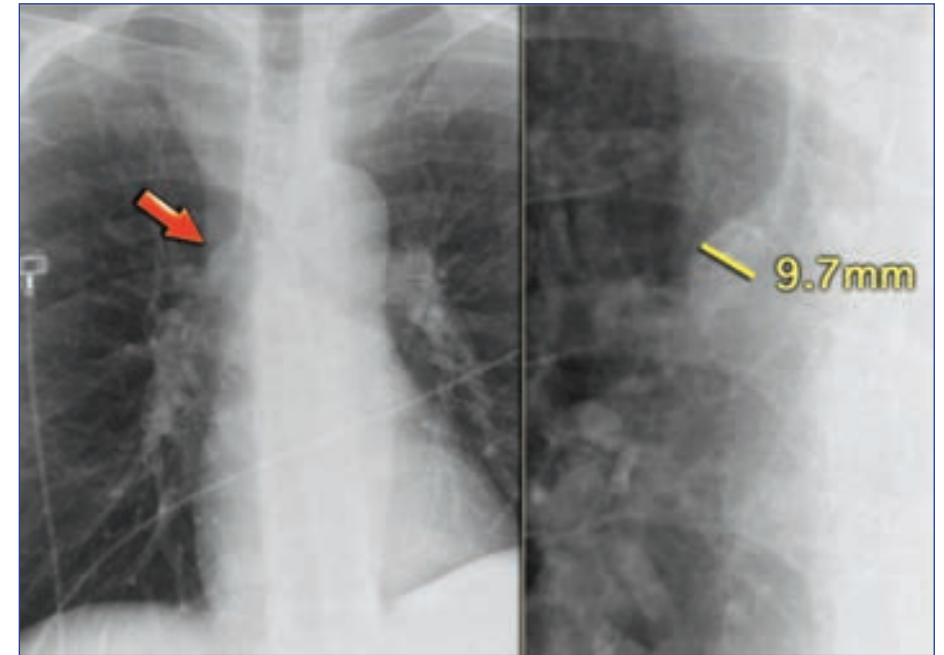
- Vaskler pedikül sağda superiyor vena kava ile solda sol subklavyan arteri çıkışı ile sınırlanmıştır (Resim- KY. 14A). İntravasküler volumun indikatörüdür. PA radyografide genişliği normalde <60 mm. Genişliği >85 mm bulunan vasküler pedikül, 80 olasılıkla patolojiktir.
- Pedikül çapında her 5 mm artış intravasküler volumda 1 litre artışa karşılıktır. Vasküler pedikül genişliğinin artışına çoğunlukla azigos veni genişlemesi eşlik eder.



Resim- KY.14: Vasküler pedikülün ilk bakışta değerlendirilmesi zordur. Genişlemiş pedikülün (solda) ve 4 hafta diüretik tedavisinden sonra normalleşmesi (sağda).

Azigos veninin dilatasyonu

- Azigos veninin dilatasyonu, yükselmiş sağ atriyal basıncın bulgusudur, genellikle vasküler pedikül genişliği de arttığında görülür (**Resim- KY.14B**).
- Azigos veninin çapı hastanın pozisyonu ile ilgili olarak değişir: Ayakta dik durma pozisyonunda çapının >7 mm bulunması büyük olasılıkla anormaldir; >10 mm ise kesinlikle anormaldir. Sırtüstü yatar pozisyondaki hastada >15 mm anormaldir.
- Eski filmdekine göre çapının 3 mm artması volüm yüklenmesinin işaretidir.
- İnspirasyon ile ekspirasyon filmlerinde ölçülen azigos çaplarının farkı sadece 1 mm'dir. Bunun anlamı iyi inspirasyon olsun olmasın azigos çapı değerli bir bulgudur.



Resim- KY.14: Konjestif KY'de dilate olmuş azygos veni (kırmızı- sarı ok).

EKOKARDİYOĞRAFI

Doç. Dr. Barış İkitimur
Yrd. Doç. Dr. Faruk Ayan

Ekokardiyografi kardiyolojinin ilgilendiği hemen her konuda geçerliliği olan invazif olmayan (trans-özofajiyel ekokardiyografi söz konusu olduğunda ise yarı-invazif) bir tetkiktir. Temel olarak bir ultrason yöntemi olan ekokardiyografide insan kulağının duyabileceğinden daha yüksek frekanslı sesler kullanılmaktadır. Yüksek frekanslı sesin kaynağı ekokardiyografi aletine bağlı olan ve bir transdüser içeren eko probudur. Bu prob içerisinde yer alan ve piezoelektrik kristal denilen kristalden geçirilen elektrik akımı sonucu ses dalgaları oluşmaktadır. Kalbi oluşturan dokular ile çevre dokuların sesi yansıtma ve soğurma özellikleri arasındaki farklar nedeni ile bu ses dalgalarının ancak bir kısmı proba geri dönmekte ve geri gelen ses dalgalarının elektriksel sinyallere çevrilerek bir bilgisayar programı tarafından işlenmesi sonucu gerçek zamanlı bir dijital hareketli görüntü elde edilmektedir.

Trans-torasik ekokardiyografi (TTE)

Günümüzde ekokardiyografi laboratuvarlarında en sık kullanılan eko metodu trans-torasik ekokardiyografidir. Bu yöntemde eko yapan kişinin tercihine göre sol ya da sağ yan olarak yatırılan hastanın göğüs ön kısmına, sesin havada yavaş olan iletiminin sorun yaratmaması nedeni ile ucuna ultrason jeli sürülmüş bir eko probu yerleştirilerek görüntü alınmaktadır (**Şekil 1 ve 2**). Prob yerleştirildikten sonra ilk ekrana gelen ve üç boyutlu kalbin çeşitli eksenlerde iki boyutlu anlık kesitlerini gösteren imajların bütününe 2 boyutlu (2-B, "2 dimensional – 2D") eko denmektedir. Temel olarak 2B eko ile çeşitli kesitlerde tüm kalp yapılarının anatomik özellikleri belirlenebilmekte ve genellikle bu

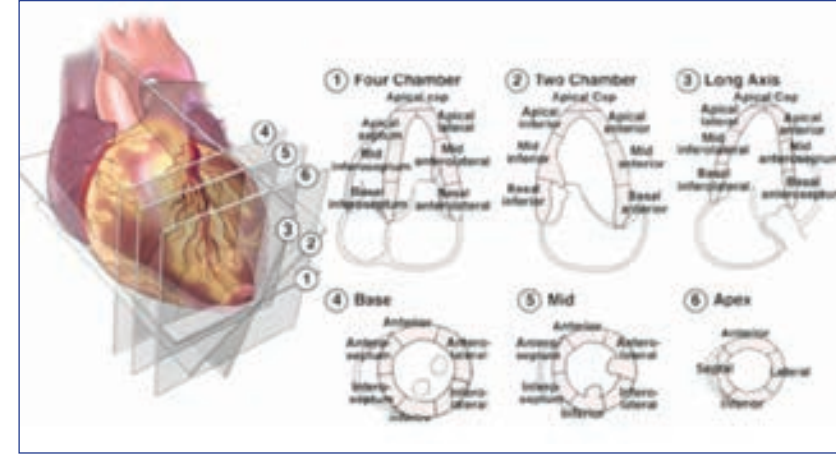


Şekil 1. Transtorasik ekokardiyografi.

Şekil 2. Transtorasik ekokardiyografi.



şekilde oryantasyon sağlandıktan sonra ayrıntılı değerlendirilmek istenen bölgele-re/yapılara odaklanılarak 2B eko görüntüsü üzerinde ek eko metotları (Doppler, M-Mod, doku Doppler, vb.) kullanılmaktadır (Şekil 3). Genellikle ilk olarak 2B eko imajlarını gören kişilerin görüntüleri anlayarak gerçek anatomi ile hemen korelasyon kurabilmeleri beklenmemelidir. Normal anatomiye, kullanılan eko pencereleri ve alınan kesitlere göz aşinalığı kazanılması zaman isteyen bir süreçtir. Tıp fakültesi öğrencilerinin eko imajlarını incelerken bu noktaları akılda tutarak, sabırla öncelikle normalin ne olduğunu öğrenmeye çalışmaları ve teknik detaylarda boğulmak yerine TTE yönteminin hangi durumlarda, teşhis ve tedavi sürecine neler katılabileceği, eko raporunda nelerin yer aldığı ve ne anlama geldiği gibi ilerideki klinik pratiklerinde gerçekten işlerine yarayacak bilgilere odaklanmaları ka-

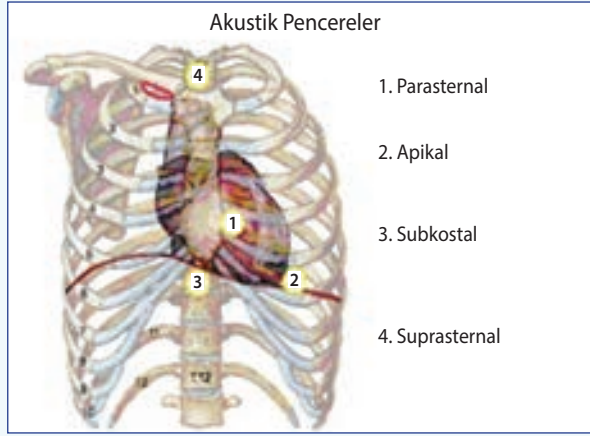


Şekil 3. Transtorasik ekokardiyografide kalp kesitlerinin oluşumu.

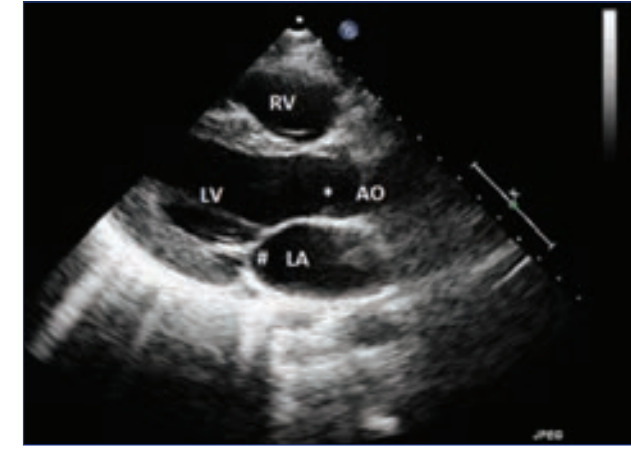
naatimizce daha doğru olacaktır. Yine de yöntemin temel kullanım şekli bir sonraki bölümde özetlenmekte, bu şekilde hekim adaylarının kardiyojinin en sık kullanılan tanı yöntemlerinden biri olan TTE'yi gerektiğinde, uygun endikasyonlarda isteyebilmelerinin ve sonuç raporlarını anlayabilmelerinin yolu bu şekilde kolaylaştırılmaya çalışılmaktadır.

TTE - Teknik

Eko probundan yayılan ses dalgalarının göğüs yüzeyinden 15-20 cm derine penetre olması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için genellikle nispeten düşük frekanslı (2-3 MHz) proplar gerekmekte ve frekans düştükçe elde edilen görüntü netliği azalmakta ve birbirinden ayırt edilebilen iki nokta arasındaki minimum mesafe artmakta yani çözünürlük düşmektedir. Kalp dokusu ile transdüser arasında yer alan katmanların özelliklerine göre elde edilecek imajın netliğinin değişmesi kaçınılmaz olacaktır. TTE yapılan hastalarda obezite, göğüs duvarı anomalileri (pectus excavatum, pectus carinatum, vb), skolyoz, kifoz, amfizem başta olmak üzere akciğer hastalıkları gibi hasta özellikleri nedeni ile ekojenitenin azalması önemli teknik problemlerden birisidir. Ekojenite nedeni ile tam değerlendirilemeyen kalp bölgeleri/fonksiyonları mutlaka eko raporunda belirtilerek klinisyenin alternatif gö-



Şekil 4. Transtorasik ekokardiyografide akustik pencereleler.



Şekil 5. Parasternal uzun eksen normal görüntü. "LV: sol ventrikül, RV: sağ atriyum, LA: sol atriyum, #:mitral kapak, *:aort kapak"

rüntüleme ya da invazif tanı yöntemlerine yönelmesi sağlanmalıdır.

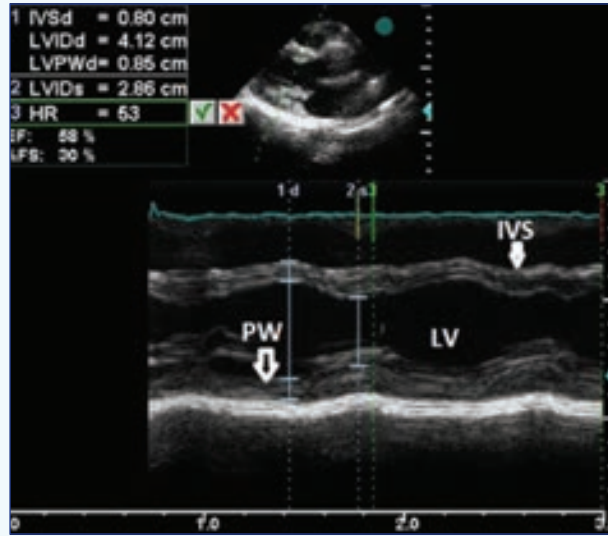
TTE yapılırken görüntü alabilmek için sıklıkla interkostal mesafe kullanıldığından probun üst ve alt kısımda yer alacak kemik yapıdan etkilenmesi gerekmektedir. Bu nedenle TTE incelemelerinde bir noktadan başlayarak üçgen şeklinde her iki tarafa açılan bir imaj oluşturan "sektör" problar kullanılmaktadır. Genellikle günümüzde 2B, M-mod, renkli akım Doppler, CW (continous wave – sürekli dalga) ve PW (pulsed wave – aralıklı dalga) Doppler ve doku Doppler, strain, strain rate, speckle tracking (benek izleme) gibi değişik eko modları tek bir prob kullanılarak elde edilebilmektedir. Bazı eko aletlerinde TTE probunun canlı olarak (gerçek zamanlı) görüntü verebilen 3 boyut özelliği de bulunmaktadır. Daha geleneksel olan ve çok yüksek hızlı akımların anatomik görüntü oluşturulmadan yalnızca elde edilen ses ve kaydedilen akım dalgalarının özelliklerine bakmak sureti ile değerlendirildiği, "kör" olarak nitelenen Pedoff problemleri de bazı eko cihazlarında bulunmaktadır. İşlem esnasında istenildiği anda imaj alınması durdurulabilmekte ve geriye doğru gidilerek inceleme yapılabilmektedir. Aynı şekilde sabit ya da hareketli görüntülerin dijital imajlar olarak eko aletinin sabit diskinde / solid state hafızasında depolanması ya da bir ağ ile merkezi bir sunucuya yedeklenmesi rutin olarak uygulanan veri yönetim metotları arasına yer almaktadır. TTE esnasında hastanın ritmi bağlanacak EKG elektrodları ile takip edilebilmekte ve bu şekilde sistol ve diyastol tam net olarak ortaya kona-

bilmektedir.

Klasik olarak TTE incelemesi parasternal, apikal, subkostal ve suprasternal olmak üzere dört adet pencere kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Şekil 4). Bu pencereler yardımı ile kalbin uzun ya da kısa ekseninde ya da ara geçiş formlarında birçok değişik kesitin alınması olanaklı olmaktadır.

TTE "pencereleri"

TTE ile alınmış görüntülere bakarken klasik olarak ekranın en üst kesiminde eko probunun nerede olduğunu gösteren bir işaret olduğuna dikkat ediniz. Görüntüleri irdelerken kalbin anatomisini de hatırlamakta yarar vardır: sağ ventrikülün aslında önde yer alan "anterior" ventrikül olduğunu, sol ventrikülün ise daha arkada yer alan "posterior" ventrikül olduğunu hatırlanması oryantasyon açısından yararlı olacaktır. Hemen tüm pencerelerde sol atrium ve ilişkili yapıların (sol atrial apendiks, pulmoner venler, vb) transdüserden en uzakta yer alan yapılar olması, bu yapıların değerlendirilmesinde probun tam ters tarafta (kalbin arkasında) yerleştiği trans-özofajiyel ekonun niye bu kadar baskın bir role sahip olduğunun anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

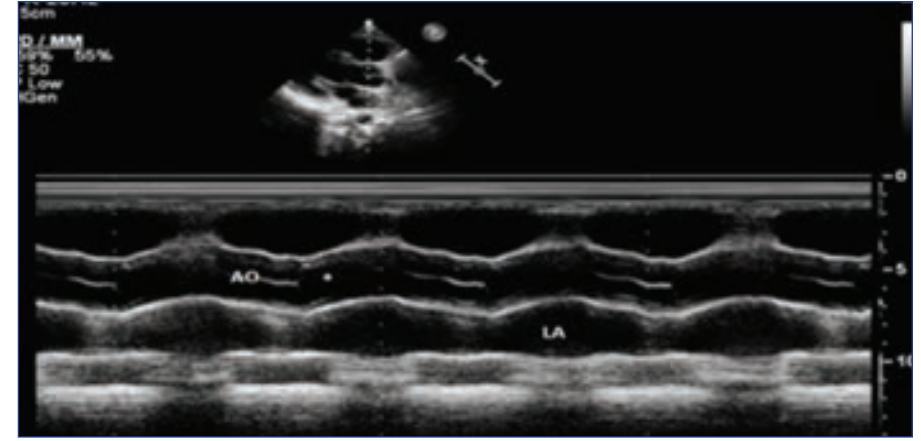


Şekil 6.
Parasternal uzun
eksende sol
ventrikülden alınan
normal M-Mod
görüntü.

LA: sol atriyum,
LV: sol ventrikül,
RV: sağ ventrikül,
AO: Aort, *: Aort
kapak, #: Mitral kapak

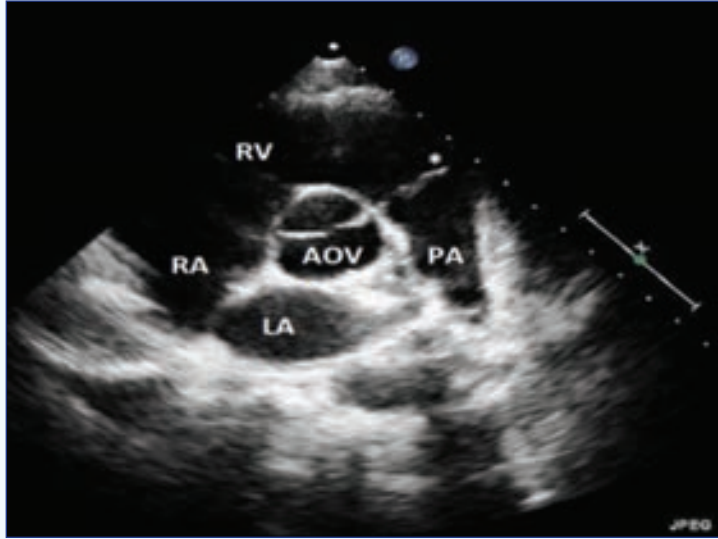
LV: sol ventrikül, IVS: interventriküler septum, PW: sol ventrikül arka duvar. Diyastolde duvar kalınlıkları (IVSd, LVPWd) ve sol ventrikül çapı (LVIDd) ölçülmüş ve sistolde sol ventrikül çap (LVIDs) ölçümü tekrarlanmıştır. Bu ölçümlerden sol ventrikül sistolik fonksiyon göstergelerinden olan ve normal %25'in üzerinde olması gereken fraksiyonel kısalma ile kabaca ejeksiyon fraksiyonu (EF) hesaplanabilmektedir. Bu şekilde hesaplanan EF bölgesel duvar hareket bozuklukları varsa hatalı sonuç verme potansiyeli taşır.

Parasternal pencere: Genellikle TTE tetkikine probun sternum solu 2,3 ya da 4. interkostal aralıklara (probu işaretli kenarı yukarıda olacak şekilde) yerleştirilmesi ile başlanmaktadır. Şekilde verilen standart görüntünün her hastada aynen alınamayabileceği unutulmamalıdır. Bu parasternal uzun eksen görüntüde (**Şekil 5**) sol ventrikül kavitesi (karşılıklı olarak anteroseptal duvar ve inferolateral/posterior duvarlar), mitral kapak, sol atrium, aort kökü, aort kapağın iki küspisi (non-koroner ve sağ), çıkan aortun bir kısmı, sağ ventrikülün bir kısmı görülebilmekte, sağ ventrikül önündeki ve sol ventrikül arkasındaki perikard değerlendirilebilmektedir. Bu kesite sağ atrium ve triküspit kapak rutin olarak girmemektedir. Sol ventrikülde septum, arka duvar, diyastol sonu çap ve sistol sonu çaptan oluşan klasik ölçümlerin bu görüntüde alınması genellikle söz konusu olmaktadır. Bunun için kalbin uzun eksenine dik olacak şekilde çizilen ve mitral kapak uçlarından geçen bir hat



Şekil 7. Parasternal uzun ekseninde aort ve sol atriyum düzeyinden alınan normal M-Mod görüntü. LA: sol atriyum, AO: aort kökü, *: sistolde aort yaprakçıkları arasındaki açıklık.

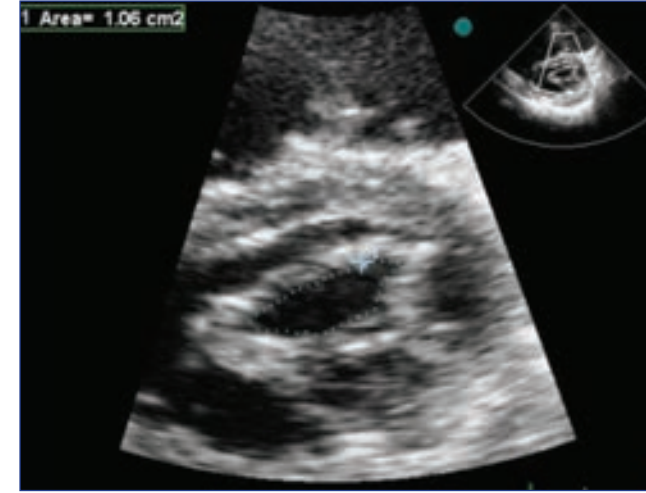
boyunca ölçüm yapılmaktadır. Tarihsel olarak 2B ekodan daha önce kullanılmaya başlanmış olan **M-mod eko** görüntüleri de en sık burada alınmaktadır (**Şekil 6 ve 7**). Bunun için 2B eko imajı üzerinde bir çizgi belirlenmekte ve bu çizgi boyunca yer alan noktaların zaman içerisinde nasıl hareket ettikleri bir grafik üzerinde gösterilmektedir. Takdir edileceği üzere bu metodun verdiği uzaysal bilgi son derece kısıtlıdır. Ancak alınan kesit boyunca yapıların çok yüksek rezolüsyonla zamana karşı hareketlerinin görüntülenebilmesi mümkün olduğundan özellikle kalp boyut ölçümleri için halen kullanılabilmesi mümkündür. Eko probu 90 derece saat yönünde çevrilerek parasternal uzun eksen görüntüden parasternal kısa eksene geçilmektedir. Bu görüntüde kesit (eko probunun cilt üzerindeki açısı değiştirilerek) aort seviyesinden (**Şekil 8**), mitral kapak seviyesinden (**Şekil 9**), papiller kaslar hizasından (**Şekil 10**) ve apekse yakın olarak geçirilebilmekte ve buna göre isimlendirme yapılmaktadır (parasternal kısa eksende mitral kapak seviyesi, vb.) Parasternal kısa eksende tüm sol ventrikül duvarları değişik segmentleri ile (apikal, mid ventriküler, bazal gibi) görüntülenebildiğinden özellikle duvar hareketlerindeki lokalize anomalilerin tarif edilmesi çok kolaylaşmaktadır. Mitral kapak seviyesinden geçen bir kesitte, kapağın en dar görüldüğü noktada diyastolde en geniş açıklığın olduğu anda yapılan alan taraması metodu ile (plani-



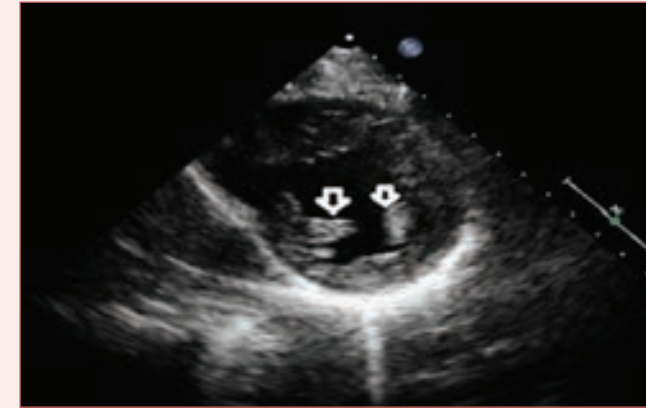
Şekil 8.
Parasternal kısa eksen de aort kapak seviyesinden alınan normal görüntü.

AOV: aort kapak, RV: sağ ventrikül, RA:sağ atriyum, PA: pulmoner arter, *: pulmoner kapak.

Bu görüntüde kolaylıkla pulmoner hipertansiyonda genişleyen pulmoner arter ölçümü yapılabilir, intratriyal septum görüntülenebilir, pulmoner darlığa bakılabilir, triküspit yetersizliği görülebilir, aort kapak küspis sayısı ve açılımı değerlendirilebilir.



Şekil 9.
Parasternal kısa eksen de mitral kapak seviyesinden alınan görüntüde mitral kapağın planimetri yöntemi ile değerlendirilmesi (mitral darlığı mevcuttur).

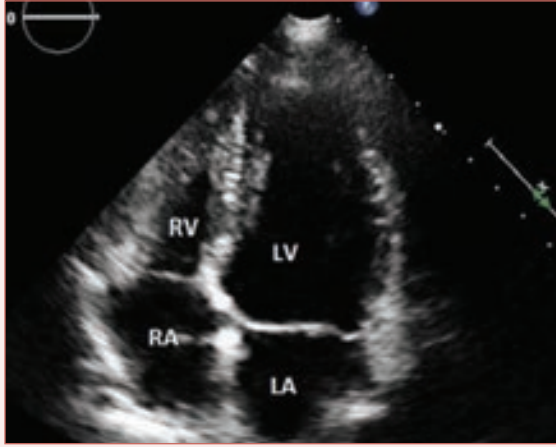


Şekil 10.
Parasternal kısa eksen de papiller kaslar seviyesinden alınan normal görüntü Oklar papiller kas kesitlerini işaret etmektedir.

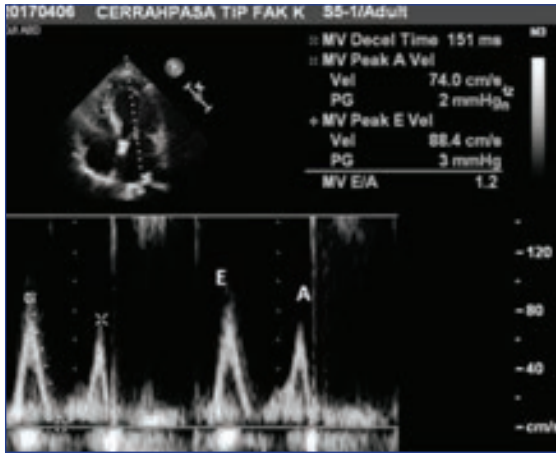
metri) mitral kapak alanının ölçülebilmesi mümkün olmaktadır. Aort kapak seviyesinden geçen parasternal kısa eksen kesitte, aort küspislerinin sayısı, yapıları, inter-atrial septum, pulmoner kapak ve pulmoner arter, triküspit yetersizliği gibi birçok değişik değerlendirme yapılabilmektedir.

Apikal pencere: Kalp tepe noktasına konularak elde edilen görüntü belki de anlaşılması en kolay TTE imajlarını bize vermektedir. Bu şekilde sol ventrikül, sol atrium, sağ ventrikül, sağ atriumun birlikte görüldüğü ve mitral ile triküspit kapakların yan yana değerlendirilebildiği apikal 4 boşluk imajlar elde edilebilmektedir (**Şekil 11**). Klasik olarak mitral kapak yetersizliği, mitral gradyan, PHT yöntemi ile mitral kapak alanı bulunması, triküspit yetersizliği ve PASB, sağ kalp boşlukları apikal 4 boşluk görüntüden değerlendirilmektedir. Mitral akımdaki diyastolik erken (E) ve atriyal kontraksiyonla olan geç (A) dalgaların ölçülmesi (**Şekil 12**) ve bu ölçümlerin sol atriyum büyüklüğü, PASB, sol ventrikül hipertrofisi varlığı, mitral annulus

doku Doppler inceleme sonuçları ile beraber değerlendirilmesi ile sol ventrikül diyastolik fonksiyonu hakkında bilgi edinmek mümkün olabilmektedir. Apikal pencerede sol ventrikülün inferoseptal ve lateral duvarları ile gerçek apeks görülebilmektedir. Bu görüntüde prob apeksin hemen yanında yer almaktadır. Klasik olarak sol ventrikülün diyastolde ve sistolde alınan görüntülerinden endokardiyal sınırlar çizilerek elde edilen maksimum alanlar kullanılarak sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (EF) ölçümü de apikal 4

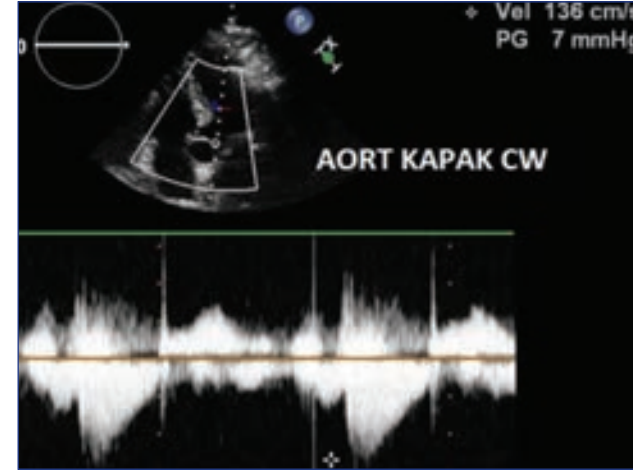


Şekil 11.
Apikal dört boşluğun normal görünümü.
LV: sol ventrikül,
LA: sol atriyum,
RA: sağ atriyum,
RV: sağ ventrikül.
Genellikle sol ventrikül
ejeksiyon fraksiyonu
diyastolde ve sistolde
alınan apikal 4 boşluk
görüntülerden
hesaplanmaktadır.

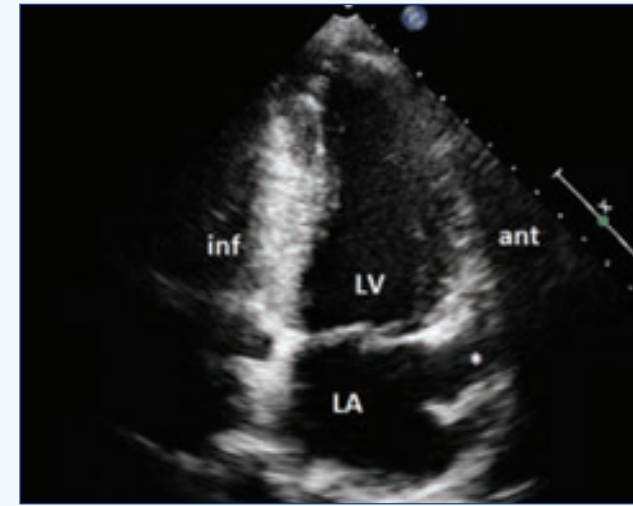


Şekil 12.
Apikal dört boşluk görüntüde mitral kapak uçlarından PW Doppler ile alınmış normal mitral diyastolik akım.
E: erken dolum,
A: atriyum kontraksiyonu dalgaları kaydedilip oranlanmış ve E dalgasının yavaşlama süresi hesaplanmıştır. Aynı zamanda zirve mitral diyastolik gradyan da zirve E hızından bulunmuştur.

boşluk kesitlerden yapılmaktadır. Bu işlem esnasında sol ventrikül bir ucu yuvarlatılmış silindir benzeri mükemmel bir geometrik şekil olarak kabul edilmekte ve elde edilen alanların nasıl bir hacme denk gelebileceği tahmin edilmektedir. Elde edilen diyastol sonu hacminden sistol sonu hacmi çıkarılarak sonuç diyastol sonu hacme bölünmekte ve alt sınırı 0,50 olarak kabul edilen EF hesaplanmaktadır. Bu yöntemlerle tam ölçüm yapılmasa bile klinik uygulamalar için yeterli bir sonuç alındığı genellikle kabul edilmektedir. EF ölçümü altın standard metodu kalp MR'ı olup 3D eko ile de çok yakın sonuç-



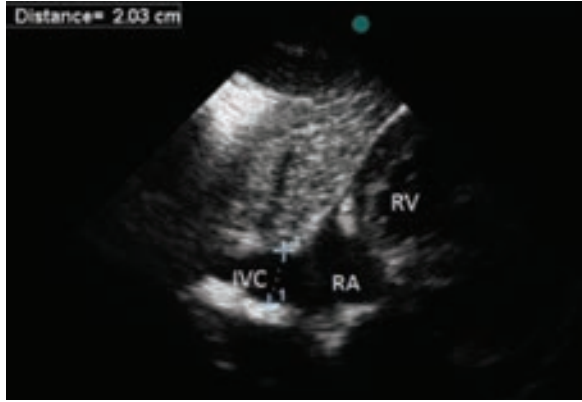
Şekil 13.
Apikal beş boşluk görüntüden CW Doppler ile alınmış normal aort kapak hızı ve gradyanı.



Şekil 14.
Apikal iki boşluk görüntü.
LV: sol ventrikül,
LA: sol atriyum,
ant:anterior duvar, inf:
inferior duvar,
*: sol atriyum
apendiksi (apendiks
TTEde bu şekilde her
zaman net görüntüle-
nemez).

lar alındığı gösterilmiştir.

Apikal 4 boşluk görüntü alınırken proba eğim verilmesi ile sol ventrikül çıkış yolu ve aort kapak görüntüye girmekte ve bu duruma (her ne kadar anatomik olarak doğru bir terim olmasa da) apikal 5 boşluk görüntü denmektedir (**Şekil 13**). Bu görüntü sol ventrikül çıkış yolunun, aort darlığı ve yetersizliğinin değerlendirildiği temel görüntü olarak dikkat çekmektedir.

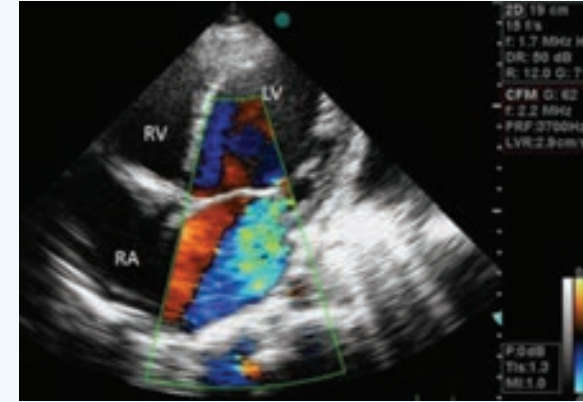


Şekil 15.
Subkostal görüntü
RA: sağ atriyum,
RV:sağ ventrikül,
IVC: inferior vena kava
IVC çapı ölçülerek
sağ atriyum basıncı
hakkında
fikir edinmek
mümkündür.

Apikal 4 boşluk görüntüde probun saat yönünün tersine yaklaşık 60 derece çevrilmesi ile sağ ventrikül kaybolmakta ve iki boşluk görüntü elde edilmektedir (Şekil 14). Bu esnada sol ventrikülün inferior ve anterior duvarları görüntülenmektedir. Bu pozisyonda iken prob bir 60 derece daha saat yönü tersine çevrilir ise parasternal uzun eksen görüntü ile benzerlikler taşıyan ancak apikal segmentlerin çok daha iyi görülebildiği apikal 3 boşluk görüntü elde edilebilmektedir.

Subkostal pencere: Diyaframın hemen üzerinde yer alan sağ ventrikül ve sağ atriyumun karaciğer ile ilişkili bir şekilde görüntülenebilmeleri ksifoid preçesin altına yerleştirilen prob yardımı ile alınan subkostal görüntüler ile mümkün olabilmektedir (Şekil 15). Burada inferior vena kavanın ne kadar dilate olduğu ve solunumla çapının nasıl değiştiğine bakılarak sağ atriyum basıncının tahmin edilebilmesi mümkün olmaktadır. Yine inter-atrial septumun bazı hastalarda ayrıntılı olarak değerlendirilebilmesi bu kesitte mümkün olabilmektedir. Parasternal ve apikal görüntü kaliteleri çok kötü olan bazı amfizem benzeri hastalarda subkostal görüntüden tüm kalp boyut ölçümlerinin yapılabilmesi bazen olanaklı olmaktadır.

Suprasternal pencere: Bir TTE incelemesinde standart kullanılan pencerelerden birisi de suprasternal penceredir. Bunun için prob sternum yukarısındaki suprasternal çentiğe yerleştirilmektedir. Buradan elde edilen önemli görüntüler aort kulbuna ait olanlardır. Arkus aorta, büyük damarların ayrılışı, inen aorta, sağ pulmoner arter bu pencereden bazı hastalarda net olarak görülebilmektedir. Özellikle aort koarktasyonu varlığı taramasında,

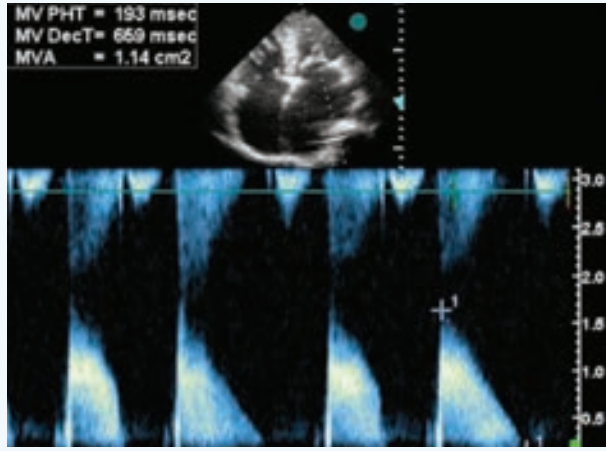


Şekil 16.
Renkli akım Doppler ile mitral yetersizliği Apikal 4 boşlukta sol atriyumu dolduran ciddi mitral yetersizliği görülmektedir.
RA: sağ atriyum,
LV: sol ventrikül,
RV: sağ ventrikül.

aort yetersizliğinin aorta boyunca akım tersleşmesi yapacak kadar şiddetli olup olmadığının anlaşılmasında bu pencere kullanılabilir. Genellikle deneyimli olan ekokardiyologların görmek istedikleri yapıları inceleyebilmek için bu standart görüntüleri modifiye ederek kullandıkları bilinmelidir.

Doppler

Christian Andreas Doppler 19. Yüzyılda yaşamış Avusturyalı bir fizikçidir. Tanımladığı “bir dalganın frekansının kaynağın ve gözlemcinin göreceli hızlarına göre değişmesi” olarak bilinen Doppler etkisi ekokardiyografide yoğun olarak kullanılmaktadır. En sık olarak Doppler etkisini anlatılırken kullanılan örneklerden birisi, siz sabit duruyor iken bir otomobilin size yaklaşırken çıkardığı ses ile uzaklaşırken çıkardığı sesin farklı olmasıdır. Ekokardiyografide kalbin içerisine gönderilen ses dalgalarının çevre yapılar göre çok daha hızlı hareket eden eritrositlere çarpmaları ve geri dönmeleri sonrası, yüksek hızlara izin verip düşük hızları bloke eden filtreler kullanılarak kanın hareket yönü ve hızı elde edilebilmektedir. Belirli hız ve yönlerin belirli renklerle temsil edilmesi ile elde edilen ve 2B eko imajının üzerine oturtulan görüntülere **Renkli akım Doppler – “color flow Doppler”** denmektedir. Bu şekilde normal laminer akımın bozulup lokalize hızlanma ve türbülansların olduğu birçok patoloji (kapak yetersizliği, şant, darlık vb.) yarı-kantatif olarak tanımlanabilmektedir. Örneğin sistolde sol ventrikülden sol atriya doğru bir akım görülmesi akla hemen mitral yetersizliğini ge-



Şekil 17.
PHT yöntemi ile mitral kapak alanının hesaplanması. Mitral darlığı ve atriyum fibrilasyonu (AF) olan bir hastada, PW Doppler ile apikal 4 boşlukta mitral kapak uçlarından ölçülen ve düzensiz oldukları görülen E dalgalarının birinden PHT yöntemi ile mitral kapak alanı hesaplanmıştır. AF nedeni ile A dalgası yoktur.

tirmektedir (Şekil 16). Renkli akım Doppler skalalarında geleneksel olarak proba yaklaşan akımlar kırmızı, uzaklaşan akımlar ise mavi tonlarında temsil edilseler de bu kolaylıkla kullanıcı tercihinine göre değiştirilebilmektedir. Ölçülen hızın çok arttığı durumlarda ise bir limit geçildikten sonra (Nyquist limiti) yazılım renk skalasını tersinden göstermeye başladığı için renkler birbirine karışmakta ve “mozaiklenme” denilen patern oluşmaktadır.

Ölçülen hızların bir renk skalasına göre kodlanması yerine zaman karşı bir hız grafiğinde temsil edilmesi de mümkündür. Bu şekilde örneğin bir kapak üzerinde akımın lokal olarak ne kadar hızlı olduğu kalp siklüsünün değişik aşamalarında ölçülebilmektedir. Ölçüm için kullanılan ses dalgalarının nasıl gönderildiklerine göre **CW ve PW Doppler** ölçümleri bu şekilde yapılmaktadır. CW Doppler ile daha yüksek hızlar ölçülebilmekte ancak doğru boyunca yer alan tüm hızların toplamı görüntülenebilmektedir. PW Doppler ile kısıtlı lokal bir örneklem bölgesindeki hızlar ölçülebilmekte ancak maksimum ölçülen hız daha düşük kalmaktadır. Doppler ölçümlerini değerlendirirken, ölçülen hızların akımın meydana geldiği boşluklar arasındaki basınç farkı ile korele olduğu bilinmelidir. Bu durum, bu ilişkiyi ortaya koyan hidrodinamik denklemini tanımlamış olan 18. Yüzyıl fizikçisi İsviçreli Daniel Bernoulli'nin adı ile anılmaktadır. Basitleştirilmiş Bernoulli denklemine göre ölçülen hızın karesi alınıp 4 ile çarpıldığında mmHg cinsinden boşluklar arasındaki basınç farkı elde edilebilmektedir (Basınç farkı-gradyan, gradient = $4 \times V^2$). Burada ölçülen gradyanın “anlık” olduğuna dikkat

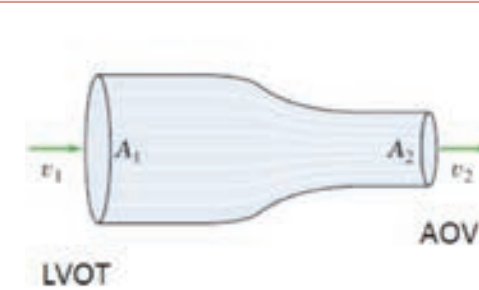
edilmelidir. Kalp içinde fizyolojik akımların olabilmesi için bu anlık basınç farklarının oluşması normaldir. Bu gradyanların kateterizasyon ile ölçülen gradyanlardan farklı olduğu unutulmamalıdır. Örneğin normalde sistolde sol ventrikül ile aort arasında kateter ile hiç basınç farkı ölçülemez. Aynı hastada yapılan ekoda aort kapak üzerinde sistolik akım esnasındaki maksimum hızlanma, belirli sınırlara kadar fizyolojik sayılmaktadır. Bu nedenle eko raporlarında bir gradyanın nasıl değerlendirildiği, yani “patolojik” olup olmadığı genellikle belirtilmektedir.

Doppler ile basınç yarılanma zamanı (PHT) kullanılarak mitral kapak alanı ölçümü: (Mitral kapak alanı = $220 / \text{PHT}$)

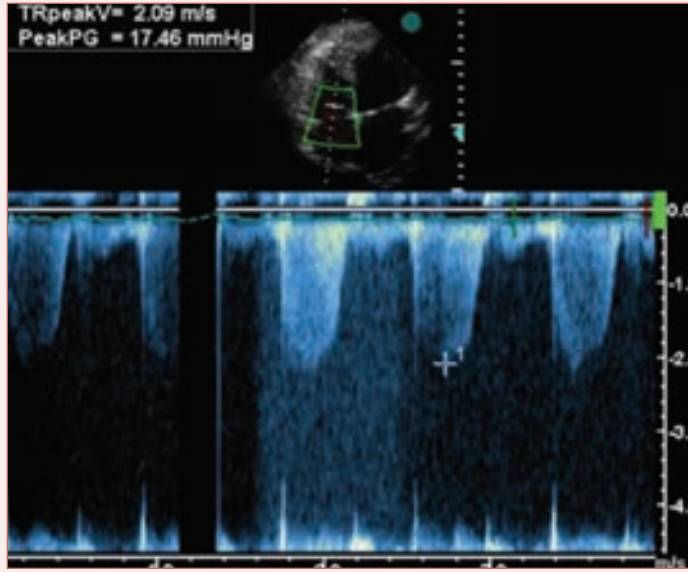
Mitral darlığı esnasında sol atriyum basıncının artması beklenen bir durumdur. Bu basıncın diyastolle beraber olması beklenen azalma hızının düşmesi mitral darlığına bağlı olabilmektedir. Mitral kapak düzeyinde ölçülen erken (E) dalgası ile bulunan basıncın kaç milisaniyede yarıya düştüğünün bulunması metoduna basınç yarılanma metodu (pressure half time – PHT) denmektedir. Bulunan zamanın 220 sayısına bölünmesi ile cm^2 cinsinden mitral kapak alanı bulunmaktadır (Şekil 17).

Devamlılık denklemini ile Doppler kullanılarak aort kapak alanı hesaplanması:

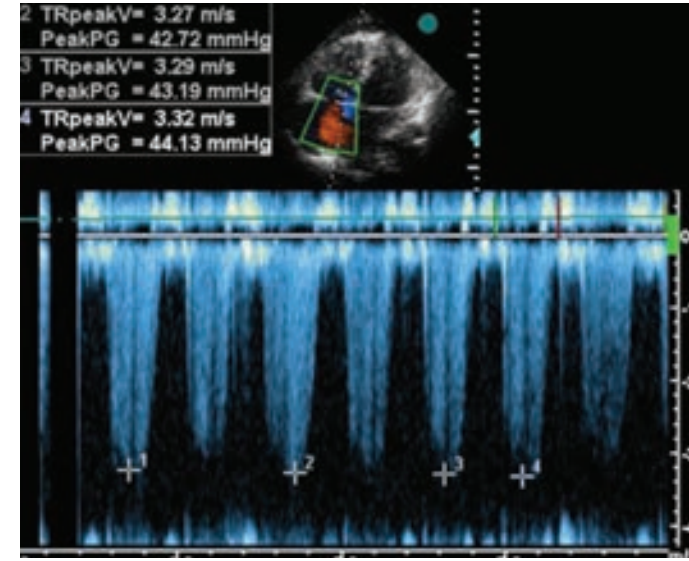
Aort kapağın direkt açılımı gösterilerek kapak alanının buradan ölçülmesi yeterli doğrulukta olmayan bir yöntemdir. Aort kapak alanı ölçülmesi için endirekt bir yöntem kullanılması mümkündür. Bu yöntemde sol ventrikül çıkış yokunda belirli bir zamanda geçen kan miktarının aort kapaktan geçen kan miktarına eşit olması gerektiğinden yol çıkılmakta ve bu nedenle



Şekil 18.
Devamlılık Denklemini gösteren şema.
LVOT: sol ventrikül çıkış yolu, AOV: Aort kapak.
LVOT akım integrali x LVOT alanı = Aort kapak akım integrali x Aort kapak alanı



Şekil 19.
CW Doppler ile
alınan triküspit
yetersizliği jeti
(Normal).

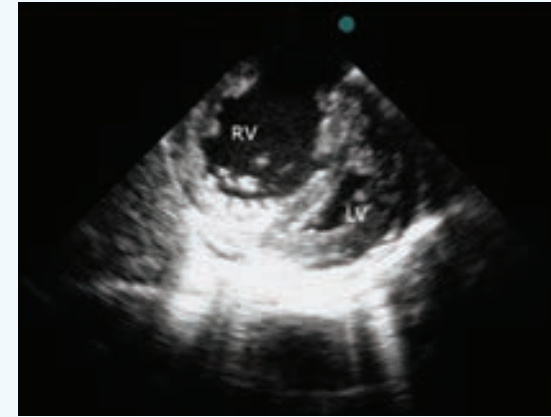


Şekil 20.
Pulmoner
hipertansiyonu
olan bir
hastada CW
Doppler ile
alınan triküspit
yetersizliği
jetinden
hesaplanan
basınç gradyanı.

yönteme “devamlılık denklemi – continuity equation” denmektedir (**Şekil 18**). Bu hesaplama için sol ventrikül çıkış yolu çapı parasternal uzun eksende ölçülerek dairesel olduğu kabul edilen kesit alanı hesaplanmakta ve buradan geçen kan miktarı ile orantılı olan hız zaman integralinin hesaplanması için PW Doppler ile sol ventrikül çıkış yolu akım kaydı apikal 5 boşluktan alınmaktadır. Bu iki rakamın çarpımının aort kapak hız-zaman integrali ile aort kapak alanı çarpımına eşit olduğu kabul edildiğinden apikal 4 boşluk görüntüde aort kapak düzeyinde CW Doppler ile aort akım kaydı alınması yeterli olmaktadır.

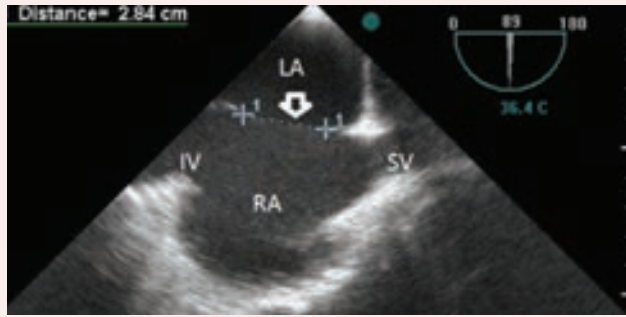
Pulmoner hipertansiyon olasılığının ve pulmoner arter sistolik basıncının (PASB) Doppler ile tahmini:

Triküspit yetersizliği (TY) hızının 3,4 m/s üzerinde olduğu durumlarda ya da bu hız 2,8-3,4 arasında iken sağ ventrikül basınç artışına ya da disfonksiyonuna ikincil ek bulguların varlığı söz konusu ise pulmoner hipertansiyon (PHT) olasılığının “yüksek” olduğu söylenmektedir. Ölçülen TY hızından elde edilen basınç rakamsal olarak sağ atriyum ile sağ ventrikül arasındaki basınç farkı olmaktadır. Bu rakama, çeşitli yöntemlerle elde edilen sağ atriyum basıncı eklenince sağ ventrikül sistolik basıncı (RVSp) elde edilmekte

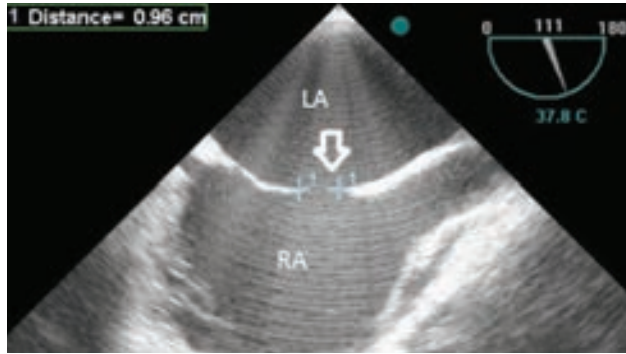


Şekil 21.
Pulmoner
hipertansiyonu olan bir
hastada sağ
ventriküle dilatasyon ve
hipertrofi
(parasternal kısa eksen)
Sağ ventrikülün sol
ventriküle belirgin
basısı mevcuttur.
RV:sağ ventrikül,
LV: sol ventrikül.

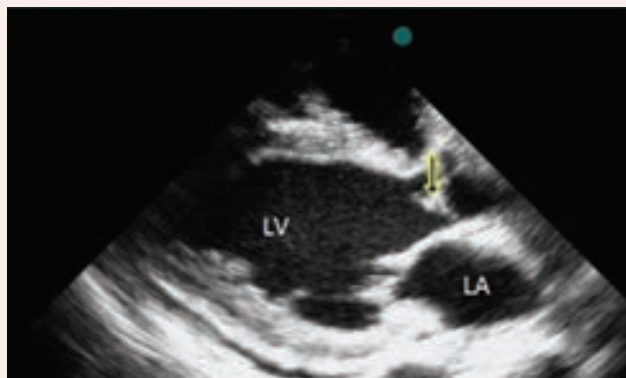
olup, eğer pulmoner darlık varlığı söz konusu değilse RVSP PASB'na eşit olduğundan bu şekilde PASB tahmin edilmiş olmaktadır. Ekokardiyografinin PHT tanısında daha çok bir tarama testi olduğuna dikkat edilmeli ve klinik olarak gerek görülen her durumda tanı invazif yöntemler ile (sağ kalp kateterizasyonu) doğrulanmalıdır (**Şekil 19-21**).



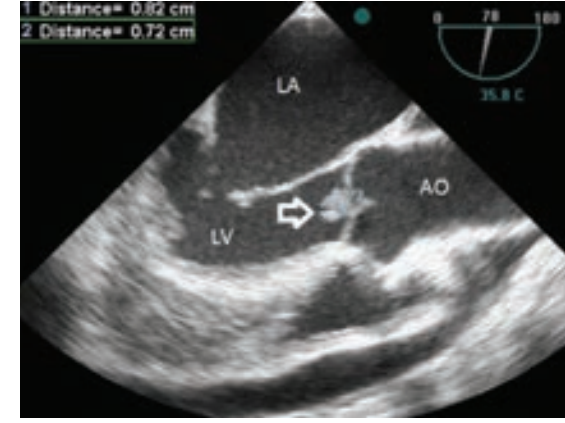
Şekil 22 .
Bikaval TÖE
görüntüsünde büyük
sekundum tip atriyal
septal defekt (ASD)
LA:sol atriyum,
RA:sağ atriyum,
IV:inferior vena kava,
SV: süperior vena kava,
ok: ASD



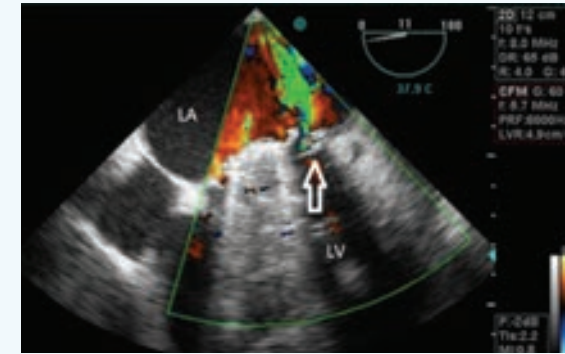
Şekil 23.
Bikaval TÖE
görüntüsünde
küçük sekundum
tip atriyal septal
defekt (ASD)
LA: sol atriyum,
RA: sağ atriyum,
ok: ASD



Şekil 24.
Trans-torasik ekoda
parasternal uzun
eksende doğal aort
kapakta vejetasyon
Aynı olgunun TÖE
görüntüsü için
Şekil 25'e bakınız.
LV: sol ventrikül,
LA: sol atriyum,
ok: vejetasyon.



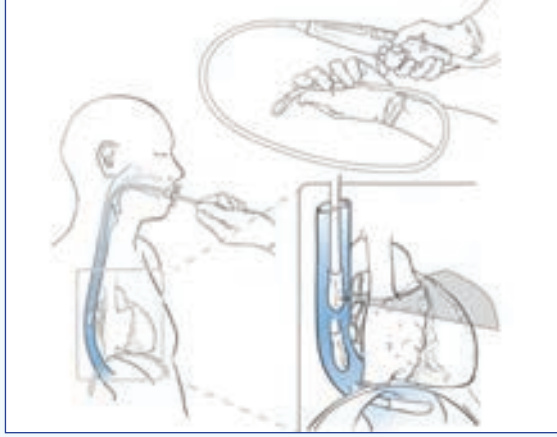
Şekil 25 .
TÖE ile doğal aort kapakta
vejetasyon TTE ile kıyaslan-
dığında çok daha net veje-
tasyon görülmektedir. Doğal
kapaklarda vejetasyonlar aort
kapağın ventriküler, mitral
kapağın ise atriyal yüzünde
daha sık görülürler.
AO:çıkan aort,
LV:sol ventrikül,
LA:sol atriyum,
ok: vejetasyon



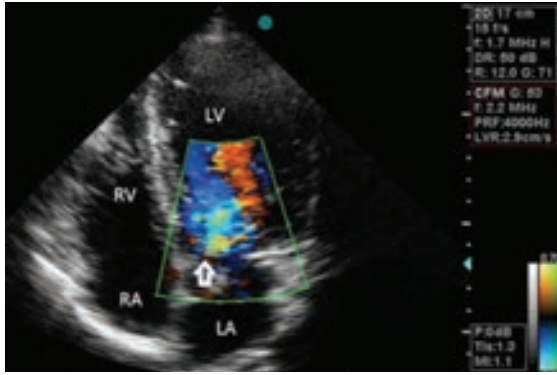
Şekil 26. TÖE 4 boşluk görün-
tümde renkli akım Doppler ile
paravalvüler kaçak. Aşağıya
doğru akustik gölge oluşturan
oluşum mitral konumdaki met-
al protez kapaktır. Bu kapağın
yanından, paravalvüler kaçak
izlenmektedir. TTE ile bu gö-
rüntünün alınması mümkün
değildir. LA:sol atriyum, LV:sol
ventrikül, ok kaçağa yol açan
ayrışmayı işaret etmektedir.

Trans-özofajiyel ekokardiyografi (TÖE-TEE)

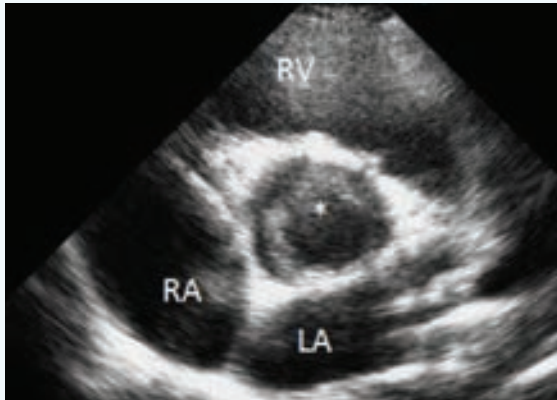
Kalbin arka tarafında yer alan yapıların değerlendirilmesinde ve TTE gö-
rüntü kalitesinin yetersiz geldiği durumlarda TÖE'ye başvurulması söz ko-
nusu olmaktadır. Sol atriyum apendiksi içerisinde pıhtı ya da yavaş akım
(spontan eko kontrast-SEK) olup olmadığına bakılması, endokardit araştır-
ması esnasında vejetasyonların net görülebilmesi, aortanın boylu boyunca
(arkus aorta daha zor olsa da) diseksiyon, aterom plağı benzeri patolojiler
için taranması, akustik gölge nedeni ile görülemeyen protez kapak patoloji-
lerinin araştırılması, inter-atriyal septum başta olmak üzere konjenital kalp



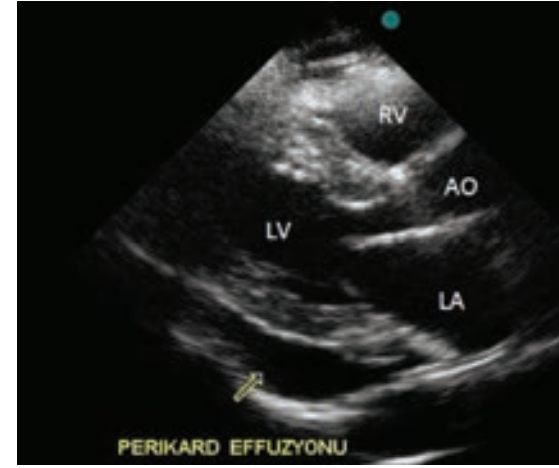
Şekil 27.
Transözofajiyel
eko probu ve
işlemi.



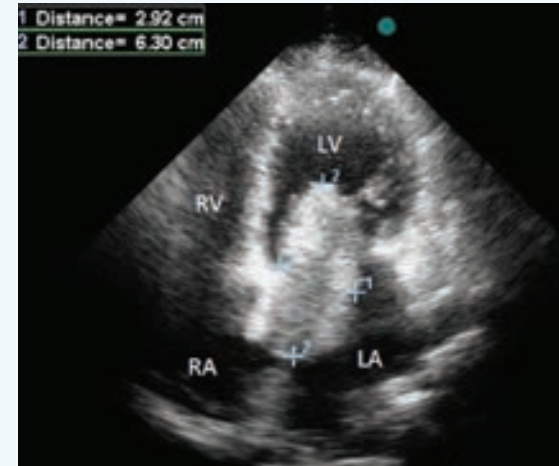
Şekil 28.
Apikal 5 boşluk
görüntüde renkli akım
Doppler ile aort
yetersizliği
LA: sol atriyum,
LV: sol ventrikül,
RA: sağ atriyum,
RV: sağ ventrikül,
ok: aort kapaktan olan
yetersizlik akımını işaret
etmektedir.



Şekil 29.
Parasternal kısa eksen
aort kapak seviyesinde
biküspit aort kapak
görünümü.
LA: sol atriyum,
RA: sağ atriyum,
RV: sağ ventrikül,
*: biküspit aort kapak
yaprakçıkları arasındaki
açıklık.

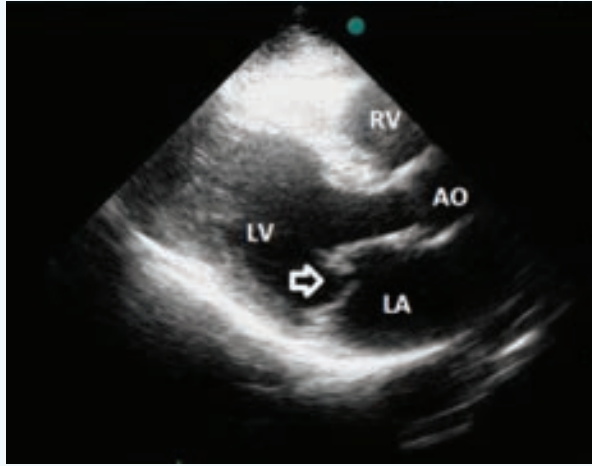


Şekil 30 .
Parasternal uzun eksen
görüntüde perikard
efüzyonu.
LA: sol atriyum,
LV: sol ventrikül,
RV: sağ ventrikül,
ok: sol ventrikül arkasına
lokalize perikard
efüzyonu.

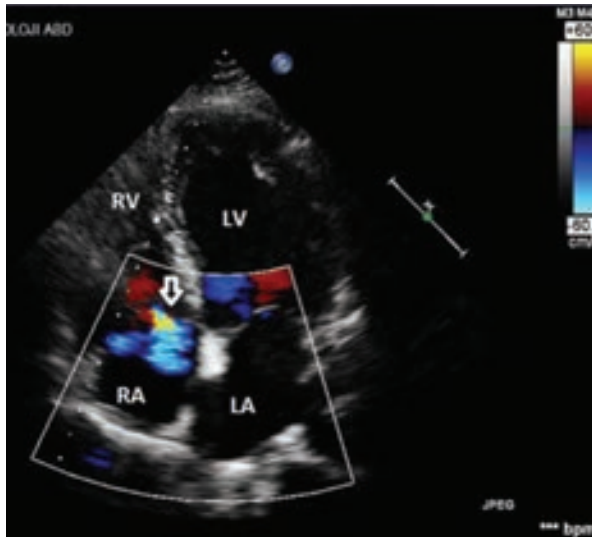


Şekil 31.
Apikal 4 boşluk
görüntüde dev kitle
(miksoma)
Sol atriyal miksoma mitral
kapağa iyice angaje olarak
sol ventriküle diyastolde
geçmektedir.
LA: sol atriyum,
LV: sol ventrikül,
RA: sağ atriyum,
RV: sağ ventrikül.

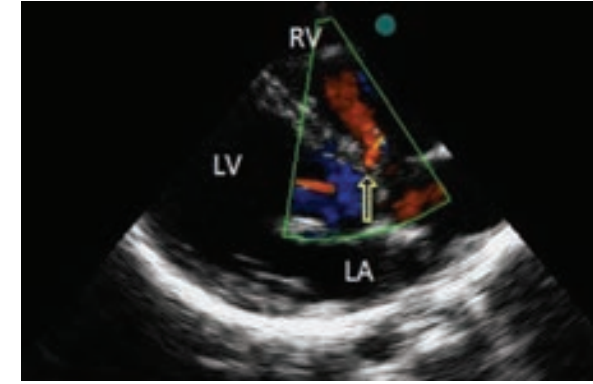
hastalıklarının ayrıntılı incelenmesi gibi birçok klinik endikasyonda TÖE TTE'ye üstün görünmektedir. Özofagus ile ilişkili yapısal problemler, genel durum bozukluğu, solunum sıkıntısı varlığı, yutma güçlüğü olması, hastanın onay vermemesi gibi durumlar ise bu yarı-invazif sayılabilecek endoskopik incelemenin yapılabilmesinin önündeki engellerdendir. Genellikle TTE ve TÖE birbirlerini tamamlayıcı olarak kullanılması gereken tetkiklerdir. Son



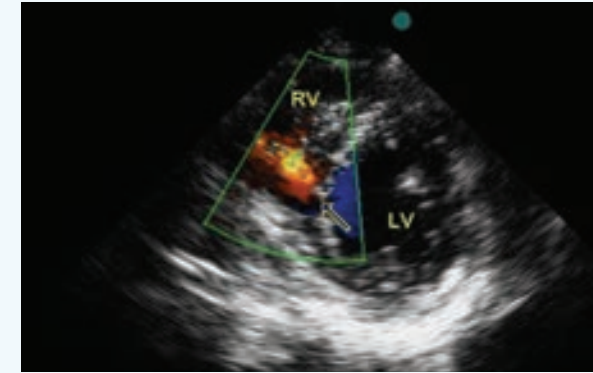
Şekil 32.
Parasternal uzun eksen görüntüde mitral kapak prolapsusu (MVP)
Mitral kapakta kalınlaşma ve arka yaprakçıkta belirgin prolapsus.
LA: sol atriyum,
LV: sol ventrikül,
RV: sağ ventrikül,
AO: çıkan aort,
ok: prolabe olan skallop.



Şekil 33.
Apikal 4 boşluk görüntüde renkli akım Doppler ile triküspit yetersizliği (TY)
LA: sol atriyum,
LV: sol ventrikül,
RA: sağ atriyum,
RV: sağ ventrikül,
ok: TY jeti.



Şekil 34.
Parasternal uzun eksen görüntüde renkli akım Doppler ile membranöz VSD
Aort kökünün hemen altında soldan sağa şant akımı izlenmektedir.
LA: sol atriyum,
LV: sol ventrikül,
RV: sağ ventrikül,
ok: VSD akımı.



Şekil 35.
Parasternal kısa eksen (modifiye) görüntüde musküler tip VSD
LV: sol ventrikül,
RV: sağ ventrikül,
ok: soldan sağa şant akımı.

yıllarda giderek artan 3B uygulamaları ile birlikte TÖE'nin yapısal kalp hastalıklarının perkütan tedavileri esnasında (inter-atriyal septumun ponksiyonu, atriyal ya da ventriküler septal defekt/ patent foramen ovale / sol atriyal apendiks kapatılması, para-valvüler kaçakların tedavisi, perkütan yolla yapılan kapak tedavileri –TAVR, vb.) gerçek zamanlı olarak kullanılmaları

gündeme gelmiştir. TÖE aynı zamanda per-operatif olarak kalp ve kalp-dışı cerrahilerde hemodinamik durumun kardiyak nedenlerinin değerlendirilmesi başta olmak üzere birçok değişik endikasyonla kullanılabilir. Bu işlem esnasında antekübital bir venden az miktarda havanın serum fizyolojik ile iyice karıştırılması yolu ile elde edilmiş mikro kabarcıklar içeren ajite salin benzeri kontrast maddelerin kullanılması da mümkündür (ASD, PFO tayini vb. için). İşlem öncesi 4-8 saatlik açlık istenmekte ve işlem sonrası farenkse uygulanan lokal anestezi geçene dek hastaya oral sıvı ya da yiyecek verilmemektedir. (TÖE ile ilişkili görüntüler için bakınız Şekil 22-27. TTE ile ilişkili diğer görüntüler için bakınız Şekil 28-35).

Sonuç olarak ekokardiyografi kardiyolojide karşılaşacağınız hemen her patolojik durumda kullanılabilmesi mümkün olan çok önemli invazif olmayan bir tetkiktir. Bu tetkikin doğru olarak kullanılabilmesi için hastanın hikayesi, fizik muayene bulguları ve diğer tetkik sonuçları eko sonuçları ile harmanlanarak sorulan soru ya da soruları yanıtlayabilecek “çalışan bir teşhis” oluşturulması gerekmektedir. Eğer böyle yapılmaz ise eko raporunda yer alan çok önemli bir sonucun farkına varılmaması ya da birçok ayrıntı içeren ancak sorulan gerçek soruya yanıt vermeyen eko raporları ile karşı karşıya kalınması söz konusu olabilecektir.

Kaynaklar:

1. Enar. Kalbin fizik muayenesi Tekniği ve klinik ipuçları Enar R (edt). Temel kardiyoloji Kalbin fizik muayenesi tekniği ve klinik ipuçları. Nobel Tıp Kitapevleri Ltd Şti. 2012. 57- 196.
2. Enar R Kalp kateterizasyonu; Perkutan koroner girişim. Enar R(edt). Pratik invazif Kardiyoloji Klinik ve Teknik ipuçları ile. Nobel Tıp Kitapevleri Ltd Şti. 2014 s. 17- 179; s. 215- 285.
3. Enar R. Göğüs radyografisi; Kalp Yetersizliğinde Pulmoner konjesyonun Radyolojik Bulguları Enar R (edt) Kanıta dayalı Kalp yetersizliği. Nobel Tıp Kitapevleri Ltd Şti. 2010 s 396- 411.
4. Enar (edt) Enar R. Akut miyokart iskemisi İnfarktüsünde elektrokardiyografi: Kanıta dayalı kalp yetersizliği kitabı Nobel Tıp Kitapevleri Ltd Şti. 2005 s. 761- 881.
5. Payzın P. Elwektrokardiyografi, Enar R (edt). Temel kardiyoloji Semiyoloji ve kardiyovasküler hastalıklar, NobelTıp Kitapevleri Ltd Şti. 2007 s. 367- 389.
6. Umman S. Teleradyografi. Enar R (edt). Temel kardiyoloji Semiyoloji ve kardiyovasküler hastalıklar, NobelTıp Kitapevleri Ltd Şti. 2007 s. 35- 317.

Bölüm: 6

NÜKLEER KARDİYOLOJİ

Prof. Dr. Kerim SÖNMEZOĞLU

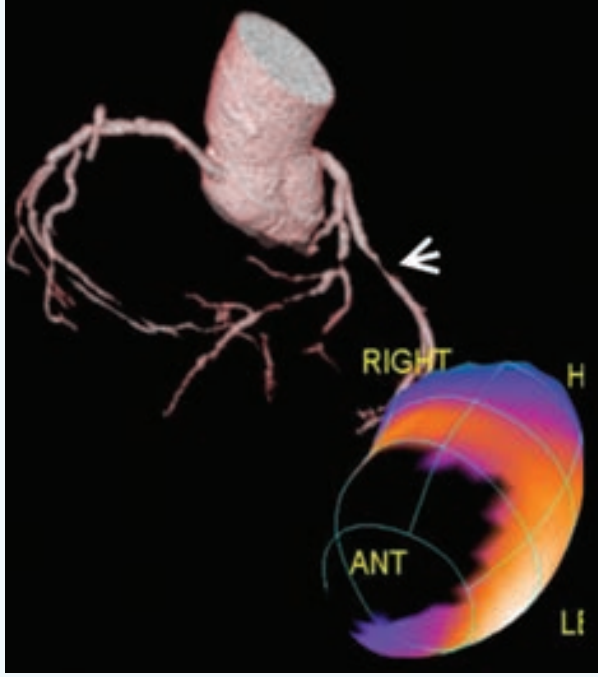
(drkerim@istanbul.edu.tr)

İÜ Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı

Giriş ve Temel Prensipler

Nükleer kardiyoloji, kalp görüntülenmesinde kullanılan tanısal amaçlı sintigrafik yöntemleri kapsar. Tüm sintigrafik yöntemlerde olduğu gibi buradaki temel prensip, kalbin çeşitli fonksiyonel parametrelerine yönelik geliştirilmiş olan ve gama ışını yayan radyoaktif (radyofarmasötik) ilaçların hasta vücuduna injekte edildikten sonra, hedef dokudaki dağılımlarının “Gama Kamera” ve “PET Kamera” gibi eksternal gama ışın görüntüleyici cihazlarla ortaya konarak tanıya yönelik bilgi toplanmasıdır. Tek bir intravenöz (iv) injeksiyon ile uygulanan non-invazif (girişimsel olmayan) sintigrafik yöntemler miyokard dokusunun perfüzyonu, miyokard metabolizması, miyokard canlılığı ve kalbin kasılma işlevleri gibi önemli fonksiyonel bilgileri sağlayarak tanıya ve hasta yönetimine önemli katkı sunarlar.

Sintigrafik görüntülemeler Teknesyum (Tc)-99m ve Talyum (Tl)-201 gibi “tek foton yayıcı” (single photon emitter) radyonüklidler kullanılarak yapıldığında “Sintigrafi”; Flor (F-18), Nitrojen (N)-13 ve Rubidyum (Rb)-82 gibi “pozitron yayıcı” radyonüklidler kullanılarak yapıldığında ise “Pozitron Emisyon Tomografisi (PET)” adını almaktadır. Temel prensipleri aynı olmasına karşın, pozitron yayıcıların kendilerine haiz fiziksel özellikleri nedeniyle PET sintigrafisinde daha iyi uzaysal çözünürlüğe sahip yüksek görüntü kalitesi elde edilebilmektedir. Ancak PET görüntülemeler konvansiyonel sintigrafilere göre 3-5 misli daha pahalıdır ve özellikle kardiyak tetkikler anlamında oldukça daha az yaygındır. Örneğin ülkemizde artık yaygın PET görüntüleme alt yapısı bulunmasına ve sadece F-18 fluorodeoksiglukoz (FDG)



Şekil 1: 64-kesit BT entegre edilmiş SPECT (SPECT/BT) kamerasında elde edilen BT koroner anjiyografi ile Tc-99m MIBI MPS SPECT görüntülerinin işlenmesinden sağlanan miyokardın perfüzyonun yansıtıldığı hacim görüntüsü izlenmektedir. BT koroner anjiyografide sol anterior inen koroner arterde izlenen darlığın beslediği anteroapikal duvarın azalmış perfüzyonu Tc-99m MIBI hacim görüntülerinde siyah renkli alan olarak net bir şekilde görülmektedir.

ile miyokard metabolizma çalışmaları yapılmasına karşın, yüksek maliyetleri nedeniyle henüz N-13 amonyum ve Rb-82 klorid ile miyokard perfüzyon çalışmaları başlamamıştır.

Sintigrafik görüntüleme iki-boyutlu (planar) veya üç-boyutlu kesitsel (tomografik) olarak çalışılabilmektedir. Üç-boyutlu sintigrafik görüntülemeler SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) adıyla anılır. SPECT yöntemi beyin ve kalp gibi derin yerleşimli organlarda daha iyi detay ve tanısal doğruluk verir. Bu nedenle günümüzde kardiyak çalışmalarda SPECT görüntüleme yapılması standart hale gelmiştir. PET teknolojisinde ise zaten direkt üç-boyutlu görüntüleme elde edilmektedir.

Son yıllarda sintigrafik cihazların evrimi açısından önemli iki gelişme olmuştur. Bunlardan ilki sintigrafik cihazlara (gama kamera ve PET kamera) BT entegre edilmesidir. SPECT/BT ve PET/BT olarak isimlendirilen bu kombine (hibrid) sistemlerde hasta aynı pozisyonda iken elde edilen x-ışın transmisyon verilerinin kullanılmasıyla, sintigrafik görüntüleme önemli

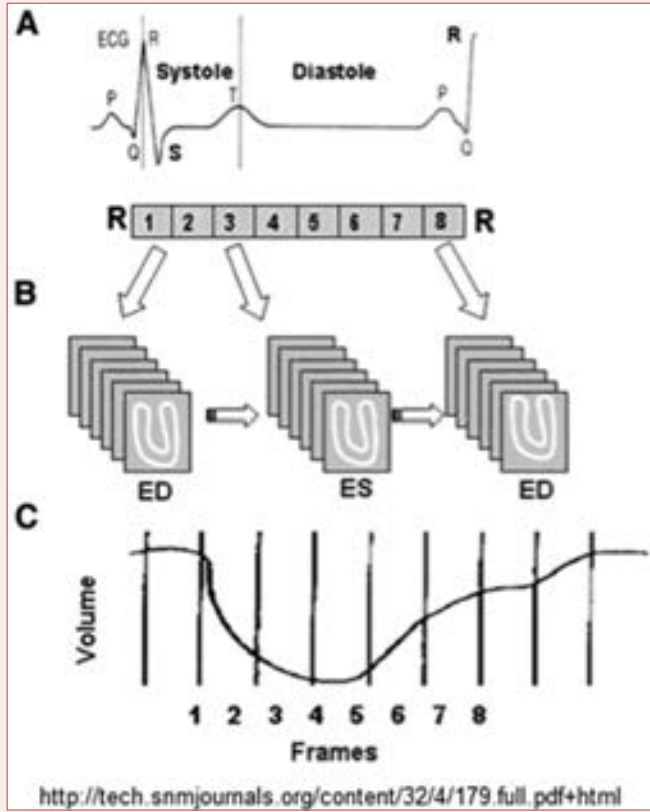
bir problem olan değişik doku katmanlarındaki gama ışın zayıflama (atenüasyon) problemi aşılabilmektedir. Böylece atenüasyonu düzeltilmiş sintigrafik görüntüler elde edilerek, bu probleminin oluşturduğu yanıltıcı görüntü artefaktlarının üstesinden gelinebilmektedir. Ayrıca hasta aynı pozisyonda yatarken elde edilen fonksiyonel (sintigrafik) görüntüler ile anatomik (BT) görüntüler farklı renk kodlarında üst üste çakıştırılarak (füzyon görüntü) sintigrafik patolojilerin daha etkin lokalize edilmesinin yanı sıra, tek bir seansta fonksiyonel ve morfolojik verilerin aynı anda değerlendirilmesini mümkün kılarak daha etkin tanısal doğruluk değerlerine ulaşılabilir (Şekil 1). Günümüzde satılan PET kameralarda BT entegrasyonu mutlak iken, SPECT kameralarda BT entegrasyonu opsiyonel olarak sunulmaktadır. Hatta son 5 yıldır MR entegre PET kamera (PET/MR) üretimi ve satışı da başlamıştır.

Kardiyak SPECT kameralarda diğer önemli bir gelişme de yeni nesil gama foton dedekte edici kristallerin kullanılarak foton sayım duyarlılığının artırılması ve böylece daha düşük dozlarda radyofarmasötik (ve radyasyon) kullanımı ile daha kısa zamanda daha yüksek kalitede sintigrafik görüntülerin elde edilmesi mümkün olmuştur. Kadmiyum çinko tellürid (CZT) veya talyum katkılı sezyum iyodür (CsI-Tl) kristali içeren bu yeni nesil kardiyak SPECT kameralarda, görüntüleme süresi, 3 dakikaya inmektedir. Ancak şu an itibarıyla yüksek maliyetleri nedeniyle bu cihazlar kısıtlı sayıda merkezlerde bulunmaktadır.

Tarihsel gelişimi de göz önüne aldığımızda nükleer kardiyolojik tetkiklerin kalbin 4 ana fonksiyonuna yönelik geliştiğini görebiliriz:

1. Miyokard perfüzyonu
2. Miyokard metabolizması
3. Kalp kasılması
4. Akut miyokard infarktüsü

Bunlar içerisinde günümüzde miyokard perfüzyonu ve metabolizmasına yönelik sintigrafik teknikler çok büyük çoğunluğu kapsamaktadır. İlerleyen teknoloji ile birlikte miyokard perfüzyon SPECT'in EKG-tetikli (gated) yapılması (GPECT) ile birlikte sol ventrikülün kasılma fonksiyonlarının ölçülmesi de mümkün hale gelmiştir. Gated çalışma için hastanın EKG'sindeki R dalgası ile gama kameranın kayıt toplama özelliği senkronize edilir ve R-R aralığı 8 veya 16 eşit zaman dilimine bölünerek, her bir zaman dilimi için toplanan veriler ayrı ayrı işlenir (Şekil 2). Böylece kalbin sistol ve diyastol verileri kategorize edilerek sol ventrikülün ejeksiyon fraksiyonu, volüm eğri-



Şekil 2:
EKG-gated
(senkronize)
MPS
görüntülemenin
şeması.

si, end-sistolik ve end-diastolik hacimleri gibi kasılma fonksiyonuna yönelik çeşitli parametrelerin elde edilmesi mümkün olur. Ancak kalp ritmi düzgün olmayan hastalarda GSPECT çalışmasında yanıltıcı yorumlara yol açan teknik artefaktlar oluşur. Bu nedenle %20'den fazla erken atım olan hastalarda GSPECT önerilmez.

GPECT görüntülemenin yaygınlaşması ve miyokard perfüzyonunun yanı sıra sol ventrikülün kasılma fonksiyonları hakkında detaylı bilgilerin elde edilmesi mümkün olunca, daha önceleri kalbin kasılma fonksiyonu için sıklıkla kullanılan "First-pass anjiyografi" ve "Radyonüklid Ventrikülografi" (diğer ismiyle "Multi-Gated Radyonüklid Anjiyografi"-MUGA) teknikleri, artık terk edilme aşamasına gelmiştir. Aynı şekilde miyokardaki infarktüs alanını gösterebilen "Pirofosfat Sintigrafisi" de artık kullanım dışı kalmıştır.

Öte yandan miyokard canlılığının saptanmasındaki önemi nedeniyle pozitron yayıcı radyofarmasötiklerin (F-18 FDG gibi) ön planda olduğu miyokard metabolizmasının araştırılması, PET görüntüleme yaygınlığının artması ile birlikte günden güne artan bir klinik taleple karşılaşmaktadır.

Miyokard Perfüzyon Sintigrafisi (MPS)

Kardiyolojide en yaygın uygulanan nükleer incelemedir. Miyokard perfüzyon sintigrafisi (MPS), hücresel düzeyde miyokardın perfüzyonu ve canlılığı ile ilgili değerli bilgiler sağlar. Başlıca koroner arter hastalığı (KAH), miyokard canlılığın tanısı, risk derecelendirmesi ve prognoz öngörmede kullanılır. Standart egzersiz stres testinin üzerinde duyarlılık ve özgüllük sağlar.

Radyofarmasötikler

Her sintigrafik işlemde olduğu gibi MPS'de de kullanılan radyofarmasötikler, işlemin anahtar noktasını oluşturur. Bu anlamda iv yoldan dolaşıma verildikten sonra kan akımına orantılı olarak miyokard dokusunda tutulabilen ve miyokardın kanlanmasını gerçeğe en yakın gösterebilen radyofarmasötiklerin varlığı önem arzeder.

Tl-201 klorid, 1973 yılından itibaren uzun yıllar MPS için kullanılmış olan önemli bir radyofarmasötiktir. Bu radyofarmasötik nedeniyle kardiyoloji çevrelerinde halen günlük pratikte MPS, "Talyum testi" olarak adlandırılır. Tl-201 klorid, miyokardın fizyolojisini temsil etme açısından çok önemli özelliklere sahip olsa da radyonüklidin fiziksel özelliklerinin sintigrafik görüntüleme açısından suboptimal olması (düşük foton enerjisi ve 73 saatli uzun yarı-ömür) nedeniyle artık terk edilme noktasına gelmiştir. Bunun yerine günümüzde MPS için katyonik ve lipofilik özellikteki Tc-99m MIBI (methoxyisobutylisonitrile) ve Tc-99m tetrofosmin radyofarmasötikleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tc-99m'in 140 keV'lik gama enerjisi sintigrafik görüntüleme için optimaldir ve bu nedenle Tc-99m işaretli radyofarmasötiklerde ulaşılan imaj kalitesi Tl-201'e göre daha iyi olmaktadır. Ayrıca, 6 saatlik kısa-yarı ömrü nedeniyle Tc-99m ile işaretli radyofarmasötikler, hastaya kısmen yüksek dozlarda (25-30 mCi) verilebilmektedir ki bu dozlardaki elde edilen yüksek foton verimi, daha iyi sayım istatistiği gerektiren EKG-gated (tetiklenmiş)

ve SPECT görüntüleme uygulamalarının verimli yapılmasına olanak sağlar. Tc-99m'in diğer önemli bir lojistik avantajı da fiziko-kimyasal özellikleri nedeniyle radyoaktif bozunma silsilesi esnasında oluştuğu ana üründen (Mo-99) kolayca ayrıştırılabilmesi ve bu nedenle jeneratör formunda (Mo-99 / Tc-99m jeneratörü) üretilebilmesidir. Mo-99/Tc-99m jeneratörü bir kez satın alındığında 7-10 gün süre ile bu jeneratörden sürekli (günde 1-2 kez) Tc-99m sağlanabilmekte ve böylece sürekli el altında radyoaktivite bulundurma olanağı sağlamaktadır. Jeneratörden sağılan Tc-99m, vakumlu cam viallerde liyofilize soğuk kitler şeklinde formüle edilmiş, kullanıma hazır MIBI veya Tetrafosmin komplekslerine eklendiğinde etkin bir kimyasal bağlanma gerçekleşmekte ve insanlara uygulanabilmektedir. Oysa Tl-201 kullanımı söz konusu olduğunda, bu radyonüklid jeneratör formunda hazırlanamadığı ve ayrıca ülkemizde üretilemediği için hasta kapasitesine göre haftalık sipariş ile ithalatı gerekmektedir.

Tc-99m MIBI (Sestamibi), 1980'li yılların sonunda Tl-201'e alternatif olarak geliştirilmiştir. İV yoldan injekte edildiğinde kan akımı ile orantılı olarak miyokardda (~%3-4) tutulur. Ancak ilk geçiş esnasında miyokarddaki tutulum oranı (%60), Tl-201'den daha azdır. Hücrelere kan akımına orantılı olarak pasif difüzyonla girer ve hücre içinde mitokondrial proteinlere elektrostatik etkileşimle bağlanır. Hücre hasarlandığında membran bütünlüğünün bozulmasına ve mitokondrial elektrostatik gradientlerin azalmasına bağlı olarak MIBI tutulumu olmaz.

Tc-99m tetrafosmin, bir difosmin analogudur. Biyodağılımı ve biyokinetik özellikleri Tc-99m MIBI'e benzerdir. İlk dolaşımdaki miyokard tutulum oranının Tc-99m MIBI'e göre göreceli olarak daha düşük olduğu belirtilmiştir. Hepatobiliyer sistemdeki arınmasının Tc-99m MIBI'e göre daha hızlı olduğu belirtilse de pratik uygulamada önemli bir farkı gösterilemediğinden büyük çoğunlukla Tc-99m MIBI'e benzer şekilde kullanılmaktadır.

Tc-99m MIBI ve Tc-99m tetrafosmin'in miyokarddan arınması çok yavaştır ve kaydadeğer bir redistribüsyon özelliği yoktur. Hepatobiliyer sistemde-barsaklarda yoğun tutulum olması; bu dokuların kalp ile üst üste gelmesi ve miyokarddan gelen fotonları zayıflatması nedeniyle, SPECT yapılıncaya dahi, özellikle şişman hastalarda sol ventrikül inferior duvarında atenüasyon artefaktına bağlı yalancı sabit perfüzyon defektleri oluşabilmektedir. Bu nedenle bu radyofarmasötikler kullanıldığında hepato-biliyer aktivitenin azalması için görüntülemeler 30-45 dk sonra yapılır ve karaciğer-safra atı-

lımını hızlandırmak için injeksiyondan sonra hastalara süt içirilir ve/veya çikolata yedirilir. Kadınlarda büyük meme dokusu da sol ventrikül anterior duvarda atenüasyon yapabilmektedir. Atenüasyona bağlı yalancı perfüzyon defektleri yorumu güçleştirir ve yalancı pozitif yorumlara neden olarak testin özgüllüğünü ve tanı doğruluğunu azaltabilir. Diyafragmatik atenüasyona engel olmak için hasta prone (yüzükoyun) veya yan (lateral) pozisyonlarda yatırılarak görüntüleme tekrar edilir. Meme atenüasyonuna engel olmak için ise büyük memeli bayanlarda meme dokusu bir sargı ile mümkün olduğunca kaudal pozisyonunda sabitlenir. Yine bu tür durumlarda gated çalışma yapılmış ise sorunlu segmentlerdeki hareket kabiliyetleri incelenerek, defekt görünümüne kasılma problemi eşlik etmiyorsa durum artefakt lehine değerlendirilir. Bu sorunların çözümü için en iyi yöntem ise MPS çalışmasının SPECT/BT kameralarda yapılmasıdır. Bu durumda BT verileri ile etkin bir atenüasyon düzeltme yapılabildiği için bu sorunlar yaşanmaz.

Pozitron yayıcılar arasında N-13 Amonyum ve Rb-82 klorid radyofarmasötikleri miyokard perfüzyonunu ölçmekte kullanılmaktadır. PET teknolojisinde daha yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilebilmesi ve mutlak kantasyon (birim doku başına kan akımı hesabı) yapılabilmesi çok değerli olmakla birlikte PET ile MPS görüntülemeleri tüm dünyada sayılı merkezlerde yapılabilmektedir.

MPS görüntüleme protokolleri

KAH tanısı için kullanıldığında MPS'de stres altında ve istirahat halindeki miyokard perfüzyonunun karşılaştırılması esastır. Çünkü genellikle istirahat halinde daralmış koronerlerin beslediği iskemik miyokard ile normal miyokard arasında bir perfüzyon farklılığı oluşmaz. Stres altında ise miyokard dokusunun artan ihtiyacı, koroner arterlerdeki vazodilatasyon ve buna bağlı perfüzyon artışı ile karşılanır. Zaten darlığı kompanse etmek için istirahat halinde iken maksimum dilatasyon durumunda olan sorunlu koroner arterler ise azalmış vazodilatasyon rezervi nedeniyle strese ek bir yanıt veremez ve bunların beslediği miyokard alanlarında normale göre rölatif perfüzyon azalması meydana gelir. Böylece MPS'de iskemik miyokard alanlarında stres görüntülerinde izlenen perfüzyon azalmaları istirahat görüntülerinde düzelir (reversibl defekt). Buna karşılık infarkt veya kronik iskemiye bağlı hibernasyon bölgelerinde hem stres MPS hem de istirahat MPS görüntülerin-

de değişiklik göstermeyen hipoperfüze alanlar görülür (sabit defekt). Şayet infarkt alanı çevresinde canlılığını sürdüren iskemik miyokard dokusu varsa stres görüntülerinde izlenen hipoperfüzyon, istirahat görüntülerinde kısmen düzelme gösterir (kısmi reversibl defekt).

KAH tanısı için hem stres altında hem de istirahat halinde ayrı ayrı (iki kez) radyofarmasötik injeksiyonu gereklidir. Bu bağlamda her iki çalışma aynı gün içerisinde yapılabilir (aynı gün protokolü) veya farklı iki günde gerçekleştirilebilir (farklı gün protokolü).

Aynı gün protokolünde ilk çalışmadan kalan radyoaktivite, ikinci çalışmadaki radyoaktivite tutulumunun değerlendirilmesinde ve kantitasyonunda zorluk oluşturur (cross talk-çapraz etki). Buna engel olmak için iki çalışma arasında 2 saatlik aralık bırakılır ve ayrıca ilk çalışmada hastaya verilen radyoaktivite miktarı kısmen (1/3-1/2 oranında) düşük tutulur (ilk çalışmada 7-10 mCi; ikinci çalışmada 20-25 mCi). Ancak bu durumda düşük aktivite ile yapılan ilk çalışmadaki foton sayım istatistikleri, başta şişman hastalarda suboptimal kalabilir. Bu durumda genelde ilk olarak istirahat çalışmasının yapılması tercih edilir ki kalbin kasılma fonksiyonunu değerlendirmek için gerekli olan gated çalışması istirahat görüntülerinin değerlendirilmesinde çok kritik önem arz etmeyeceği için düşük aktivite ile yapılan ilk çalışmada feda edilebilir. İkinci etapta ise stres altında daha yüksek aktivite ile optimal olarak gated çalışma yapılır. Bazı merkezler ise tersine ilk önce stres çalışmasını yapmayı tercih ederler ki stres çalışması normal olan hastalarda istirahat çalışmasının yapılmasına gerek görmeyerek, hastaya verilen radyasyon dozunu azaltmayı ve beraberinde günlük hasta sirkülasyonunu arttırmayı hedeflerler. Ancak bu durumda nadiren de olsa dengeli bir üç-damar hastalığının gözden kaçabileceği dikkate alınmalıdır. Aynı gün protokolü uygulandığında Tc99m'li ajanlarla MPS SPECT'de hastanın alacağı efektif radyasyon dozu 9-11 mSv olarak ölçülmüştür (Tl-201 MPS'de 20 mSv).

Farklı gün protokolü ise sintigrafik teknik açısından daha makbüldür. Böylece iki etap arasında radyoaktivitenin çapraz etkileşimi söz konusu olmaz. Ayrıca, her iki etapta da optimal miktarda (15-20 mCi) radyoaktivite kullanılarak özellikle şişman hastalarda eşit kalitede GSPECT çalışmalar kolayca yapılabilir. Ancak bu durumda hastanın iki ayrı günde nükleer tıp bölümüne gelmesi gerekir. Farklı gün protokolü genellikle bir gün (veya bazen 2-3 gün) ara ile yine iki etapta uygulanır. Burda da önce stres çalışması yapılırsa ve tam anlamıyla normal ise ikinci etaptaki istirahat çalışması feda edilebilir.

MPS, canlı doku aramak veya akut miyokard infarktüsü (MI) tanısı amacıyla yapılıyorsa stres görüntüleme yapılmasına gerek yoktur. İstirahat durumunda Tc-99m MIBI ve Tc-99m tetrofosmin ile MPS yapıldığında canlı doku araştırılan segmentlerde normal miyokarddaki aktivite tutulumunun asgari %50'sinin olması, canlı doku varlığının temel kriteridir. Her ne kadar günümüzde kullanımı azalmış olsa da Tl-201 klorid, canlı doku araştırmasında Tc-99m'li bileşiklere kıyasla daha yüksek tanı doğruluğu sağlar. Bu nedenle, canlı doku araştırmasında Tl-201 klorid kullanımı halen ilk plandadır.

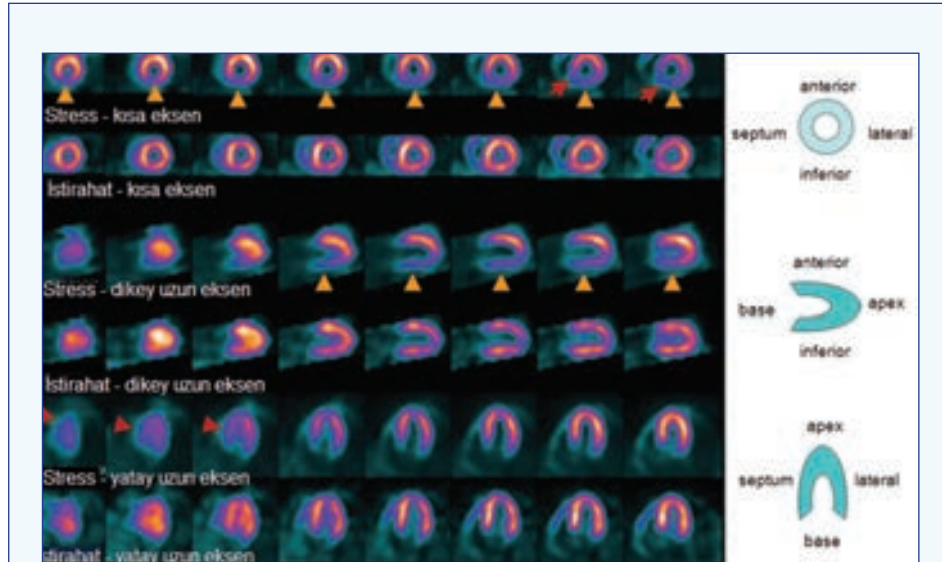
MPS SPECT görüntülerinin işlenmesi ve değerlendirilmesi

Tüm tomografik görüntülemelerde olduğu gibi, SPECT yapıldığında da elde edilen ham verilerin güçlü bilgisayarlarda gelişmiş yazılımlar aracılığıyla işlenmesi gerekir. Kısaca ham veriler matematiksel işlemlerden (filtrelenmiş geri yansıtma veya iteratif algoritma) geçirilerek oluşturulan kesitsel görüntüler, kalp dışı bölgeler elimine edildikten sonra kalbin aksına göre oryante edilerek üç uzaysal düzlemde ("kısa eksen (SA)", "dikey uzun eksen (VLA)" ve "yatay uzun eksen (HLA)") kesit görüntüleri oluşturulur. Kısa eksen görüntüleri kalbin uzun aksına diktir ve bu kesitlerde apekten baza kadar sol ventrikülün bütün duvarları değerlendirilir. Dikey uzun eksen kesitleri, septuma paraleldir; özellikle anterior ve inferior duvarların değerlendirilmesi için kullanılır Yatay uzun eksen kesitleri ise inferior duvara paraleldir; özellikle septum ve lateral duvarların değerlendirilmesine olanak sağlar. Stres ve istirahat çalışması için tüm bu işlemler ayrı ayrı yapılır ve elde edilen stres ve istirahat görüntüleri aynı renk skalasında normalize edildikten ve alt alta hizalandıktan sonra yorumlanmak ve raporlanmak üzere yüksek çözünürlüklü ekranlarda yansıtılır. MPS işlemi sonunda elde edilen kesit görüntüleri miyokard dokusundaki azami foton miktarına normalize edilerek ekrana yansıtılır. Dolayısıyla perfüzyonu azalmış segmentler MPS'de normal dokulara göre daha sönük (silik/sayımı azalmış) olarak gözükür.

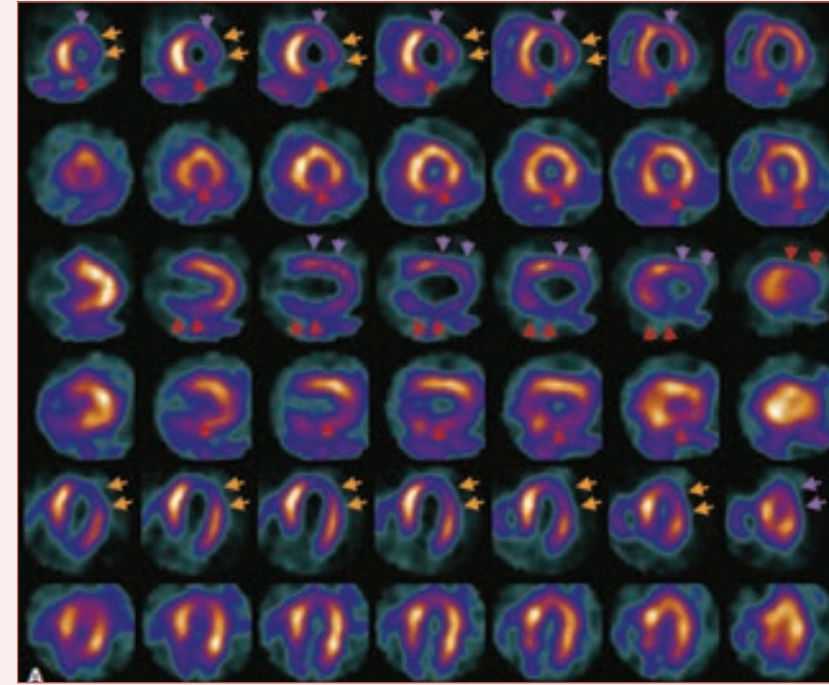
İşlemler esnasında ham görüntülerin ayrıca değerlendirilmesi önem taşır. Burada görüntülerdeki foton sayım istatistiğinin yeterliliği, hasta hareketinin olup olmadığı ve miyokard dışındaki aktivite tutulumlarına özellikle dikkat edilir. İşleme esnasında gerekiyorsa hareket düzeltilmesi

yapılmalı, ayrıca stres ve istirahat için belirlenen kalp akslarının eşdeğer olmasına azami dikkat gösterilmelidir.

MPS görüntüleri, esasen görsel olarak değerlendirilir. Bir perfüzyon defektinin gerçek kabul edilebilmesi için en azından iki düzlemde doğrulanması gerekir. Stres görüntülerinde tespit edilen bölgesel perfüzyon defekti, istirahat görüntülerinde normalleşirse “reversibl perfüzyon defekti” olarak tanımlanır ve o bölgede iskemi varlığına işaret eder (**Şekil 3**). Stres görüntülerindeki perfüzyon defekti, istirahat imajlarında kısmen perfüzyon düzelmesi gösterirse “kısmi reversibl perfüzyon defekti” olarak tanımlanır ve infarktüs (skar) alanında çevresel iskemi olduğuna işaret eder (**Şekil 4**).



Şekil 3: Stres ve istirahat MPS SPECT ham verileri işlenerek üç uzaysal düzlemde kesit görüntüleri elde edilmekte ve birbirine normalize edilerek eşdeğer hizalama ile alt alta (üst sıra stres; alt sıra istirahat) yorumlanmak üzere ekrana yansıtılmaktadır. Üst çift sırada kısa eksen (SA) kesitleri, orta çift sırada dikey uzun kesitler (VLA) ve alt çift sırada yatay uzun eksen (HLA) kesitleri görülmektedir. Stres görüntülerinde inferoapikal, inferobazal ve inferoseptal segmentlerde izlenen hipoperfüze alanların istirahat görüntülerinde düzeldiği (reversibl defekt) aşikar olarak izlenmektedir. Bu bulgular çok muhtemel sağ koroner arter kaynaklı bir iskemik koroner hastalığı ile uyumludur.



Şekil 4: Koroner arter hastalığı öyküsü olan orta yaşlı erkek hastada stres imajlarında septal duvar hariç tüm segmentlerde perfüzyon azalmaları izlenmektedir. Bunlardan anteroapikal, anterobazal, anterolateral ve inferolateral duvarlardaki hipoperfüze alanların istirahat MPS SPECT'de tamamen düzeldiği (iskemi); inferior duvardaki hipoperfüzyonun ise kısmen düzeldiği (skar ve çevresel iskemi ya da hiberne miyokard) görülmektedir.

Bunlara karşılık stres görüntülerindeki bölgesel perfüzyon defekti, istirahat görüntülerinde de devamlılık gösterirse “sabit (fiks) defekt” olarak isimlendirilir ve alandaki MI (skar) veya hiberne miyokard varlığını ifade eder (**Şekil 4**). Hibernasyon ile skar ayırıcı tanısı için ise ilave bir canlılık araştırmasının yapılması gerekebilir. Diyafram atenüasyonuna bağlı inferior duvarda ve meme atenüasyonuna bağlı anterior duvarda yalancı sabit perfüzyon defektleri görülebilir ve yalancı pozitif yoruma neden olabilir. Bu nedenle anterior ve inferior duvardaki sabit perfüzyon defektleri EKG’de eşlik eden infarktüs bulgularının varlığı eşlik etmiyorsa dikkatle yorumlanmalıdır. Bu

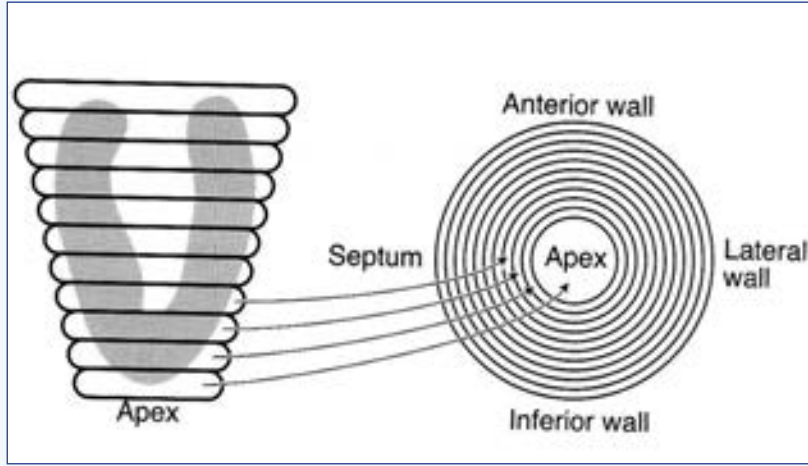
durumda şayet MPS, EKG-gated yapılmışsa o segmentlerde bölgesel kasılma bozukluğu olup olmadığı kontrol edilir. Skar ve hibernasyonda büyük çoğunlukla kasılma bozukluğu tabloya eşlik eder. Aksi durumda hasta ile ilgili özellikler de (obesite, piknik vücut tipi, meme büyüklüğü) dikkate alınarak sabit perfüzyon defekti atenüasyona bağlı olarak değerlendirilir. Daha iyisi MPS yapılırken hasta gönderilmeden önce görüntülerin kontrol edilmesi ve atenüasyon şüpheli defekt görülmesi durumunda hasta yüzü-koyun veya sol yan pozisyonda yatırılarak MPS görüntülemenin tekrar edilmesidir. Bu pozisyonlarda özellikle diyafram atenüasyonu ile ilişkili defektler kaybolur. Atenüasyon artefaktları için diğer ve en etkin çözüm yöntemi ise MPS görüntülemenin varsa SPECT/BT kameralarda yapılmasıdır. Ancak bu durum maliyeti arttırır ve hastanın daha yüksek radyasyona (15-18 mSv) maruz kalmasına neden olur.

Stres perfüzyon defektleri reversibilitenin yanı sıra yerleşim, boyut, ciddiyet ve yaygınlıklarına göre de tanımlanmalıdır. Defektin boyutu, sol ventrikül miyokardının ne kadarını kapsadığı ile ilişkilendirilir ve küçük (<%10), orta (%10-20), büyük (>%20) olarak sınıflandırılır. Defektin ciddiyeti ise en aktif miyokarda göre aktivite tutulumunun azalma derecesini ifade eder ve normal perfüze (%75-100), hafif hipoperfüze (%50-75), orta derecede hipoperfüze (%25-50) ve ciddi hipoperfüze (<%25) olarak tanımlanır. Yerleşim, lezyonun ventrikülün hangi bölüm, duvar ve segmentinde olduğunun ifadesidir. Genelde sol ventrikül apikal, orta ve bazal kesim olarak üçe bölündükten sonra, hangi duvarda ve segmentte olduğu tanımlanır. Apeks lezyonları ayrıca tanımlanabilir. Yaygınlık da lezyonun yerleşimi ile birlikte genişliğinin ifade edilmesidir. Stres görüntülerinde lezyon tanımlandıktan sonra aynı hizada sıralanmış istirahat kesitlerinde reversibilite özelliği belirtilir.

Tc-99m işaretli radyofarmasötiklerle canlı doku araştırmasında sadece istirahat görüntüleri yeterlidir. Gereken durumlarda nitrogliserin veya dobutamin uyarısı ile de MPS SPECT tekrarlanabilir. Burada sorunlu segmentte normal miyokard aktivitesinin en az yarısı kadar bir perfüzyon söz konusu ise canlı doku varlığı belirtilir. Eğer Tl-201 klorid ile canlı doku aranacaksa 3 mCi radyofarmasötüğün enjeksiyonundan sonra erken dönemde (15-20 dk) alınan görüntülerle, 3-4 saat sonra alınan redistribüsyon görüntüleri karşılaştırılarak karar verilir (rest-redistribüsyon protokolü). Redistribüsyon Tl-201'e özel biyokinetik bir özelliktir. İnjektasyondan sonra kan akımına orantılı olarak miyokardda yüksek ekstraksiyon (%87) ile biriken Tl-201, zamanla miyokarddan

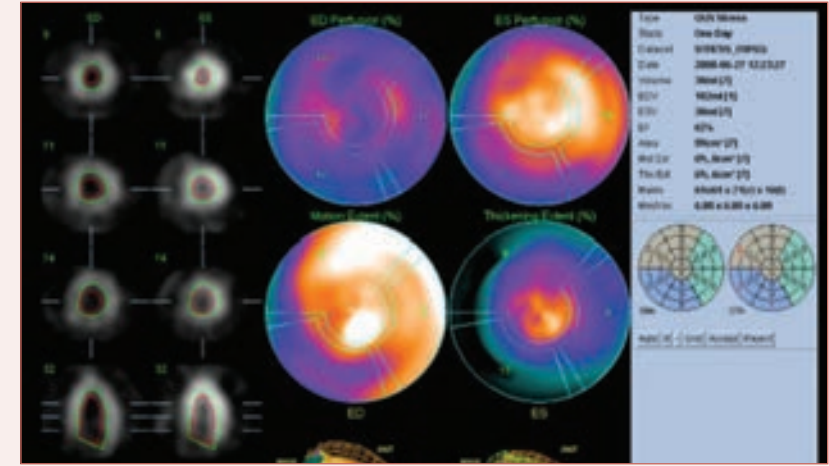
arınarak dolaşıma geçer. Aynı şekilde diğer dokulardan da dolaşıma Tl-201 geçişi olur ve dolaşımdaki Tl-201 konsantrasyonu arttıkça tekrar miyokardda tutulmaya başlar. Böylece injektasyondan bir müddet (3-4 saat) sonra kan havuzu ile miyokard dokusu ve diğer organlar arasında Tl-201 konsantrasyonu ve alışverişi açısından dinamik bir denge meydana gelir ki bu olaya "redistribüsyon" (yeniden dağılım) adı verilir. Redistribüsyon fazındaki miyokardın Tl-201 tutulumu artık miyokard perfüzyonunun bir göstergesi olmayıp, daha çok hücre membran bütünlüğünü ve dolayısıyla hücre canlılığı temsil eder. Redistribüsyon özelliğinin olması Tl-201 klorid'e miyokard canlılığı araştırılmasında diğer radyofarmasötiklere karşı önemli bir üstünlük kazandırır. Erken (ilk 15-20 dk) istirahat görüntülerinde perfüzyon (Tl-201 tutulum) azlığı olan bir bölgede 4. saat redistribüsyon imajlarında Tl-201 tutulum konsantrasyonu normalleşirse o bölgede hücre canlılığının devam ettiği ve bu hastanın revaskülarizasyon tedavisinden yarar göreceği anlaşılır. Bazen kronik iskemiye bağlı oluşan miyokard hibernasyonunda redistribüsyonun tamamlanması daha uzun sürer. Bu nedenle 4.saat redistribüsyon görüntülerinde sorunlu segmentteki Tl-201 tutulumu kısmi düzelme gösterirse, 24.saatte geç redistribüsyon görüntülerinin de alınarak değerlendirme yapılması doğruluğu arttırır (rest-redistribüsyon-geç redistribüsyon protokolü). Geç redistribüsyona bir alternatif olarak redistribüsyon görüntülemeyen hemen sonra düşük dozda (1 mCi) ilave Tl-201 enjeksiyonu ile yapılan reinjektasyon görüntüleme de aynı etkinliği göstermektedir (istirahat-redistribüsyon-reinjektasyon protokolü). Bölgesel perfüzyon azlığının redistribüsyon fazında da devam etmesi kalıcı hasar (infarkt) varlığının etkin bir göstergesidir ve bu durumdaki hastalar revaskülarizasyon tedavisinden yarar göremezler.

MPS yorumlanmasında görsel değerlendirme ile birlikte bazı özel yazılımlar (4DMSPECT, Emory Cardiac Toolbox, Cedars Quantitative Perfusion SPECT gibi) aracılığı ile kantitatif değerlendirmeler de yapılabilir. Kantitatif değerlendirmede en yaygın kısa eksen görüntülerinin üst üste çakıştırılmasıyla oluşturulan ve tüm sol ventrikül miyokardın perfüzyonunu iki-boyutlu bir grafiğe yansıtan polar harita (polar map) veya diğer ismiyle bull's eye (öküzgözü) görüntüsü kullanılmaktadır (**Şekil 5**). Burada sol ventrikülün kısa eksen kesitleri 17 segmente ayırt edilerek, normal bir veri tabanına göre saptanan segmental perfüzyon değişimleri renk kodlarına ve/veya beşli sayısal skorlamaya göre grafiğe yansıtılır. Renk kodlamada sönük koyu tondaki (genellikle siyah) renkler perfüzyon azalmasını ifade eder. Sayısal kod-



Şekil 5a: SMPS SPECT’de kısa eksen kesitlerinden polar map görüntü oluşturulması diyagramı.

lama ise beşli skorum sistemi ile yapılır: 0=normal, 1=hafif, 2=orta, 3=ciddi perfüzyon bozukluğu, 4=perfüzyon yok. Sayısal skorlamalı polar grafiklerde sol ventrikülün perfüzyonu hem streste hem de istirahattaki skor toplamları (SSS=summed stres score; SRS=summed rest score) ile ifade edilir. Stres ve istirahattaki skor farkı (SDS), iskeminin derecesini kantitatif olarak yansıtır. Ayrıca SSS’e göre risk derecelendirme yapılabilir: $SSS \leq 3$ ise normal; 4-7 ise düşük riskli; 8-12 ise orta riskli; >12 ise yüksek riskli hastayı ifade eder. Böylece sayısal polar haritalarda perfüzyon bozukluklarının ve iskeminin derecesi, yaygınlığı kantitatif olarak da ifade edilmiş olur. Yine de her şeye rağmen teknik hatalardan etkilenebileceği için kantitatif analiz sonuçlarının görsel bulgularla eşleştirilmesi ve doğrulanması şarttır. Kantitatif değerlendirmelerde perfüzyon haricinde ayrıca stres ile istirahat arasındaki sol ventrikül boyut farkı ile geçici iskemik dilatasyon (TID) oranı ve akciğer/kalp tutulum oranı hesaplanabilir. TID ve akciğer/kalp oranının yüksek olması iskemik kalp hastalığı varlığı ve ciddiyetini destekleyen önemli parametrelerdir ve özellikle göreceli perfüzyon bozukluğu bulgusu vermeyen dengeli üç damar hastalığı şüphesinde mutlaka değerlendirilmeli ve raporlanmalıdır. GSPECT çalışmalarda kantitatif değerlendirmede sol ventrikülün end-sistolik ve end diastolik hacim değerleri ve üç boyutlu hacim görüntüleri, sol ventrikül %EF



Şekil 5b: Normal MPS SPECT’li bir hastada çeşitli fonksiyonel parametreleri ortaya koyan polar map görüntüleri ve ayrıca end-diastolik ve end-sistolik hacim görüntüleri.

hesabı (%50-70 normal) ve hacimsel görüntülerinin sinematik yansıtılmasıyla bölgesel duvar hareketlerin değerlendirilmesi de mümkün olur. Duvar hareketleri normal, hipokinetik, akinetik ve diskinetik olarak kategorize edilir. Hipokinezi iskemide veya non-transmural skarda; akinetizi genellikle skar veya hiberne segmentlerde olur. Diskinezi ise paradoksal hareketi ifade eder ve transmural infarkt alanında anevrizma oluştuğunun belirtisidir.

Kardiyak stres testleri

MPS’nin en önemli endikasyonu olan KAH tanısında kardiyak stres altında elde edilen verilerin istirahat esnasında elde edilenlerle karşılaştırılması elzemdir. Çünkü koroner arter darlığında, darlık distalinde gelişen kompensatör arteriolar dilatasyon nedeni ile istirahat durumunda distaldeki miyokard perfüzyonu normal kalabilir ve böylece sadece istirahatte yapıldığında MPS’de daralmış koroner arterin beslediği miyokard alanında perfüzyon azalması oluşmaz. Buna karşın, kardiyak stres sırasında, darlığın distalindeki bölgede, normal koronerlerin beslediği alanlara kıyasla, daha düşük vazodilatör rezerv oluşacağı için perfüzyonun derecesi göreceli olarak düşük kalacaktır. Böylece stres altındaki perfüzyon görüntüleri ile istirahat görün-

tüleri karşılaştırıldığında miyokard iskemisinin derecesi ve yaygınlığı ortaya konmuş olacaktır.

Kardiyak stres fiziksel eksersiz veya farmakolojik ajanlar ile (ya da kombine) yapılabilir. Hangi stres yönteminin seçileceğine genellikle hastanın özelliklerine göre karar verilir. Bağırsak ve karaciğer kan akımını asgaride tutmak için hastanın 4-6 saat açlık ile stres testine gelmesi talep edilir. Daha fizyolojik bir yöntem olmasından dolayı hastanın özellikleri izin verdiği müddetçe MPS'de dinamik egzersiz stres testleri (Treadmil veya bisiklet ile efor) öncelikle tercih edilir. Burada efor esnasında hasta hedef kalp hızına (220-yaş) x 0.85) ulaşmasından sonra radyofarmasötik injekte edilir ve olası ise 1 dakika daha efora devam edilir. Efor testine yeterli kalp hızı yanıtı alabilmek için şayet kullanıyorsa beta blokerler ve kalsiyum kanal blokerlerinin 48 saat, uzun etkili nitratların ve diğer antihipertansif ilaçların ise 12-24 saat önceden kesilmesi gerekir.

Farmakolojik stres testleri, fiziksel özellikleri veya klinik durumu efor testine uygun olmayan ya da efor testi ile istenen kalp hızına ulaşamayan hastalarda tercih edilir. Akut koroner sendromu, sol dal bloğu ve konjestif kalp yetmezliği durumlarında da farmakolojik stres testi endikedir. Bu amaçla iki grup ilaç kullanılır:

a) Vazodilatörler (dipiridamol veya adenozin): Kontraendikasyon dışında farmakolojik stres için ilk seçenektir. Adenozin, A_{2a} reseptörlerine etki ederek direk koroner vazodilatasyona sebep olur. Dipiridamol ise adenozin yıkımını ve geri alımını inhibe ederek endojen adenozin düzeyini artırarak etkisini indirekt yoldan gösterir. Bu ilaçlar uygulandığında normal koronerlerde vazodilatasyon ve buna bağlı normalin 3-5 misli perfüzyon artışı olurken, stenotik koronerlerde rezerv kalmadığı için genişleme olmaz ve bunların distalindeki miyokarda perfüzyon göreceli olarak düşük kalır. Böylece MPS'de darlık distalindeki alanlarda, istirahat görüntülerinde düzelen hipoperfüze alanlar gözüktür. Adenozin etkisini bloke eden metilksantinler (aminofilin, teofilin, kafein) uygulamadan 12 saat önce kesilmelidir.

Uygulamada dipiridamol 0.56 mg/kg 4 dakikalık sürede infüzyon ile uygulanır. İnfüzyondan 3 dk sonra radyofarmasötik injekte edilir. Adenozin ise 6 dk süreyle 0.14 mg/kg/dk dozda infüze edilir ve infüzyonun ortasında (3. dk) radyofarmasötik injeksiyonu yapılır. Adenozin ve dipiridamol infüzyonu esnasında başağrısı, kızarma, bulantı, hipotansiyon ve angina pektoris,

ST değişiklikleri, atrioventriküler blok ve bronkokonstriksiyon gibi yan etkiler olabilir. Bu nedenle infüzyon esnasında monitorizasyon gereklidir. Yan etkiler ciddi olduğunda adenozinde etki süresi çok kısa olduğu için infüzyonun durdurulması yeterli iken, uzun etkili (~ 30 dk) olan dipiridamolde ise iv aminofilin injeksiyonu (yavaş infüzyon ile 125-250 mg) gerekebilir.

Reaktif havayolu hastalığı, hipotansiyon (< 90 mmHg), hasta sinüs sendromu, ve yüksek dereceli A-V blok (kalp pili yoksa) durumunda vazodilatörler ile stres yapılması kontraendikedir. Akut MI ve yüksek riskli unstabil anjina pektoris de tüm kardiyak testlerin kontraendikasyonları arasındadır. Sadece adenozin ile stabil hale gelmiş akut MI'de erken dönemde stres yapılabilmektedir. Ayrıca MPS'de kullanılan PET radyofarmasötiklerinin yarı ömürleri çok kısa olduğu için bu amaçla PET kullanıldığında farmakolojik stres tercih edilir.

b) İnotropik (dobutamin): Dipiridamol ve adenozin kullanılmayan hastalarda kullanılır. Sentetik beta agonist olan dobutamin pozitif inotropik ve kronotropik etkisiyle miyokardın oksijen ihtiyacını artırarak, eksersize benzer şekilde sekonder olarak koroner vazodilatasyona sebep olur.

Uygulamada dobutamin infüzyonu herbiri 3 dakika süren beş kademede yapılır. İlk kademede 5 mcg/kg/dk; ikinci kademede 10 mcg/kg/dk; üçüncü kademede 20 mcg/kg/dk; dördüncü kademede 30 mcg/kg/dk ve son kademede 40 mcg/kg/dk dozlarında infüzyon yapılır. Hedef kalp hızına ulaşamazsa atropin injeksiyonu (bölünmüş dozlarda 0.5 mg'dan başlanarak 2 mg'a kadar) eklenebilir. Hedef kalp hızına ulaştıktan sonra radyofarmasötik injekte edilir ve asgari 1 dk daha infüzyona devam edilir. Aritmi, ciddi hipotansiyon (< 90 mm Hg) veya hipertansiyon (> 210 mm Hg), 2 mm ve üzeri ST depresyonu ve ciddi anjina gelişirse infüzyon kesilir. Yeni geçirilmiş MI, unstabil anjina, aort stenozu ve kontrol edilemeyen taşıartimiler dobutamin uygulaması için kontraendikasyonları oluşturur.

MPS'nin klinik endikasyonları

1. Koroner arter hastalığı tanısı
 - a. İskemik miyokardın yerinin ve yaygınlığının belirlenmesi
 - b. Bilinen koroner darlığın fonksiyonel öneminin belirlenmesi
 - c. Risk derecelendirme
 - d. Akut göğüs ağrısında kardiyak etyolojisinin değerlendirilmesi

- e. MI sonrası prognoz değerlendirme
 - f. Kardiyak olmayan major cerrahi girişimlerden önce kardiyak risk belirlenmesi
2. Revaskülarizasyon tedavisinden sonra değerlendirme
 3. Disfonksiyone mikokardda canlılık araştırması

Koroner arter hastalığı (KAH) tanısı ve risk derecelendirilmesi

KAH'a bağlı gelişen miyokard iskemisinin tanısında MPS SPECT, yüksek tanı doğruluğu gösteren etkin bir non-invaziv yöntemdir. KAH tanısında egzersiz testinden daha yüksek tanı doğruluğuna sahip olup, ortalama %88 duyarlılık ve %61 özgüllük değerleri vermektedir. MPS SPECT, özellikle orta olasılıkla KAH ihtimali olan veya istirahat EKG'sinde tanısız olmayan non-spesifik değişiklik saptanan ya da egzersiz testi tanısız olmayan hastalarda tercih edilir. Özgüllüğün kısmen düşük olmasının nedenlerinden birisi atenüasyon artefaktlarının oluşturduğu yalancı pozitifliklerdir. GSPECT'in devreye girmesi ve perfüzyonun beraberinde duvar hareketlerinin değerlendirilebilir hale gelmesiyle atenüasyon artefaktlarının skar defektlerinden ayırt edilebilmesi kolaylaşmış ve neticede yalancı pozitiflikler azalarak testin özgüllük (%75-80) ve tanısız doğruluk değerleri artmıştır. GSPECT çalışması, ayrıca gated-olmayan MPS SPECT'in zayıf kaldığı çoklu damar hastalığında da tanısız doğruluğu arttırmıştır. Çünkü 3 damar hastalığı nedeniyle rölatif perfüzyon değişimlerinin minimal kalabildiği bu hastalarda oluşan stres sonrası geçici sol ventrikül dilatasyonu ve sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (EF) azalması GSPECT ile ortaya konmaktadır.

Anjiyografide %50-70 (orta) darlık gösteren bir koroner lezyonunun fonksiyonel anlamının belirlenmesinde de MPS SPECT çok yararlı bir tetkiktir. Bu durumda MPS'de miyokard iskemisi belirlenen hastalar revaskülarizasyon tedavisine aday iken, diğer hastaların medikal takibe alınması yeterli olmaktadır.

GSPECT'in kullanıma girmesi ve böylece perfüzyonun yanı sıra sol ventrikül kasılma fonksiyonlarının değerlendirilebilmesi ile birlikte KAH'lı hastalarda prognoz öngörmede MPS'nin etkinliği önemli derecede artmıştır. Koroner lezyonu olmasına rağmen MPS'de normal perfüzyon ve fonksiyon bulguları olan hastalarda prognoz çok iyi olup, yıllık mortalite %1'den azdır. Yine iskeminin derecesi ve yaygınlığı, çoklu segmentte (özellikle anterior)

iskemi varlığı, istirahatte EF düşüklüğü, streste geçici sol ventrikül dilatasyonu ve streste sağ ventrikül aktivitesinin belirginleşmesi ve akciğerlerde radyofarmasötik birikiminin artması kötü prognostik işaretlerdir.

Göğüs ağrısı ile acil servise başvuran hastalarda ağrısının kardiyak nedenli olduğunun anlaşılması önemlidir. Bu amaçla EKG bulguları ve kardiyak enzim düzeyleri ile tanı konulamadığında MPS faydalı ve yönlendirici bir testtir. Bu bağlamda öncelikle MI araştırma amaçlı istirahat MPS SPECT yapılır. İstirahat MPS normal ise iskemi araştırması için stres MPS SPECT de ilave edilir. MPS SPECT görüntülemelerde bir anormallik saptanmayan hastalarda kardiyak etyoloji kolaylıkla ekarte edilebilir.

MI sonrası prognoz değerlendirmede ve kardiyak dışı major cerrahi girişim planlanan hastalarda da olası peroperatif kardiyak risklerin ortaya konması ve değerlendirilmesinde de MPS SPECT sık başvurulan tanı testidir.

Miyokard revaskülarizasyon tedavilerinden sonra değerlendirme

Revaskülarizasyon girişimlerinden sonra sol ventrikül fonksiyonlarının belirlenmesi, by-pass sonrası greft fonksiyonunun ve miyokard canlılığının değerlendirilmesinde MPS SPECT faydalı ve sık kullanılan bir yöntemdir.

Disfonksiyone miyokard segmentlerinde canlılığın değerlendirilmesi

MPS'de disfonksiyone bir miyokard segmentine uyan alanda sabit perfüzyon defekti görülmesi geçirilmiş MI (skar) olabileceği gibi canlı hiberne bir miyokard dokusunu da temsil edebilir. Bu iki durumun ayırt edilmesi önemlidir, çünkü canlı hiberne miyokard revaskülarizasyondan yarar görürken, diğerinde bu girişim boşuna olacaktır. Hibernasyon kronik hipoperfüzyon oluşturan ciddi koroner arter darlığı sonucu gelişen adaptif bir fonksiyon kaybıdır ve koroner oklüzyon düzeltilince iyileşir.

Miyokard canlılığının belirlenmesinde Tc-99m işaretli radyofarmasötiklerle alınan sonuçlar değişkenlik göstermektedir. Disfonksiyone segmentte istirahat görüntülerinde maksimum miyokard aktivitesinin %50 veya daha fazlası düzeyinde radyoaktivite olması ve özellikle nitrogliserin veya dobutamin uyarısı ile görüntüleme tekrar edildiğinde fonksiyonel düzelleme saptanması canlılık göstergesidir. Yine de Tc-99 m işaretli radyofarmasötiklerin

miyokard canlılığını göstermede yeterli duyarlılık göstermediği iddia eden araştırmalar bulunmaktadır. Buna karşılık, artık rutin MPS için terk edilen Tl-201 klorid, miyokard canlılığını belirlemede halen önemini korumaktadır. Tl-201'in miyokard dokusunda zamanla gösterdiği redistribüsyon özelliğinin hücre membran bütünlüğünü ve dolayısıyla hücre canlılığını temsil etmesi bu endikasyon için özellikle işe yaramaktadır. İstirahat-redistribüsyon ve gerektiğinde geç redistribüsyon görüntülemelerde perfüzyonun iyileşmesi miyokard canlılığı için güvenilir bir bulgudur.

Miyokard canlılığının tespit edilmesinde diğer bir etkin yöntem ise F-18 FDG ile yapılan PET metabolik görüntülemenin MPS görüntüleri ile karşılaştırılmasıdır. Perfüzyonu azalmış disfonksiyone bir miyokard segmentinde PET görüntülerinde FDG tutulumu (metabolik aktivite) olması (perfüzyon-metabolizma uyumsuzluğu) miyokard canlılığı için güvenilir bir göstergedir. Son yıllarda ülkemizde PET görüntülemenin yaygınlaşması ile birlikte canlılık araştırma amaçlı miyokard FDG-PET metabolizma görüntülemeye olan talep artmıştır. Ancak bu yöntemin diğer sintigrafik alternatiflere göre maliyeti 3-4 misli yüksektir.

KONTRENDİKASYONLAR

Hamilelik MPS'nin mutlak kontraendikasyonudur. Bunun dışında stres testlerinin kontraendikasyonları da MPS için geçerlidir.

Özet ve pratik noktalar

- Miyokard perfüzyon sintigrafisi (MPS), miyokard perfüzyonunun fizyopatolojisi ile ilgili değerli bilgiler sağlar.
- Günümüzde SPECT (tomografik) olarak ve EKG ile senkronize (gated) edilerek MPS yapılması rutin uygulamaya girmiştir. SPECT olarak yapılması kalbin anatomisini daha iyi gösterirken, EKG-gated yapılması perfüzyon bilgilerine ilaveten sol ventrikülün kasılma fonksiyonları (EF) hakkında bilgi sağlar.
- Yeni kullanılmaya başlayan SPECT/BT kameralarda etkin bir atenüasyon düzeltmesi yapılabildiği için MPS görüntülemesinde önemli bir problem olan atenüasyon artefakları sorunu önemli ölçüde aşılmıştır. Ayrıca foton toplama kapasitesi çok yüksek olan yeni kristalli kameralarda MPS görüntüleme süresi 3 dakikaya düşmüştür.

- Koroner arter hastalığı (KAH) şüphelenilen veya bilinen KAH'lı hastaların değerlendirilmesinde MPS endikedir. Bu hastalarda tanı koyma, hastalığın yaygınlığının ve ciddiyetinin tespit edilmesi, risk derecelendirmesi ile prognoz öngörmede kullanılır.
- Normal MPS'li hastalarda kardiyak ölüm riski çok düşüktür (<%1/yıl).
- KAH tanısında Tc-99m MIBI ve Tc-99m tetrofosmin radyofarmasötikleri ön planda iken, miyokard canlılığının belirlenmesinde Tl-201 klorid ve F-18 FDG daha değerlidir.
- Canlılık belirlenmesinde hipoperfüze disfonksiyone segmentte Tl-201 klorid redistribüsyonunun olması veya FDG ile metabolik aktivitenin korunuyor olması bu hastaların revaskülarizasyondan yarar göreceğinin göstergeleridir.

Kaynaklar:

1. Henzlova ML, Duvall WL, Einstein AJ, Travin MI, and Verberne HJ. ASNC imaging guidelines for SPECT nuclear cardiology procedures: Stress, protocols, and tracers. J Nucl Cardiol. 2016 Jun;23(3):606-39. doi: 10.1007/s12350-015-0387-x.
2. Verberne HJ, Acampa W, Anagnostopoulos C, et al. EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT: 2015 revision. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2015 Nov;42(12):1929-40. doi: 10.1007/s00259-015-3139-x. Ficarò EP, Corbett JR. Advances in quantitative perfusion SPECT imaging. J Nucl Cardiol. 2004 Jan-Feb;11(1):62-70.
3. Sciagrà R, Leoncini M. Gated single-photon emission computed tomography. The present-day "one-stop-shop" for cardiac imaging. Q J Nucl Med Mol Imaging. 2005 Mar;49(1):19-29.
4. Paul AK, Nabi HA. Gated myocardial perfusion SPECT: basic principles, technical aspects, and clinical applications. J Nucl Med Technol. 2004 Dec;32(4):179-87; quiz 188-9. Review. PubMed PMID: 15576339.
5. Nuclear cardiology: Guidance on the implementation of SPECT Myocardial perfusion imaging. IAEA human health series No. 23 (Rev1). INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2016 ISBN 978-92-0-107616-8 <http://www.iaea.org/Publications/index.html>.

İNVAZİF KARDİYOLOJİ

Uzm. Dr. Eser Durmaz
Prof. Dr. Rasim Enar

Tanı amaçlı invazif girişimler

İnvazif girişimler ondokuzuncu yüzyılın son üç dekadında sağladığı gelişmeler ile Kardiyoloji bilminin kalp ve damar hastalıklarının fizyopatolojisine, teşhis ve tedavisine çok önemli katkılar sağlayarak klinik pratik bakış açısını neredeyse tamamen değiştirmiştir.

İnvazif kardiyoloji genellikle lokal anestezi ile kateterizasyon laboratuvarında; Floroskopi altında steril, semi-steril ortamda, röntgen ışını kullanılarak perkutan yolla periferik damarlardan sokulan ve kalp boşlukları ve damarlarına konuşlandırılan çeşitli kateter ve cihazlar ile burada gerçekleştirilen tanı ve tedavi amaçlı tüm girişimleri kapsar:

A. Tanı amaçlı invazif girişimler

- **Kateterizasyonu (Sağ ve sol kalp kateterizasyonu):**
Kateter ile girilen kalp boşlukları ve sağ ve sol kalpten çıkan büyük damarların içinden basınç ölçmek kaydetmek ve kan oksijen saturasyonu yayını için gazı örneği almaktır.
- **Anjiyografi (koroner anjiyografi, ventrikülografi, aortografi):**
Bu yöntemler çoğunlukla kalp kateterizasyonu sırasında ilgili boşluk ve damarlarının içerisine kontrast boya (röntgen ışını altında ışını absorbe ederek esmerleşen normalde su gibi ozmolariteleri farklı, iyodlu ve berrak sıvı) verilerek buraların floroskopide çeşitli rojeksi-

yonlarda iki boyutlu görüntülenip kaydedilmesidir.

- **Diğer tanısal girişimler:** Elektrofizyolojik çalışma, intravasküler ultrason ve Fraksiyonel akım rezervi (FFR), endomiyokardiyal biyopsi. Bu yöntemler bireysel indikasyonlar ile yapılır ve işlem sırasında özel ek cihazlar kullanılır, çoğunlukla kardiyak olayın (aritmler, iskemik ve inflamatuvar kalp hastalığı) altta yatan fizyopatolojik kardiyak mekanizmaları araştırılır.

B. Tedavi amaçlı invazif girişimler

1) İnterkoroner:

- **Standart PKG:** Obstrüktif koroner arter hastalığında balon anjiyoplasti ve stentleme olarak tanımlanır. Koroner arterlerde perkutan yolla tedavi amaçlı yapılan tüm işlemlere perkutan koroner girişimler denir. Tek başına balon veya stent monte edilmiş balonun koroner arterde darlığın içinde şişirilerek darlığın açılması (anjiyoplasti) veya stentin damar duvarına yerleştirilmesi (Stent implantasyonu) yapılmaktadır.
- Ek cihazlar kullanımı ile atrektomi, trombektomi, trombus aspirasyonu .

2) Nonkoroner Girişimler:

- Mitral darlığında mitral balon valvuloplasti (MBV), ASD'de septal defekt kapatılması, aort darlığında Transarteriyel aortik Kapak implantasyonu (TAVİ).
- **Elektrikli tedaviler:**
Kalp pilleri (pacemaker): Semptomlu bradikardi ve bradiaritmlerde antibradi uyarı veren (pacing) kalp pili (pacemaker) ani kalp ölümlünde primer veya sekonder korunmada, ICD (implante edilebilen kardiyoverter defibrilatör) ve düşük EF'li ileri KY'de sol dal bloğu (interventriküler dissenkroni) ve sinüs ritminde CRT (Kardiyak Resenhorizasyon tedavisi) kalp pilleri.

KALP KATETERİZASYONU

Tanımı

Perkutan yolla damara sokulan kateter ile kalp boşlukları ve çıkan büyük damarlara ulaşır; burada basınç ölçmek kaydetmek ve kan örnekleri alarak oksijen satürasyonunu tayin etmek gibi tanısal işlemler yapmaktadır.

Çoğunlukla tam donanımlı kateterizasyon laboratuvarında yapılır (**Fig-7. 1**).

Kalp kateterizasyonunu ve ek işlemlerin eksiksiz olarak gerçekleştirilebilmesi için yarı-steril bir oda olan laboratuvarında bulunması gereken major donanımlar:

- (1) Hastanın yattığı hareketli (öne-geriye, yukarı-aşağı, sola-sağa) masa,
- (2) Bir ucuna röntgen tüpü, diğer ucuna kayıt makinesi yerleştirilmiş derece döner başlıklı "90 C kolu".
- (3) anjiyografi ve intra kardiyak basınçlar ile EKG kaydı ve takibinin eşzamanlı anlık ve geriye dönük yapıldığı Monitorlar,
- (4) ek olarak da röntgen ışınlarının çevreye yayılımını önleyen laboratuvar duvarlarına çepeçevre yerleştirilmiş kurşun levhalar.

Yukarıdaki temel ve demirbaş olarak nitelendirilen donanımın dışında kateterizasyon laboratuvarı klinik olarak her zaman dinamik bir ortamdır; dolayısı buraya gelen veya buradaki işlem sırasında gelişen tüm akut hemodinamik ve elektrikli kardiyak acillere müdahale edilebilmelidir; gerektiğinde acil CPR koşullarının sağlanabilmesi için gerekli malzemeleri (defibrilatör, entübasyon için gerekli malzemeler, oksijen tüpü ve kardiyak arrest ve aritmi tedavisinde kullanılan ilaçlar gibi) hazır bulundurulmalıdır.

Kateter ile girilen Kalp damarları ve boşluklarına röntgen ışını altında esmerleşen berrak kontrast boya vererek bunların iki boyutlu görüntülenip birkaç projeksiyonda kaydedilmesine **anjiyografi** denir; anjiyografiye koroner arterlerde anjiyografi aortada aortografi ve ventrikülde ventrikülografi denir.

- Kalp kateterizasyonu, normal dolaşım hemodinamiğini bozan (akım



Fig- 7.1: *İnvazif kardiolojinin «olmazsa olmazı»:* Tam teşekkülü Kateterizasyon laboratuvarı: Röntgen ışını geçirmeyen kurşun levhalar ile kaplı duvarları bulunan semi steril oda; içinde hastanın yatırıldığı hareketli masa (M), 90 derece döner başlıklı «C kolu» (bir kolunda masanın altına giren röntgen tüpü (X), diğerinde ise hastanın vücudunun içinden geçen röntgen ışının oluşturduğu gölgeleri görüntü güçlendirici ve kaydedici) (K), monitorler ve kaydedilen görüntü ve bulgular üzerinde işlem ve hesaplamalar yapmaya yarayan bilgisayarlar ve CPR için gerekli, kullanıma hazır tüm donanımlar (Solda). Sol ventrikül ve aortanın anjiyografisi için önceden ayarlanabilen otomatik- yüksek basınçlı kontrast boya injektörü (sağda).

yönünde ardışık kalp boşlukları ve büyük damarlarda anormal sistolik veya diyastolik basınç değişiklikleri ve gradiyenti ile) kalp hastalıklarının (miyokardiyal ve kapak fonksiyonları gibi) varlığı hemodinamik olarak saptanır.

- Özellikle sağ kalbe dönen venöz kanın geliş yönünde ardışık iki boşluk ve bir büyük damardan ölçülen oksijen saturasyonların bir boşluktan ötekine geçerken birden bire yaklaşık %10 yükselmesi ("step-up") ile soldan- sağa şanti ima edilir.
- Anjiyografide, boya ile doldurulan kalp boşluğunun anatomisi, topoğrafik, anatomisi, bölgesel ve global fonksiyonu; veya büyük damarların ve koroner arterlerin çapı, topoğrafisi, akımı yönü ve koroner arterlerin iki boyutlu anatomik görüntüsü ile kısmen içinde akımı engelleyen obstrüksiyonun varlığı, ciddiyeti ve kan akım hızı ile ve fonksiyel damar hastalığının varlığını ve ciddiyeti saptanır.

Kateretizasyon yöntemi

Kalp kateterizasyonları işleme göre farklı giriş yerlerinden; sol kalp kateterizasyonu ve koroner anjiyografi için femoral, radyal veya brakiyal arter gibi arterden, sağ kalp kateterizasyonu için femoral, subklavyan veya juguler ven gibi bir venden sokulan çeşitli kateterler ile yapılır.

Spageti makarnasına benzeyen gibi iki ucu açık plastik tüplere kateter denir (Fig- 7.2).

Kateterizasyon yönteminin "püf noktası" önce işleme başlamadan uygun ve güvenli damar girişinin sağlanmasıdır. Bunun için işlem bitinceye kadar güvenli giriş yolunun yemin edilmesi için istenen uygun damara lokal anestezi altında perkutan yolla hemostatik başlı plastik kılıf yerleştirilir (Fig- 7.3), böylece işlem tamamlanana kadar giriş yolu emniyete alınır. Kılıfın başında bulunan hemostatik mekanizma, işlem sırasında çeşitli kateterlerin damara giriş ve çıkışı sırasında dışarı kanamayı önler.

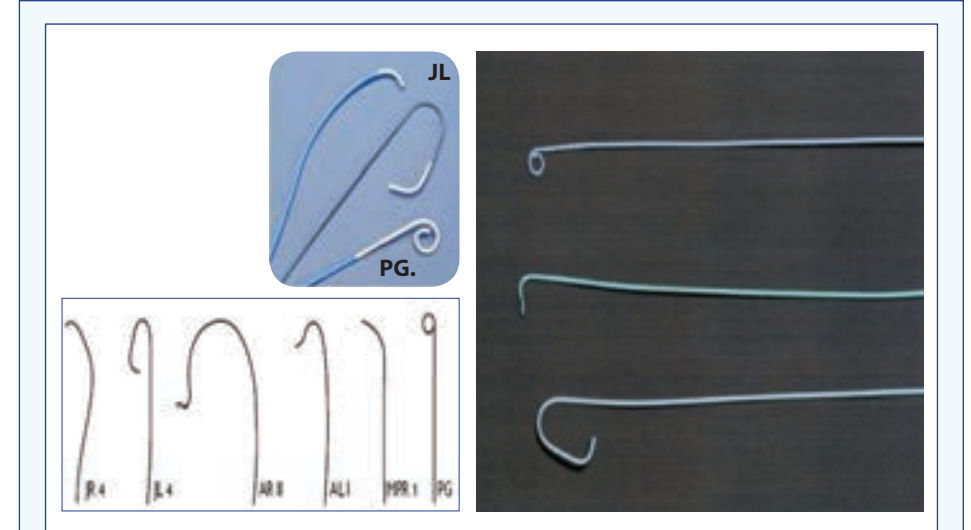


Fig- 7.2: *Kateterizasyonda kullanılan çeşitli kateterler:* Solda en yaygın kullanılan- distal ucu kıvrılmış ve çok delikli "Pig-tail" (PG) ve distal eğri uçları sivri sağ ve sol koroner Judkins (JL) kateterleri. Sol altta çeşitli kateter ipleri görülmekte.

Kısalt: AR, AL- Sol ve sağ Amplatz; MPR- Multi purpose.

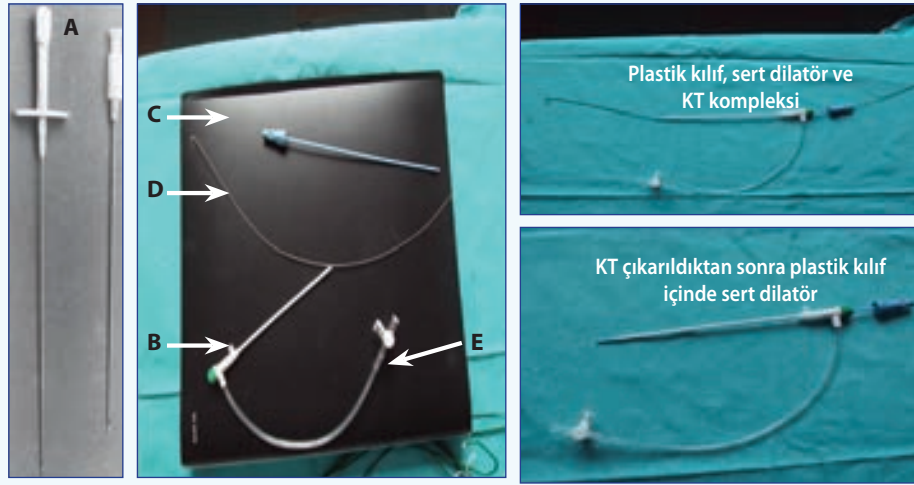


Fig-7.3: Damara giriş seti: Soldan- sağa: Seldinger iğnesi (A), hemostatik başlı plastik kılıf (B), sert dilatör (B) içine sokulan sortdilatör (C) ve kısa kılavuz tel (KT) (D); ve KT üzerinden damara sokulan kılıf-dilatör kompleksi, ve KT çıkarıldıktan damardaki kalan kompleksin içinden dilatör geri çekilir ve kılıfın içerisi yan kolundan (E) eski kan çekilip atılarak ve heparinli SF verilerek yıkanır.

- Damara (arter veya vene) hemostatik başlı plastik kanül yerleştirilerek giriş yeri sağlanması için geçmişte cerrahi yöntem ile damarın (çoğunlukla brakial arter) üstündeki cilt ve diğer dokuların disseke edilmesi ile giriş yolu damarı görerek hazırlanırdı (direk yöntem), işlem sonrası kapatılması için cerrahi olarak onarım ve dikiş atılması gerektiğinden, pratik olmaması, uzun zaman alması ve yüksek kanama komplikasyonlarından günümüzde terk edilmiştir.

Damara giriş yerleri: Sol kalp kateterizasyonu ve koroner anjiyografi için arteriyel ve sağ kalp kateterizasyonunda venöz giriş yerinin seçiminde öncelikle operatörün tercihi, seçilen damarı uygunluğu ve işlem sonrası plastik kılıf damardan geri çıkarıldıktan sonra hemostazı sağlamak için giriş yerinin lokal olarak bastırılabilirliği (damarın sıkıştırılması için) önemlidir. Sol kalp kateterizasyonu ve koroner anjiyografide arteriyel giriş için çoğunlukla femoral arter, brakial ve özellikle perkutan koroner girişime gidilecekse radyal arterler tercih edilir. Sağ kalp kateterizasyonunda ise venöz gi-

riş için femoral, subklavyan, internal juguler venler kullanılır. Günümüzde damara giriş yerinin hazırlanıp, giriş kılıfının yerleştirilmesi için kullanılan teknik perkutan **Seldinger** yöntemidir.

- **Perkutan Seldinger yöntemi:** Cilt, cilt-altı lokal anestetik ile uyuşturulduktan sonra Seldinger iğnesi ile (duvar kalınlığı ince, lumeni geniş) cilt, cilt-altı geçilerek damarın önyüzünden damara girilir (A); sonra da iğnenin içinden (esnek ve katlanabilir J uçlu 0.035 inç kalınlığında) kısa kılavuz tel (KT) iğnenin içinden damara sokulur (B); ve daha sonra KT damarda bırakılarak iğne geri çekilerek KT üzerinden damardan geri çıkarılır (C). Hemostatik başlı yumuşak plastik kanül içerisine sokulmuş sert dilatör ile telin üzerinden damara sokulur (D); kanülün damardaki yerinin uygunluğundan emin olunduktan sonra içindeki KT geri dışarıya çıkarılır (E) ve damardaki kanülün lümeninin yan kolundan eski kan aspire edilip astılır heparize edilir, ve işlem tamamen sonlanana kadar yerinde kalarak sonra da çıkarılır ve giriş yeri elle bastırılarak kanama kontrolü sağlanır (Fig- 7.4).

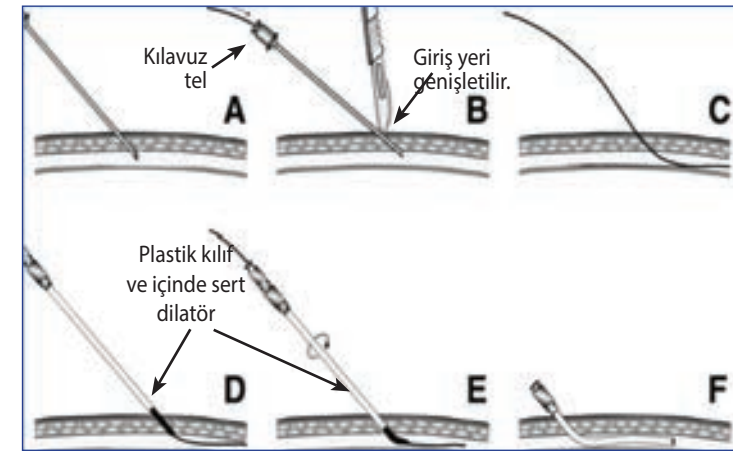


Fig- 7.4: Seldinger yöntemi: Damara giriş kılıfının perkutan yolla yerleştirilmesi. (A)- Damara giriş; (B)- KT'nin damara sokulması; giriş yerinin genişletilmesi; (C)- İğnenin çıkarılıp KT'nin damar lümeninde bırakılması; (D) ve (E) İçinde sert dilatörü ile plastik kılıfın KT üzerinden damara sokulması. (F)- KT ve sert dilatörün plastik kılıftan çıkarılması - Kılıf damarda.

A. SAĞ KALP KATETERİZASYONU

- Venöz giriş temin edildikten sonra: femoral venden girilmişse vena kava inferiyor ile şayet subklavyan veya juguler venden girilmişse vena kava superiyor yolu ile özel kateter (*Cournand* veya *multipurpose* gibi) ile antegrad sırası ile sağ atriyum- sağ ventrikül-pulmoner artere kateter ile ulaşılır buralardan sıra ile ayrı ayrı basınç ölçülür, kaydedilir (**Fig- 7.5**) ve kan gazı ölçümü için kan örneği alınır, ve en sonunda pulmoner arterin ucuna gidilerek pulmoner arter uç (kapiller) basıncı (PAUB) alınır (yatakbaşı ucu balonlu Swan-Ganz kateteri ile distal pulmoner arterde balon işirilip alınan basıncına “tıkalı pulmoner arter basıncı” da denir) (**Fig- 7.6**).
- Pulmoner arterin uç basıncı indirek olarak, pulmoner kapiller, sol atriyum ve sol kalbin dolun basınçlarını verir. Çünkü pulmoner arterdeki kan akımı mitral darlığı hariç hiçbir engel ile karşılaşmadan sırasıyla “Pulmoner arter- Arterioller-Kapillerler- Venül- Pulmoner venlerden oluşan ve birbirine bağlanmış ardışık damar tüpleri ile kesintisiz sol atriyuma” dökülür ve en sonunda diyastolde ventrikülü doldurur. Bu damar dizisinde birleşik kaplar gibi aralarında normal fizyolojide bir kapı, engel bulunmadığında birinde ölçülen basınç diğeri de aynıdır; dolayısı ile sol ventrikülün diyastolik basıncı pulmoner arter ucuna, kapillere kadar aynen yansır. Böylece sağ kalp kateterizasyonu sırasında ölçülen pulmoner arter uç basıncı ile sol kalbin dolun basıncı (diyastolik basınç) elde edilebilir:
- **Dolayısı ile, pulmoner arter uç basıncı sol kalbin dolun basıncıdır ve ortalama sol atriyum basıncı ve SV diyastol-sonu basıncına eşittir.**
- **Pulmoner arter uç basıncı mitral darlığında ve sol ventrikül yetersizliğine bağlı sol kalp yetersizliğinde yükselir (Fig-7.7), ancak: Mitral darlığında pulmoner arter uç basıncı SV diyastol sonu basıncından daha yüksektir. Sol kalp yetersizliğinde ise ikisi de yükselmiş ve eşittir.**

Pulmoner arter kateterizasyonunda pulmoner arter uç basıncı kaydedildikten sonra devamlı basınç kaydı ile kateter geriye sırası ile pulmoner arter- sağ ventrikül- sağ atriyuma ve vena kavaya çekilir (**Fig- 7.8**); basınç kayıtlarında: **Sağ ventrikül sistolik basıncı Pulmoner arter sistolik basıncın-**

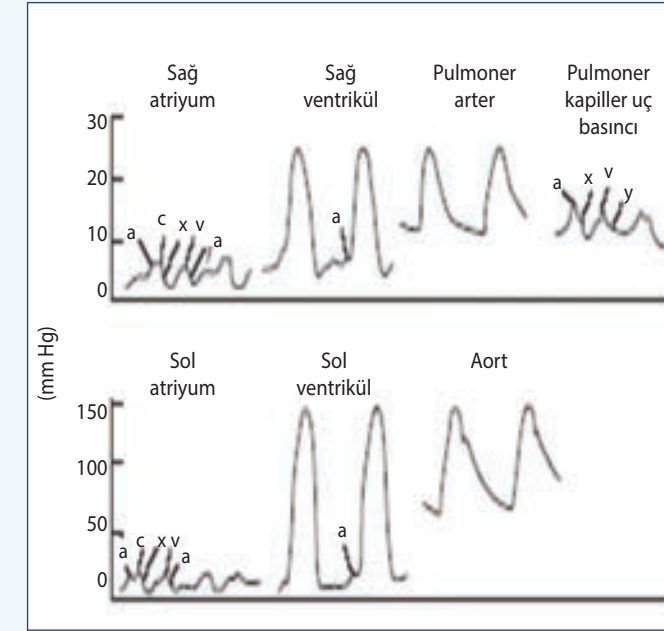


Fig-7.5: Kalp boşlukları ve bunlardan çıkan ve büyük damarlardan kaydedilen Basınç dalgaları: Üstte sağ kalp kateterizasyonu altta sol kalp kateterizasyonu kaydedilen basınç dalgaları şekilleri.

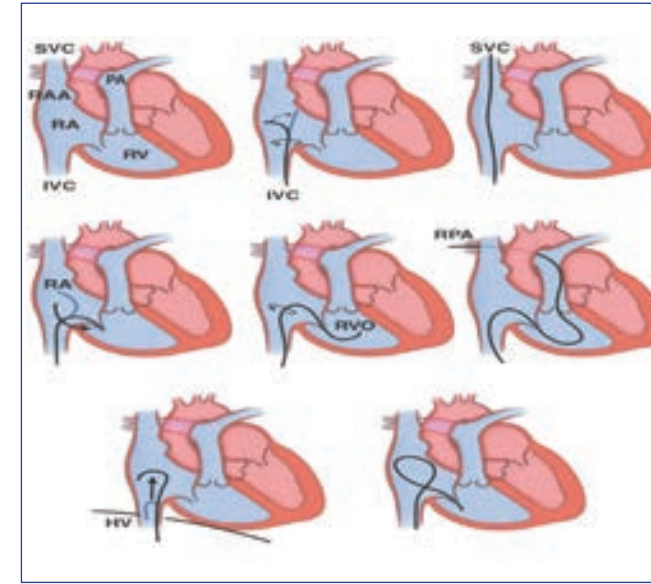


Fig-7.6: Femoral ven girişi ile vena kava inferiyordan antegrad yol ile sağ atriyuma ulaşmak ve sağ ventrikül ve pulmoner arterde basınç kaydı oksijen satürasyonu için kan örneği almak.

Kısalt: IVC-Inferiyor vena kava; SVC-Superiyor vena kava; RPA- Sağ pulmoner arter; RVO- Sağ ventrikül çıkışı. RV-Sağ ventrikül.

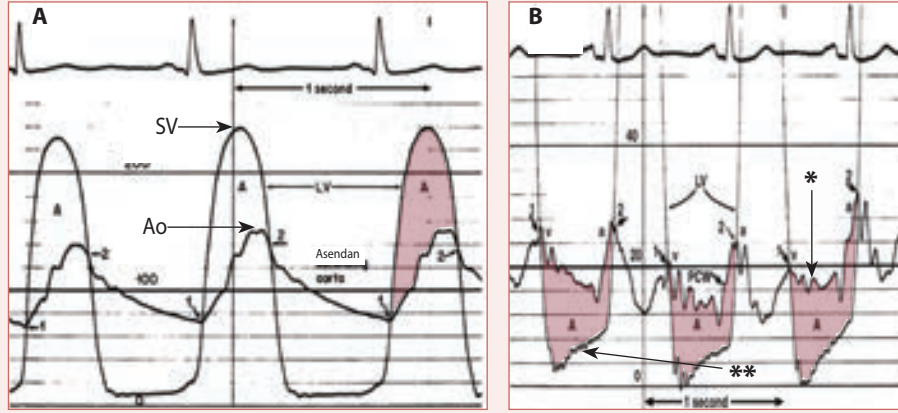


Fig- 7.7: (A) Solda aort darlığında aort kapak düzeyinde sol ventrikül (SV) ve aorta (Ao) arasındaki sistolik gradiyent. (B) Sağda eş zamanlı kaydedilen pulmoner kapiller uç basınç (PCW*) ve sol ventrikül (LV) diyastolik basınçlar (**) arasında diyastolik gradiyent (taranmış alan).

dan yüksekse Pulmoner darlık pulmoner (kapak darlığı ve sağ ventrikül çıkış yolu obstrüksiyonu); ortalama sağ atriyum basıncı da sağ ventrikül diyastolik basıncından yüksekse Triküspid kapak darlığı teşhisi konur.

Pulmoner arter basıncı yüksek ve pulmoner arteriyel hipertansiyon (PAH) bulunmuşsa, PAH'ın tipini tayin etmek için pulmoner arter uç basıncı (PAUB) bakılır ve şayet yüksekse PAH'ın kaynağının sol kalbe ait olduğu (mitral darlığı veya sol kalp yetersizliği) düşünülür ve etyolojik ayırım için işlem sırasında eş zamanlı sol kalp kateterizasyonu ile sol ventriküle bir kateter daha yerleştirilir ve PAUB ve SV diyastol sonu basıncı (SVDSB) eş zamanlı kaydedilir buna göre:

TEŞHİS:

(\uparrow PAUB > SVDSB) = **Mitral darlığı.**

(\uparrow PAUB = \uparrow SVDSB) = **Sol kalp yetersizliği.**

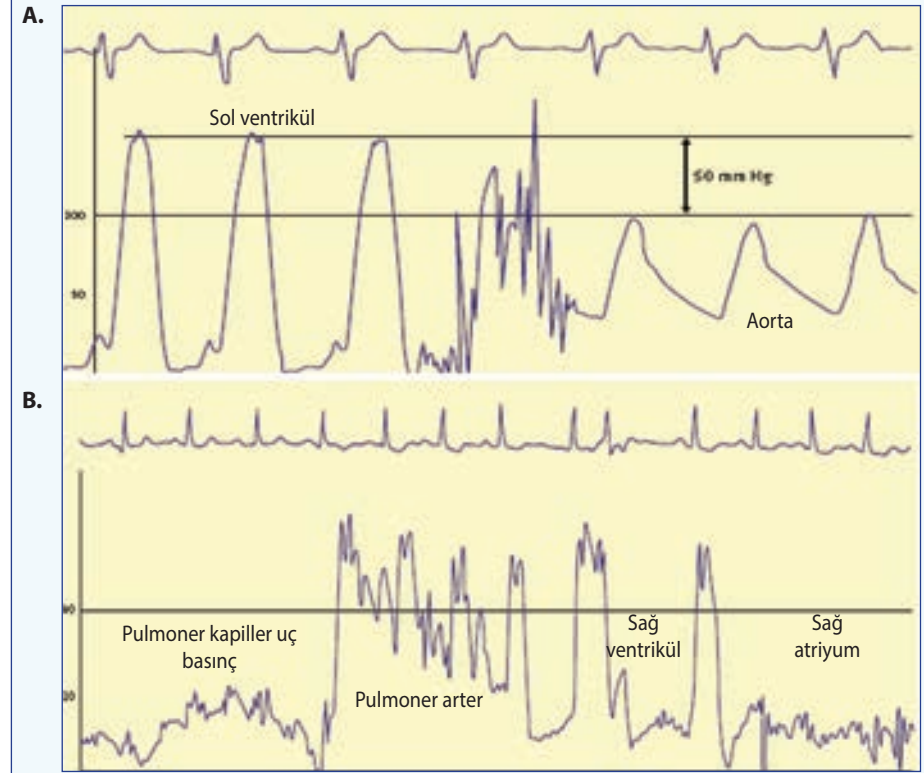


Fig- 7.8: (A) Sürekli basınç kaydedilerek üstte sol ventrikülden aortaya çekiş ve kaydedilen Aort darlığına bağlı aortik sistolik basınç (sistolik) gradiyenti. (B) Altta ise pulmoner arter uç basıncından sağ atriyuma doğru geri çekiş, normal kayıttır.

Swan- Ganz kateteri ile yatakbaşı PAK

Koroner bakım üniteleri ve yoğun bakım ünitelerinde yatak başı basınç monitorizasyonu ile kullanılabilen en pratik PAK (pulmoner arter kateterizasyonu) yöntemidir; Pulmoner artere balonu şişirilmiş Pulmoner arter kateterinin (Swan-Ganz kateteri) subklavyan veya juguler venler yolu ile ulaşılan sağ atriyumdan PA'ya kan akımı yönünde yönlendirilerek yerleştirilmesidir (Fig- 7. 9 ve Fig- 7.10). Bu yöntem ile floroskopi kullanılmadan basınç monitöründen basınç-dalga şeklinin izlenmesi ile Swan- Ganz kateteri yatakbaşı takılabilir (Fig- 7.10b). Böylece yoğun bakım ve KBÜ'lerde sağ kalp basınçları, PKUB ve termodilüsyon yöntemi ile kalp debisi yatakbaşı ölçülebilir.

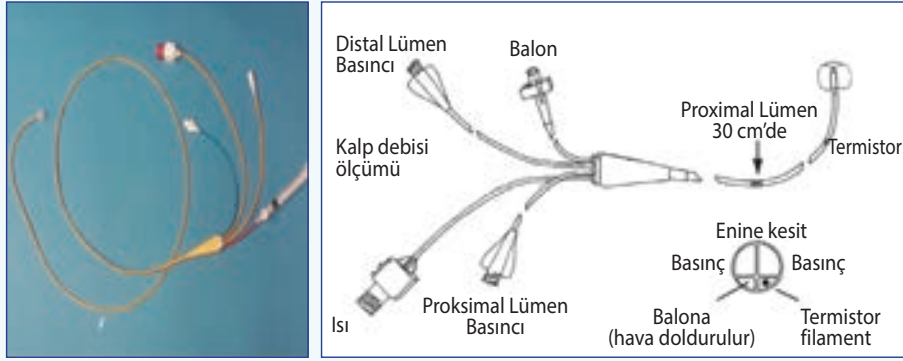


Fig- 7. 9: «Swan Ganz» ucu balonlu Pulmoner Arter Kateteri: Pulmoner kateterin temel fonksiyonel anatomisi. Balonlu kateterin iki basınç izleme lümeni ve deliği bulunur. Proksimal lümen 30 cm'de bulunur sağ atriyum basıncının ölçümü sağlanır. Bu lümen ayrıca termodilasyonla kalp debisini hesaplamak için, soğuk solüsyon injeksiyonu için de kullanılır. Distal lümen kateterin ucuna yakındır, pulmoner arterin kan ısısını ölçer ve termodilasyon yöntemi ile kalp debisinin ölçümünde kullanılır. Uçtaki balon oda havası (veya CO₂) ile şişirilerek pulmoner arter uç basıncı ölçülür.

Standart balonlu- pulmoner arter kateteri radyopaktır; 110 cm uzunluğunda olup 10 cm aralarla görülebilir “siyah mesafe halkaları” bulunur. Funksiyonel anatomisi (Fig- 7. 9)’de gösterilmiştir.

- Pulmoner arter kateterinin proksimal lümeni ve dışarı açılan uç deliği (ucu kateterin duvarındaki deliğe açılan) dışarıdaki kateter ucundan (damar dışında kalan baş bölümü) 30 cm’dedir ve bu bölüm hastaların çoğunda sağ atriyum içinde yatar (bu lümeni bir delikle dışarı sağ atriyuma’ya açılır) ve sağ atriyum ile ilgili basınç olayları direk olarak bu lumenden kaydedilir. Termodilasyon yöntemi ile kalp debisi ölçülebilir. Kateterin ucu PAUB pozisyonda iken oda ısısında 10ml SF Proksimal ucundan hızla enjekte edilir. SF kateterin ucuna gidene kadar ısınır. Bağlı olduğu Termistör bu ısıyı otomatik olarak ölçer ve debiyi hesaplayarak yatakbaşı verir. (Prensip: Kalp debisi düşüldükçe, dolaşım zamanı uzar ve sıvı ısınır). Ek olarak, sağA’nın oksijen saturasyonu kateterin proksimal lümeninden alınan kan örneğinde elde edilir.
- Distal lümen ve uç deliği kateterin ucuna yerleşmiştir, PA basıncının direk ölçülmesini sağlar.

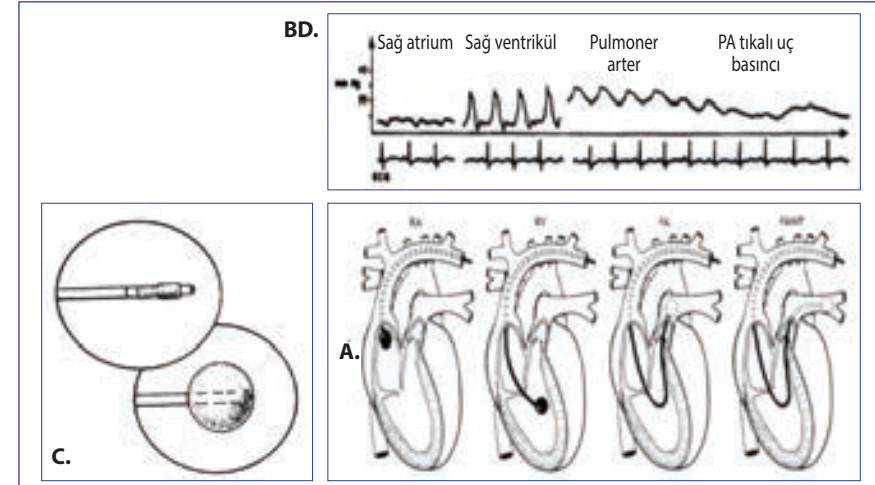


Fig- 7. 10: Sağ kalp kateterizasyonu: Kalpte Swan-Ganz kateterinin pozisyonu: (A)Balonun şişirilmesi (C) ile kan akımı yönünde distal lümen ucundan alınan basınç dalgaları izlenerek (BD) RA’dan PA’ya doğru yözdürülür. En sonunda distal balon PAWP dalgaları gözleninceye kadar ilerletilir. Sağ atriyum (RA); Sağ ventrikül (RV); Pulmoner arter (PA), ve Pulmoner arter tıkalı basıncı (PAWP).

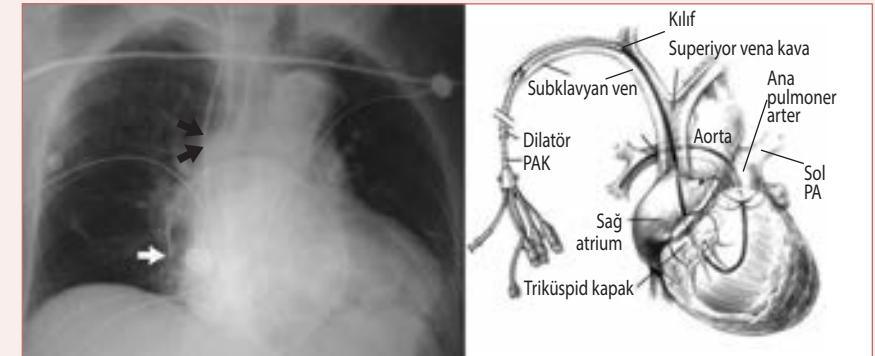


Fig- 10b: Swan Ganz kateterinin pulmoner artere yatakbaşı konuşlandırılması: Sağda- Balonlu pulmoner arter kateteri subklavyan venede giriş-kılıfından sokularak 20 cm işaretine kadar ilerletilir. Bu noktada, balon şişirilir ve PA basınç dalgaları görülünceye kadar ilerletilir. Kateterin yeri PA uç basınç dalgalarının görünmesi ile bilinir. Solda- Sağ internal juguler venden sokulan (siyah ok başları) Swan-Ganz kateterinin ucu (beyaz ok-), portatif röntgen cihazı ile çekilen göğüs radyografisinde sağ pulmoner arter distalinde görülmekte.

B. SOL KALP KATETERİZASYONU

Sol kalp kateterizasyonu arteriyel giriş yeri ne olursa olsun retrograd yolla sırası ile çıkan aorta, aort kemeri ve inen artaya ulaşır, ve sonra da aort kapaktan sol ventriküle geçerek (Fig- 7.11), burada basınç kaydettikten ve kan gazı için kan örneği aldıktan sonra, kateter basınç kayıttan ayrılarak otomatik basınçlı pompaya (Fig- 7.1) bağlanır, ve

- Sol ventrikül boşluğu floroskopide sol ve/veya sağ anterior oblik projeksiyonda devamlı kaydedilirken otomatik yüksek-basınçlı enjektör ile SV'ye yüksek basınçta kontrast injekte edilip doldurulur ve görüntülenir (ventrikülografi) (Fig- 7.12); floroskopide injeksiyon sırasında anında veya kaydedilen filmde geriye dönük seyredilerek sistol (kontraksiyon) ve diastolde (relaksasyon) bölgesel ve global duvar hareketleri ile SV fonksiyonları ve de sol ventriküle verilen boyanın sol atriyuma kaçarak boşluğu boyaması ile mitral kapak regürjitasyonu değerlendirilir (Tablo- 7.12). Böylece SV'nin bölgesel ve global hareket bozukluğu, ejeksiyon fraksiyonu ve mitral yetersizliğinin varlığı ve derecesi tayin edilir (Tablo- 7.1).
- Ventrikülografi tamamlandıktan kateter tekrar basınç transdüserine bağlanarak devamlı basınç kaydı ile SV'den geri çıkan aortaya çekilir. Kaydedilen basınçta sistolik SV basıncı sistolik aorta basıncından yüksek sistolik gradiyent Aort darlığı teşhisi konur (Fig- 7. 8).
- Sonra da kateter tekrar basınçtan ayrılarak basınçlı boya injekte eden pompaya bağlanır ve art kapak yaprakcıklarının biraz yukarisından çıkan aortaya kontrast boya injekte edilerek doldurulur: Böylece iki boyutlu görüntüde aorta çapı ve lumeni görülüp değerlendirilebilir, ve çıkan aortada anevrizma ve disseksiyon teşhis edilebilir. Şayet aorta kontrast ile doldurulmuş iken SV'e kontrast kaçarak ve boyanırsa aort regürjitasyonu (varlığı ve derecesi) teşhis edilir (Fig- 7. 12).
- En sonunda sol kalp kateterizasyonunda kullanılan kateter (yaygın olarak ucu kıvrık, çok delikli **Pigtail kateteri**) değiştirilerek koroner anjiyografi için sırası ile distal bölümü eğri, ucu sivri sol veya sağ koroner kateterler (çoğunlukla **Judkins koroner kateterleri**) arteriyel girişten damara önce sokulan "esnek J uçlu" uzun kılavuz telin üzerinden iletilir ve telin yönlendirmesi ile çıkan aortaya ulaşır sol

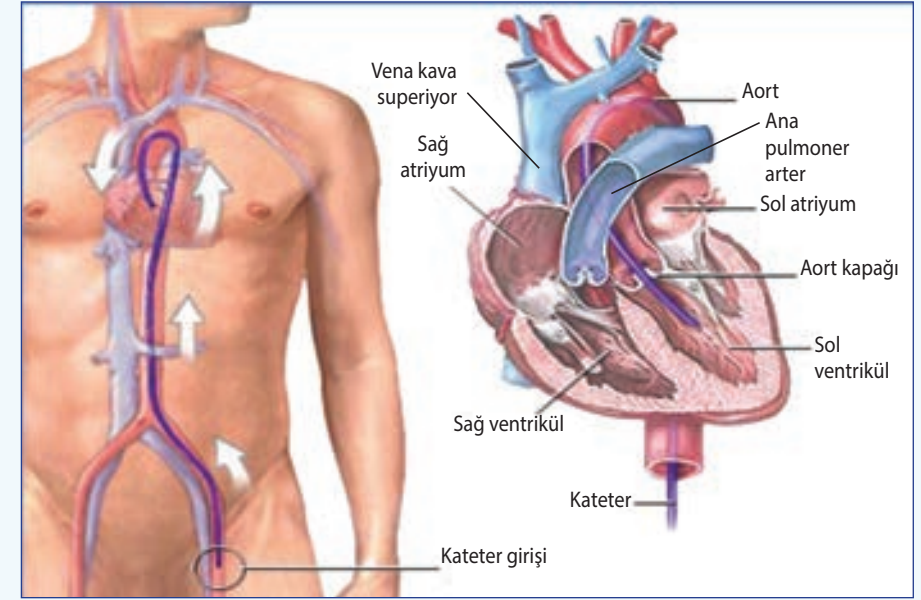


Fig- 7. 11: Sol femoral arter girişinden kateter ile abdominal- torakal ve çıkan aortadan sol ventriküle ulaşmak.

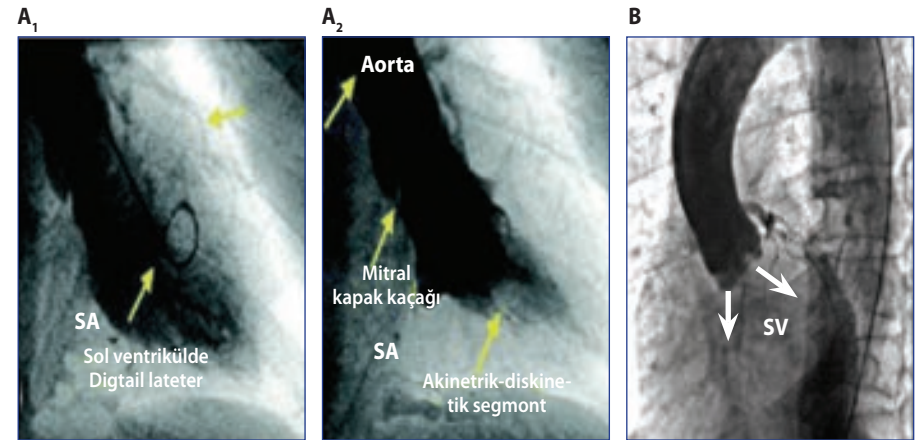


Fig- 7. 12: Sol kalp kateterizasyonunda yapılan anjiyografiler: Kontrast boya injekte ederek yapılan (A) sol ventrikülografi de sol atriyum (SA) kaçağı (solda A₁ sistol ve A₂ diastol) ve (B) çıkan aortada yapılan aortografi sol ventrikül kaçağı (beyaz oklar ve sol ventrikülün boyanması).

Tablo- 7. 1: Sol ventrikülografi ve aortografide Aort ve Mitral regürjitasyonlarının kalitatif değerlendirilip sınıflandırılması:

Aort Regürjitasyonunun (AR) derecesi:	Mitral Regürjitasyonunun (MR) derecesi:
1+ : Hafif AR, klinik olarak anlamlı değil.	1+ : Eser MR'yi gösterir, bir vurdada temizlenen hafif solA opaklaşması.
2+ : Orta derecede AR, kontrast boya her diastolde SV çıkış yoluna girer ve her sistolde temizlenemez, birkaç vurdadan sonra temizlenir.	2+ : Hafif- orta derece MR, solA'nın opaklaşması SV'den daha azdır.
3+ : Orta derecede ciddi AR, kontrast SV'nin tamamını doldurur ve SV'nin opaklaşması Aorta ile eşitlenir.	3+ : Orta- ağır derece MR'yi gösterir, solA'nın opaklaşması SV'ye eşittir.
4+ : Ciddi AR: Diyastol sırasında kontrastın büyük bölümü SV'ye girer, opaklaşması aortadakinden fazladır.	4+ : SolA'nın opaklaşması SV'den fazladır.
	• : SolA - Sol atriyum.

ve sağ koroner sinüslerdeki koroner ostiyumlarına tekniğine uygun basit manevralar ile girilir, basınç alınır ve normale içine elle kontrast boya (enjekte edilerek) sol koroner arterde 6 farklı projeksiyonda sol koroner anjiyografi ve sonra da kateter sağ koroner kateter ile değiştirilerek aynı işlem sağ koroner arter için tekrarlanır ve 2 farklı projeksiyonda sağ koroner anjiyografisi yapılır. Böylece **koroner arter hastalığının varlığı ve ciddiyeti koroner anjiyografide çeşitli projeksiyonlarda iki boyutlu görüntülenme ile değerlendirilir.**

Hemodinamik değerlendirme

Sağ ve sol kalp boşlukları ve ventriküllerden çıkan büyük damarların (aort, pulmoner arter) basınç ölçümleri, kullanılan kateterin distal ucu buranın basıncını ölçmek için bu kalp boşluğu ve damarın içerisine yerleştirilir, kateterin dışarıdaki proksimal ucu basınç transduserine bağlanarak distal ucun bulunduğu boşluğun veya damarın basıncı izlenebilir ve kaydedilebilir. İstenen yerin O₂ saturasyonu ve basıncı kalp kateterizasyonu sırasında direk ölçülerek veya kan örneği alınıp analiz edilerek tayin edilebilir ve işlem öncesi hastanın belirlenen yaşı, cinsiyeti, vücut kitle indeksi (VKİ) ve kalp hızı (KH) ile birlikte özel formüller kullanılarak hastanın hemodinamik durumunu gösteren aşağıdaki önemli hemodinamik parametreler hesaplanabilir: (a) Ö-

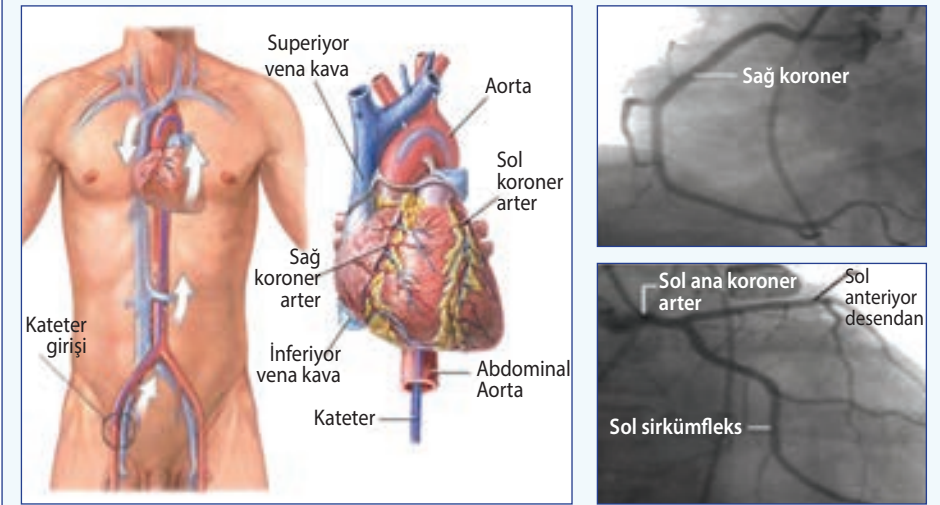


Fig- 7. 13: Koroner anjiyografi femoral yol ile arteriyel giriş ve sol ve sağ koroner artere ulaşmak.

zel formüller ve cetveller ile hesaplanan (Fick denklemi) hastanın O₂ tüketimi (mL/dk), Arteriyö- Venöz O₂ farkı (vol %) ve Hb düzeyi (mg/dl) ile **atım hacmi, Kalp debisi, kardiyak indeks** hesaplanabilir; atım hacmi, Kalp debisi, Kardiyak indeks hesaplanabilir. (b) Kalp boşluklarından alınan kan örneklerinde ölçülen O₂ saturasyonu ile soldan-sağa intrakardiyak şantların varlığı kolayca teşhis edilebilir ve miktarı hesaplanabilir. (c) Basınç dalga şekilleri incelenip düzeyleri hesaplanarak; sol ve sağ kalbin atriyum (sol atriyum yerine PKUB) ve ventrikülleri arasında **diyastolik basınç gradiyenti**, ventriküller ile bunlardan çıkan aort ve pulmoner arterler arasında **sistolik basınç gradiyenti** saptanması sonucunda sırası ile atriyovenriküler (Mitral ve Trikuspid darlıkları) ve sağ veya sol ventriküler çıkış yolu obstruksiyonu ve/veya semilunar kapak darlıklarını (Aort ve Pulmoner Darlıkları) gösterir. Ekokardiyografi bulguların klinik ile tutarsız olduğu durumlar ve ekojenitesi kötü hastalarda (amfizem, göğüs deformitesi gibi) kapak hastalıkları kalp kateterizasyonunda doğru ve kesin olarak teşhis edilir, "altın standart". (d) Kalp kapak hastalıklarının değerlendirilmesi: (i) Özel formüller (Gorlin) ile kapak darlığı ve **kapak alanı** (akımın geçtiği delik alanı) hesaplanabilir; bunların yanında düşük öne atım hacminde (VSD, aort veya mitral regürjitasyo-

nu ve de şiddetli pulmoner hipertansiyonda gibi) ve pulmoner hipertansiyonda pulmoner ve sistemik vasküler dirençlerde hesaplanabilir.

ANJİYOGRAFI

Anjiyografi, kontrast madde verilirken kalp damarları ve kalp boşluklarının röntgen ışınları (X-ray) kullanılarak resimlerini alan görüntüleme tekniğidir. Anjiyografi için kateterden görüntüleme yapılacak damar ve kalp boşluğunun içine hızla küçük miktarlarda kontrast madde gönderilmesi gerekir. Anjiyografi için mümkün olduğunca az miktarda kontrast kullanılmalıdır (özellikle yaşlı, yaygın koroner arter hastalığı, SV fonksiyonu kötü, böbrek yetersizliği, hidrasyonu bozulmuş ve diyabetik hastalarda).

Kontrast maddeler: Kontrast maddeler x- ışınını absorbe eden iyot ihtiva eder. İyot yüksek atom ağırlığındadır, röntgen görüntüsünde çevre dokulara göre daha siyah görünür. Kontrast madde büyük molekülünden dolayı damar sistemi dışına çok az geçer ve çoğunlukla böbrekler ile kandan filtre olur. İdeal anjiyografik kontrast madde, kan damarların görüntülenmesini sağlar, inerttir; herhangi bir istenmeyen yan etki oluşturmadan vücuttan geçer, atılır. Kateterizasyon girişiminde girişime başlamadan önce hastaya kontrast boyanın beklenen yan etkileri (sıcaklık hissi, bulantı, kusma gibi) anlatılmalıdır.

Hastanın hikayesinde geçmişte kontrast maddeye, iyod ve deniz ürünlerine alerji bulunması sorgulanmalıdır. Yüksek-riskli hastalarda (konjestif KY, böbrek yetersizliği, hipovolemi, akut koroner sendrom) kontrast nefropatisi olasılığından dolayı düşük veya izo ozmolar, non-iyonik kontrast kullanımı tercih edilmelidir.

Koroner Anjiyografi: Koroner arterler içerisine röntgen ışını altında esmerleşen (muhtevastındaki iyodun röntgen ışınını absorbe etmesi ile) kontrast boya verilerek gerçekleştirilen koroner anjiyogram koroner arterlerin iki boyutlu görüntülenmesidir. CT anjiyografi ile (üç boyutlu görüntülenmenin aksine); üç boyutlu görüntü almak için koroner arterlerin birçok değişik projeksiyonlarda anjiyografisi yapılır. Lezyonun varlığı ve ciddiyeti bu projeksiyonlardan (nisbeten indirek üçboyutta) en az iki farklı projeksiyonda (örneğin sol koroner 6, sağ koroner 2-3 projeksiyonda) değerlendirilerek karar verilir.

Kontrast maddenin el ile injekte etme tekniği de önemlidir; floroskopi altında kontrast madde koroner arteri dolduracak ve aort köküne hafifçe taşmaya sebep olacak kadar (taşan kontrast miktarı kadar kanın koroner akımında bulunduğu kanıtı) yeterli miktar ve basınçta elle injekte edilmelidir. Bu teknikte damarda distale doğru kontrast ile karışan kanın gidişi ile koroner kan akımı değerlendirilir (CT anjiyografiye üstünlüğü). Kontrast ile doldurulmuş koroner arterde $\geq 50\%$ obstrüksiyon oluşturduğunda "anamlı" (asemptomatik subklinik koroner arter hastalığı KAH) varlığı, $\geq 75\%$ obstrüksiyon oluşturduğunda ise "kritik" koroner akımının artan miyokardiyal oksijen ihtiyacını karşılayamaması, semptomatik, klinik KAH hastaları) darlık denir.

Sol Ventrikül Anjiyografisi (Ventrikülografi): SV anjiyogramı global ve bölgesel SV fonksiyonları, mitral kapak regürjitasyonu, varlığı ve derecesi ventrikuler septal defekt varlığı ve lokalizasyonu hakkında önemli bilgiler verir. Bölgesel duvar hareket bozukluğu (hipokinezi, akinezi, diskinezi) önceki infarktusun yerini gösterir, yaygın hareket bozukluğu (diffuz hipokinezi) ise dilate kardiyomiyopati ile Mİ sonrası tamamlanmış SV remodelinginin bulgusudur.

SV anjiyografisi için çoğunlukla ucu kıvrılmış Pigtail kateter; mitral kapığın (postero-medial yaprağın) altına yerleştirilir; çoklu yan-delikli Pigtail kateterin kullanılmasının avantajı ventrikül duvarı perforasyonunun bertaraf edilmesidir. Sol anterior oblik projeksiyonda önceden ayarlanabilen otomatik basınçlı injektör ile az miktarda kontrast boya (yaklaşık 35- 45 ml) basınçla hızla (4 ml/sn) SV boşluğuna verilir. Floroskopi altında Kontrast ile doldurulan boşluğun sineanjiyografi ile sürekli kaydı alınır; sistolik ve diastolik volümlerin hesaplanması ile SV EF'si, duvarların sistol ve diastoldeki hareketleri ile dölgesel hareket bozukluğu değerlendirilir. Sol atriyum boya kaşışı ile (boyanın miktarı, atriyumun esmerleşme derecesi) mitral regürjitasyonu teşhis edilir.

Aortografi: Aort köküne (Aort yaprakcıkların) çıkan aortaya valsalva sinuslerinin hemen 2 cm üzerinden kontrast maddenin pompa ile bolus şeklinde injekte edilmesi ve sol anterior oblik projeksiyonda görüntülenmesidir. Genellikle aort regürjitasyonun (AR) değerlendirilmesi veya koroner By pass cerrahisi geçirenlerde safen ven greftlerin, bulunması, çıkan aort disseksiyonunun teşhisinde (transözefajyal ekokardiyografi, kontrast MRI öncesi)

kullanılmaktadır. Çoklu yan delikli pigtail kateter seçilmelidir. Aort kapak yetersizliği sonucunda SV'ye geri kaçan kontrast boyanın miktarına bağlı olarak SV opaklaşmasının derecesi ve kayboluş hızına göre AR'nin şiddeti ve ciddiyeti derecelendirilir (Tablo- 7. 1).

Koroner Anjiyografi İndikasyonları

Koroner arter hastalığı (KAH) ve klinik manifestasyonlarının yaygınlığına paralel olarak, günümüzde erişkinlerde en sık kullanılan invazif tanı yöntemidir. Koroner arter hastalığının varlığı ve ciddiyetini tayin etmek için uygulanır. Örneğin:

- **Koroner arter hastalığı bilinen veya bilinmeyen, veya şüphelenilen hastalarda gelişen** asemptomatik yeni EKG değişiklikleri, açıklanamayan aritmi, hemodinamik bozukluk meydana gelmesi. Özellikle hikayesinde geçmişte miyokard infarktüsü, PKG ve ACBG bulunanlar.
- **Stabil anginalı hastalarda** yakında semptomların sıklığı ve şiddetinin, nitrat ihtiyacının artması durumunda KAH'ın regresyonunu araştırmak.
- **Kalp yetersizliğinde** tedaviye rağmen tekrarlayan dekompansementasyonlarda altta yatan KAH'a bağlı reversibl iskeminin araştırılması.
- Primer PKG'ye giden **akut koroner sendrom hastalarında** sorumlu koroner arter ve lezyonun yerini ve işleme uygunluğunu araştırmak için hemen PKG öncesinde koroner anjiyografi yapılır.
- **Akut koroner sendromlarda** hasta başlangıçta reperfüzyon tedavilerine (primer PKG, ACBG) gitsin gitmesin hastanede tekrarlayan iskemi, hemodinamik bozukluk, hipotansiyon hemodinamiği bozan supraventriküler aritmiler ve de mekanik komplikasyon gelişiminde erkenden koroner anjiyografi ile kalp kateterizasyonu.
- **Açık kalp ameliyatına giden erişkinlerde** ($\geq 50-55$ yaş) özellikle KAH hikayesi ve risk faktörleri bulunanlarda eşlik eden anlamlı KAH'ın ve konjenital koroner anomalisinin saptanması durumunda gerekirse mevcut koroner patolojinin aynı seansta cerrahi revaskülarizasyonu veya onarılması.

Koroner anjiyografi kontrindikasyonlar

Hayati riski oldukça düşük komplikasyon oranından dolayı genel olarak kontrindikasyonları çoğunlukla sırtüstü yatamayan, hemodinamiği ve genel durumu bozulmuş hastalar ile sınırlandırılmıştır. Ancak indikasyon zorunlu ise altta yatan mevcut bozukluk düzeltildikten sonra kalp kateterizasyonu yapılabilir bundan farklı olarak kontrast boya kullanılıp anjiyografi yapılacaklarda kontrast alerjisi özel bir kontrindikasyondur ancak bu sorun işlem öncesinde anti alerjik tedavi verilerek ve non-iyonik kontrast kullanılarak aşılabilir (**rölatif kontrindikasyonlar**); örneğin:

- Dekompanse KY (akciğer ödemi).
- Kontrolsüz ventriküler iritabilite: Ventriküler taşiaritmiler ve hodinamiyi bozan taş- bradi- aritmiler.
- Kontrolsüz sistemik Hipertansiyon.
- Akut böbrek yetersizliği.
- Periferik arter hastalığına bağlı damara girişin güçlüğüle sağlanması.
- Elektrolit bozuklukları: Hipopotasemi, Hiperpotasemi.
- Dijital intoksikasyonu.
- Aktif infeksiyon ve ateşli durumlar.
- Kontrolsüz kanama diyatezi; derin anemi, aktif iç organ kanaması,
- Anjiyografi için Kontrast madde alerjisi.
- Bilincin tam olarak açık olmaması.

- Bilinci açık olan kişinin işlemin yapılmasını onaylamaması, izin vermemesi veya kateterizasyon laboratuvarının personel, cihaz ve diğer olanaklarının yetersiz olması yegane mutlak kontrindikasyonlardır.

Komplikasyonlar

Merkezin işlem sayısı ile deneyimin de artması sonucunda komplikasyon sıklığı azalmıştır.

a) Major komplikasyonlar: Toplam %0.2- 0.3 sıklıkta ölüm, AMİ ve serebrovasküler olay gelişir. Ölüm %0.1- 0.2 sıklıkta görülmekte olup başlıca

sebepleri: Kalp perforasyonu, malin taşiaritmiler, AMİ, veya kontrast anaf-laksisidir.

- Mortalite riski yüksek hastalar (risk %2.8): >70 yaşında hastalar, NYHA'ya göre fonksiyonel sınıfı -4 olan KY'li veya anginalı hastalar; ağır SV disfonksiyonu (EF<%25); ciddi ve yaygın KAH (LMCA [sol ana koroner arter], aorto-ostiyal hastalık, 3-damar hst); hemodinami-ği ciddi derecede bozuk kapak hastalığı ile birlikte SV disfonksiyonu. Ağır vital komorbid durumlar (böbrek, karaciğer, akciğer hastalıkları). Bilinen kontrast allerjisi.

b) Minör komplikasyonlar: Hastane uzun yatış süresi, lokal cerrahi giri-şim ve transfüzyon ihtiyacı gibi morbiditeyi artırabilirler, ancak mortaliteye etkileri yoktur.

c) Lokal Vasküler Komplikasyonlar (%0.5- 1.5): Genellikle, giriş yerinde damarın ponksiyonu sırasında ön ve arka duvarının mihlanır gibi delinip geçilmesi veya arter ve venin ikisinde aynı ponksiyonda delinmesi ve de aynı damara birden fazla onksiyon yapılması sonucunda gelişir; başlıca giriş yeri komplikasyonları:

- Arteriyel okluzyon, büyük hematoma, psödoanevrizma, Arterio-venöz fistül.
- Kasığın kompresyonuna bağlı lokal sinir hasarı.
- Distal embolizasyon, kolesterol embolileri.

Allerjik reaksiyonlar: Kontrast maddeye bağlı değişik allerjik reaksiyonlar (anaflaksi çok seyrek) veya olumsuz etkiler (bulantı, kusma ve geçici körlük gibi) meydana gelebilir. Allerjisi olanlarda işlem öncesi koruyucu İV antihistaminik ve steroidler yapılmakta ve işlem sırasında "Noniyonik kont-rast madde" kullanılmaktadır.

Kontrast nefropatisi: Fazla miktarda kontrast madde verilmesi özellikle yaşlılarda alta yatan renal disfonksiyonu bulunan diyabetik hastalarda akut böbrek yetersizliğine kadar giden böbrek hasarına sebep olabilir. **Kontrast nefropatisinin geçerli tek tedavisi korunmadır:** (a) Öncelikle hastanın nor-mal hidrasyonu sağlanır, kullanmakta olduğu diüretik tedavi işlem öncesi

günlerde kesilir ve (b) işlem sırasında kullanılacak kontrast miktarı kısıtlanır ve hastanın vücut düzeyi ile serum kreatinine göre hesaplanmalı, noniyonik kontrast madde tercih edilir. Ek olarak; (c) kateterizasyon öncesi oral Ho-mosistein ve bikarbonat infüzyonu verilebilir. (d) Kateterizasyon sonrasında verilen kontrastı dilüe etmek için 6-12 saatte yarısı İV toplam 2 litre verilir.

Fazla miktarda kontrast madde verilmesi renal disfonksiyonu olan has-talar ve diyabetiklerde böbrek yetersizliğine sebep olabilir. Sol kalp kateteri-zasyonundan birkaç saat önce hastanın hidrasyonu ve işlem öncesi ve sonra-sında oral homosisteyin ile %045 saline böbrek fonksiyonunda kötüleşmeyi önleyebilir.

Böbrek yetersizliğinden (**kontrast nefropatisi**) **korunma:** Aşağıdaki ön-lemeler dikkate alındığında, Hipoozmolar, noniyonik kontrast (iodixanol) nefropati riskini azaltır, ancak

- a- İşlem sırasında kullanılacak kontrastın miktarı hastanın vucut yüzeyi ve serum kreatinin düzeyine göre hesaplanması (kontrast kullanımı <30 mL ile sınırlandırıl-malı.).
- b- Noniyonik kontrast madde kullanılmalı.
- c- Kateterizasyon öncesi oral Homosistein verilmesi (600 mg günde iki defa) ve bi-karbonat infüzyonu yapılması (3 amp bikarbonat, saatte 3 mL/kg işlemde bir saat önce, saatte 1 mL/kg ile işlemde ve sonrasında 6 saat infüze edilir).
- d- Kateterizasyondan önce Diüretik kullananlarda, diüretik dozu atlanmalı ve özel-likle diabetiklerde hidrasyon kontrol edilmeli.
Gerekirse işlem sırasında hasta İV sıvı ile desteklenmeli.
- e- Kateterizasyondan sonra ilk 6-12 saatte yeterli sıvı alımı (1.5- 2 litre).

Hemodinamik Ölçümler

Kalp kateterizasyonu sırasında kalp boşlukları ve sağ ve sol kalpten çıkan büyük damarların içinden direk kaydedilen, ölçülen kan basınçları ve alınan kan örneklerinde tayin edilen oksijen satürasyonları çeşitli formüllerle kalbin atım hacmi (Fick denklemi), debisi ve aort ve mitral kapak alanları (Gorlin for-mülü) ve de sistemik ve pulmoner damar dirençleri hesaplanabilir.

Sağ ve sol kalp basınçlarının normal değerleri:

SOL VENTRİKÜL (mmHg) Sistolik: 100-140 Diastol-sonu: 3-12	SAĞ VENTRİKÜL (mmHg) Sistolik: 15-30 Diastol-sonu: 2-8
Aort (mmHg) Sistolik: 100-140 Ortalama: 70-105	Sağ atriyum (mmHg) Ortalama: 2-8
Kardiyak İndeksi: 2.6-4.2 L/min/m ²	Pulmoner arter: (mmHg) Sistolik: 15-30 Ortalama: 9-18
Arteriyel oksijen saturasyonu (%): 93-98 Arteriyo Venöz oksijen farkı (mL/L): 30-50	PKUB (mmHg) = (Sol atriyum): Ortalama: 2-12

Tanı amaçlı kalp kateterizasyonunun İndikasyonları

Temel indikasyon

Non-invazif yöntemlerin pratik olması ve hastalara kolayca uygulanabilmesi; ve kardiyovasküler yapıların görüntü, anatomi ve fonksiyonunu üç boyutlu görüntüler ile (perfüzyon sintigrafisi, ekokardiyografi gibi) değerlendirilebilmesi noninvazif yöntemlerin başlıca avantajlarıdır: Böylece invazif girişime gerek kalmadan kalp boşluklarının boyutu, ventriküllerin fonksiyonları ve özellikle mitral ve aort kapak yapıları, alanları ile darlığın derecesi ve eşlik eden kapak regürjitasyonlarının varlığı, tipi ve derecesi invazif girişime gerek kalmadan süratle değerlendirilebilir.

Dolayısı ile kalp kateterizasyonunun günümüzde primer indikasyonu:

Noninvazif tanı yöntemlerinin yetersiz olduğu veya sağlanan bulguların hastanın Klinik fizik muayene ve diğer tanı yöntemlerinin bulguları ile örtüşmediği durumlarda; mevcut klinik tablonun aydınlatılması için kalp kateterizasyonu kuvvetle indikedir.

- Noninvazif teşhis yöntemlerinin tanısal değerinin azaldığı durumlar; örneğin: (a) Transtorasik Ekokardiyografi toraks deformitelerinde ve

kalp ve göğüs duvarı arasında ekojenitesi düşük KOAH'da hava ile şiş akciğer dokusu, gebelerde iri göğüs dokusu ve atletlerde gelişmiş göğüs duvarı adaleleri bulunması durumunda transtorasik ekokardiyografinin tanısal değeri ve güvenilirliği azalır. (b) Egzersiz testi ve egzersiz miyokard perfüzyon sintigrafisi egzersiz yapamayan hastalarda (morbid obez, >75 yaş ve engelliler) ve EKG'sindeki yeni gelişen ST-T dalga değişikliklerinin gelişimi ile değerlendirilen stres testleri kalıcı EKG değişiklikleri bulunan hastalarda duyarlılığı düşük (yanlış pozitif) olduğundan kısmen kontrindikedir ve tanısal değeri düşüktür (sol ventrikül hipertrofisi, komplet sol dal bloğu, geçirilmiş anterior Mİ sekeli, Brugada ve WPW sendromu gibi). Ayrıca egzersiz testi miyokardiyumun katekolaminlere duyarlılığı ile akut kardiyak arrest riski artmış olgularda da ekolinin kontrindikedir (aort semptomlu ciddi kapak darlığı, akut koroner sendromların akut fazı).

- Sağ ve/veya sol kalp kateterizasyonunun tanısal noninvazif test sonuçlarına rağmen gerektiği durumlar (**zorunlu indikasyonlar**): Bu tip indikasyonlar çoğunlukla tedavi amaçlı olup durumu kritik olan hastalarda uygulanmaktadır:

(1) Aort kapak valvuloplasti veya transarteriyel aort kapak implantasyonunda

sol kalp kateterizasyonu; mitral darlığında perkutan mitral balon valvotomide sağ, sol kalp kateterizasyonu işlem öncesi ve sonrası işlemin başarısının hemodinamik olarak göstermek için pulmoner kapiller uç basınç ile sol ventrikül diastol sonu basınçları arasındaki gradiyetin değerlendirilmesi için gereklidir.

(2) Vazodilatör ve vazopressör, inotropik ilaçlar gibi İV. **Farmakolojik tedavinin yönlendirilmesi ve titrasyonu** için **kardiyojenik şokta veya ağır kalp yetersizliğinde** sol kalbin dolum basıncını ölçmek için çoğunlukla koroner bakım ünitesinde yatak başı basınç dalgaları izlenerek sağ kalbe ve pulmoner artere sokulan balonlu pulmoner arter kateteri (Swan Ganz kateteri) ile sağ kalp ve pulmoner arter kateterizasyonu uygulanır.

(3) **Perkutan koroner girişimlerde** (PKG), özellikle **akut koroner sendromlarda primer PKG öncesi** sol kalp kateterizasyonu sol ventrikülün sistolik fonksiyonunu diastol sonu basıncını ölçerek değerlendirmek ve SV'e kontrast boya vererek ventrikülografi ile görülen segmenter kasılma bozukluğu ile infarkt arterini bulmak için uygulanır.

(4) Pulmoner arteriyel hipertansiyonda, tipini tayin etmek (primer, sekonder) ve medikal tedaviye (yanlış pozitif) yanıtını (arteriodilatör tedavi) belirlemek amacı için pulmoner artere Adenozin vererek değerlendirilir ("vazoreaktivite testi") ve sağ kalp kateterizasyonu ile Pulmoner arter ve pulmoner kapiler uç basınçları adenozin öncesi ve sonrası ölçülür. Adenozin sonrası Pulmoner arter basıncında anlamı düşüş reversibl pulmoner hipertansiyonu ve vazodilatör tedaviye cevaplılığı gösterir (= test pozitif).

HEMODİNAMİK DİYASTOLİK FENOMENLER

Konstriktif Perikardit

Konstriktif perikarditte esnekliğini kaybetmiş kalsifik, kalınlaşmış Perikardiyumun sıkıştırması ile kalbin dolumu kısıtlanır. Sıkıştırılmış sağ ventrikülün doluşu sırasında (inspiryumda) interventriküler septumu SV içine iter ve sol ventrikül dolumunu kısıtlayarak dolar. Dolayısı ile sonuçta global kalp konstriksiyonuna sebep olan **konstriktif perikardit atım hacminin düşüşüne neden olan kalbin global hipodiyastolisi, hipovolemisidir.**

Tipik hemodinamik bulguları

- Kusmaul bulgusu (sağ atriyum basıncının inspiyatuar doluşu), M veya W şeklinde sağ atriyum basıncı ve "kare-kök" işareti şeklinde (**dip-plateau**) SV diyastolik dolumu: erikardiyal sıkıştırma ile ventriküler erken hızlı diyastolik doluşun birdenbire kesilmesi ile sağ atriyum ve juguler venlerdeki basınç dalgalarında **M/W formu** gösterir (**Fig- 7. 14**).
- Bu hemodinaminin sol kalbe yansıması arteriyel basınçta görülen **Pulsus paradoksustur** (inspiryumda arteriyel basınçta 10-20 mmHg' den fazla düşüş).

Diyastol sırasında doluşta **sol ventrikül ve sağ ventrikül basınçlarının eşitlenmesi (matching)** kalıcı ve süreklidir (**Fig- 7. 15**). Konstriktif ve restriktif fizyolojiyi ayıran en duyarlı bulgu sağ ventrikül (SĞV) ve sol ventrikül (SV) sistolik basınçlarının dinamik solunumsal değişkenlikleridir. SĞV/SV sistolik basınçları restriktif kardiyomiyopatide konkordan durumda yükselir ve

düşer, konstriktif fizyopatolojide ise SĞV/SV sistolik basınçlarında diskordan solunum cevabı alınır (**Fig- 7. 16**).

• Restriktif ve Konstriktif fizyolojinin en önemli hemodinamik ayırıcı bulguları:

SĞV/SV diyastolik basınçlarının "konkordan" yükselip düşmesi restriktif kardiyomiyopatinin bulgusudur. Solunuma SĞV/SV basınçlarının "diskordan" cevabı konstriktif fizyolojinin ayırıcı özelliğidir. Sağ atriyal basınç karakteristik belirgin Y inişi ile klasik M veya W şekli konstriktif fizyolojidir.

a) Konstriksiyonda "dip ve plateau" (√) bulunur; interventriküler bağıllık, dayanışma (interdependence): İnspiryumla SĞV sistolik basıncı yükselirken SV sistolik basıncı düşer (**'diskordan cevap'**), pulmoner arter sistolik basıncı yükselir (>50 mmHg).

b) Restriksiyonda ise "Dip ve Plateau" bulunamayabilir; inspiryumda SV sistolik basıncı ve SĞV sistolik basıncı arasında 6 mmHg fazla fark oluşur; pulmoner arter sistolik basıncı <50 mmHg.

Sağ kalp kateterizasyonu

Hasta hikayesi, fizik muayene bulguları ve biyoşimik laboratuvar testlerine ve noninvazif tanı yöntemlerine rağmen konstriktif perikarditi kesin ve doğru teşhis etmek zor olabilir. Teşhis mutlak olmadığında, temin edilen tüm bilgilere rağmen tanın ekarte edilmesinde sağ kalp kateterizasyonu ile invazif tetkikler yardımcı olabilir.

Konstriktif perikarditin geleneksel hemodinamik kriterleri:

- Yükselmiş sağ ve sol ventrikül diyastolik basınçların 5 mmHg içinde eşitlenmesi (**Fig- 7.15**).
- Sağ ventrikül sistolik basıncı <55 mmHg.
- Ortalama sağ atriyum basıncı >15 mmHg.
- Sağ ventrikül diyastol-sonu basıncı sağ ventrikül sistolik basıncının 1/3'den daha büyük (Dar nabız basıncı).
- Konstriktif perikarditte İntratorasik basınçların solunumsal değişikliklerin kalp boşluklarına iletilememesi sonucunda inspiyasyonda sol kalbin dolumunun sağ kalbe göre düşmesine yol açar. Hastanın diyastolik basınçları hemodinamik bulguları etkileyebilir.

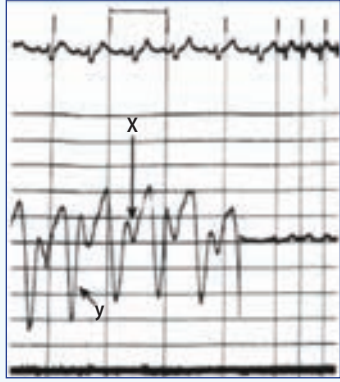


Fig- 7. 14: Konstriktif fizyoloji gösteren sağ atriyum basınç dalgası. Büyük Y ve küçük X inişleri ile («M, W şekli»).

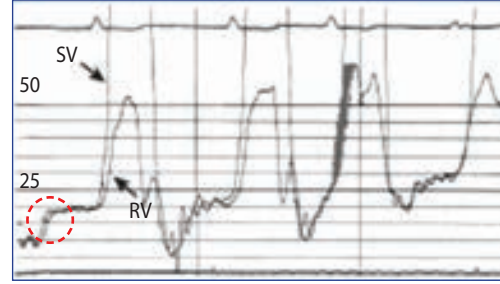


Fig- 7. 15: Konstriktif perikarditte eşzamanlı sol ve sağ ventrikül (LV, RV) basınç kaydı: İki diyastolik basıncın eşitlenmesi (noktalı çember) ayırıcı bir özelliktir. Sistolik basınçta solunumsal dinamik değişiklikler (Fig- 7.16' da) en tanısal bulgudur (noktalı ok; RV basıncı ve kesintisiz kalın ok; LV basıncı).

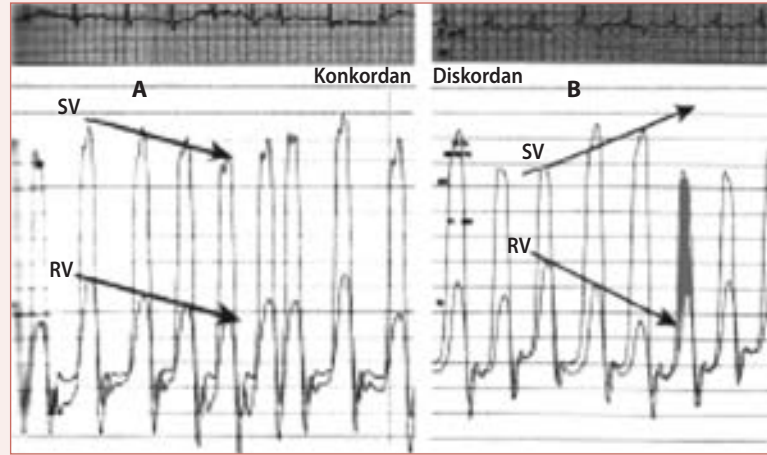


Fig- 7. 16: Konstriktif ve restriktif fizyolojide dinamik solunumsal değişim: Normal solunum aktivitesi sonucunda RV /SV sistolik basınçlarında paralel düşüş (konkordan durum). Bu bulgu restriktif kardiyomiyopati için çok tanısaldır (-solda). Şayet RV/SV sistolik basınçlar diskordan davranırsa konstriktif perikard hastalığından bahsedilir.

Restriktif Kardiyomiyopati

Restriktif kardiyomiyopatinin (RKMP) ayırıcı tanısına diyastolik disfonksiyonun tüm sebepleri dahil edilir. Ejeksiyon fraksiyonu korunmuş KY'nin en yaygın görülen şekli tipik olarak ileri yaş, hipertansiyon, diyabet, obezite, koroner arter hastalığı (KAH) ve sol ventrikül hipertrofisi ile ilgilidir. Bazı özel özellikler, RKMP'yi düşündürür. **...düşük- normal kan basıncı, genç yaş, özel klinik tablo ile orantısız yüksek BNP düzeyi, KAH yokluğuna rağmen devamlı yüksek seyreden troponin değeri, EKG'de düşük voltaj, artmış SV kitlesi ve perikardiyal effüzyon gibi bulgular...** ayırıcı tanıya yardımcı olabilir. RKMP ve kalp yetersizliğinin diğer nedenleri arasındaki düşük prevelansı, KY ile klinik örtüşmesi, sonuçta hastalığın teşhisini zorlaştırır.

®- Aşağıdaki kriterlerin yokluğunda konstriktif perikarditin ayırıcı tanısında teşhis restriktif kardiyomiyopati lehinedir.

Diyastolik basınçların eşitlenmesinin önemli sebepleri, ayırıcı tanıda düşünülmalıdır:

- Restriktif kardiyomiyopati.
- Kardiyak tamponad.
- Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve pnömotoraks (akciğeri fazla şişirmesi, "pulmonary hyperinflation")
- Dilate kardiyomiyopati (son evre ileri KY'de tüm dolum basınçları yükselebilir).
- Atriyal septal defekt.
- Volum kaybı (tüm dolum basınçları düşük olduğunda).

Daha başlangıçta, KP'den ayırt edilmesi zorunludur. RKMP'nin spesifik tedavisi yoktur, buna karşılık KP cerrahi perikardiyektomi ile muhtemelen tedavi edilebilir. Heriki patolojik süreçte RKMP'de anormal miyokardiyum elastikliği, KP'de perikardın dıştan sıkıştırması ile azalan SV boşluğu kompliyansı önemli bulgulardır: Ancak miyokardiyal relaksasyon RKMP'de bozuk, KP'de ise normaldir.

RKMP tanısal bulguları ve semptomlarının benzerliğinden dolayı etyolojisi de KP ile karışır. Hasta hikayesi ve klinik profilinden, çoğunlukla

ikisi birbirinden ayırt edilemez. Ayrıca perikard ve miyokardın her ikisini de etkileyen radyasyon tedavisinde her iki durum birlikte bulunabilir. İki durumun ayırt edilmesine yardımcı olacak bazı klinik özellikler:

Klinik Özellikler	Konstriktif Perikardit:	Restriktif Kardiomyopati:
Hikaye	Perikardit veya perikard hastalığına sebep olan hikaye	Sistemik hastalık hikayesi (eg, amiloidoz, hemokromatozis)
Genel muayene	Sistemik hastalığın periferik izleri, bulguları
Sistemik muayene ve kalp sesleri	"Pericardial knock" Üfürüm yok.	Diyastolik doluş sesinin S ₃ bulunması, MR ve TR'nin düşük frekanslı ses ve üfürümleri.
Önceki Göğüs radyografisi	Perikard kalsifikasyonu	Önceki göğüs radyografisi sonucu normal

Kardiyak kateterizasyon

Yükselmiş Sağ kalp basınçlarının ventrikülden alınan kayıtları, tipik venöz dalga paterni, ventriküler diyastolik basınçlarda "kare-kök işareti; ("deep and plateau") - diyastolün başında hızlı erken düşüş ile platoya hızlı yükseliş (erken diyastolda), gibi major kalp kateterizasyon bulguları KP ve KP'de birbirine benzerdir; ventriküler basıncın kare-kök işareti veya deep-plateau bulgusu belirgin iniş ve platoya hızlı yükseliş olarak atriyal basınç izleminde de kendini gösterir. Aşağıdaki gibi birkaç kriter perikardiyal bozukluk lehinedir:

Konstriktif Perikardit ve Restriktif Kardiomyopatinin araştırılması:

Araştırma	Konstriktif Perikardit	Restriktif Kardiomyopati
Göğüs radiografisi	Perikardiyal kalsifikasyon	Kardiyotorasik oranın artışına sebep olan atriyal dilatasyon; normal ventrikül büyüklüğü.
CT tarama/MRI	Perikardiyal kalınlaşma	Perikardiyal kalınlaşma yok.
Ekokardiyografi	Ventriküller ve atriyumlar normal büyüklükte; perikardiyal effüzyon gözlemlenebilir.	Dilate, hipertrofi olmayan ve normal kasılan ventriküller, ve her iki atriyumda belirgin dilatasyon
Ekokardiyografide Doppler akım hızları	İnspirasyon sırasında zirve trans-mitral diyastolik akımda düşme gibi solunumsal değişiklikler; sağ ve sol kalbin dolum basınçlarının eşitlenmesi	Solunumsal değişiklikler yok; sol tarafın dolum basınçlarında daha fazla artış.
Kateterizasyonda hemodinamikler: 1) SĞVSB 2) SĞVEDB: SĞVSB oranı 3) SĞVEDB/SVEDB eşitlenmesi	1) = 50 mm Hg 2) = 0.33 3) = 5-mm Hg fark	1) = 50 mm Hg 2) = 0.33 3) = 5-mm Hg fark
Kardiyak biyopsi	Normal miyokardiyum	Perikardiyal kalınlaşma yok.

CT = kompüterize tomografi; SVEDB = sol ventrikül diyastol sonu basıncı; MRI = magnetik rezonans görüntüleme; SĞVEDB = sağ ventrikül diyastol sonu basıncı ; SĞVSB = sağ ventrikül sistolik basıncı.

KAYNAKLAR

Kitabın yazımında kullanılan temel kaynaklar özellikle tıp öğrencilerinin konuyu daha iyi anlamaları için kitabın yazımında faydalandığım ve birçok benzer kitapta da atıfta bulunan geleneksel ve standart kaynaklar iki başlık altında (Temel ve Bölüm kaynakları gibi) verilmiştir.

A. Temel kaynaklar:

1. Enar R. Kardiyak semptomatoloji. In Enar R editör. Temel kardiyoloji Semiyoloji ve Kardiyovasküler hastalıklar. İstanbul Nobel Tıp kitapları; 2007, sayfa 25-85.
2. Enar R. Semiyoloji. In Enar R editör. Temel kardiyoloji .Semiyoloji ve Kardiyovasküler hastalıklar. İstanbul Nobel Tıp kitapları; 2007. sayfa 85-305.
3. Umman S, Sezer M. Teleradyografi. In Enar R editör. Temel kardiyoloji. Semiyoloji ve Kardiyovasküler hastalıklar. İstanbul Nobel Tıp kitapları; 2007, sayfa 305-317.
4. Payzın S. Elektrokardiyografi. In Enar R editör. Temel kardiyoloji .Semiyoloji ve Kardiyovasküler hastalıklar. İstanbul Nobel Tıp kitapları; 2007, sayfa 367-389.
5. Enar R editör: Temel kardiyoloji. Kalbin Fizik Muayenesi: Tekniği ve Klinik İpuçları. İstanbul Nobel Tıp kitapları; 2012.
6. Enar R. Tanı amaçlı peruktan invazif girişimler. In Enar R editör: Pratik invazif kardiyoloji: Klinik ve Teknik ipuçları. İstanbul Nobel Tıp kitapları; 2015, sayfa 15-179.
7. Enar R. Ventriküler taşikardi. In Enar R editör: Ani kalp ölümü: Klinik ve Teknik İpuçları ile: Temel ve İleri Yaşam Desteği. Akut Tedavi ve Korunma. İstanbul Nobel Tıp kitapları; 2016, sayfa 245- 355.
8. Hurst JW. Cardiovascular diagnosis The Initial Examination. Mosby-Wolfe Medical Communications 1993.
9. Friedman H H. Diagnostic Electrocardiography and Vector-cardiog-

raphy. McGraw-Hill Book Company,1986.

10. Abrams J. Essentials of Cardiac Physical Diagnosis. Lea&Febiger. Philadelphia1987.

B. Bölüm kaynakları:

Bölüm -1:

(Kardiyovasküler fizik muayene)

1. Enar R. Kanıtı Dayalı Akut Miyokard İnfarktüsü Kitabı. Nobel Tıp Kitabevleri. 2005 sayfa 733-748.
2. Abaoğlu- Aliksyan. Demptomdan Teşhise (Onuncu baskı). Filiz Kitabevi. 2000, sayfa 457-532.
3. Hurst JW. Cardiovascular Diagnosis The Initial Examination. Mosby-Wolfe Medical Communications.1993. p. 36-71.
4. Hurst JW. Morris DC. Cardiac Pain. Futura Publ Co.,Inc. 2001.p. 43-51.
5. Hurst JW. Cardiovascular Diagnosis The Initial Examination. Mosby- Wolfe Medical Com. 1993.p. 36-71.
6. Abrams J. Essentials of Cardiac Physical Diagnosis. Lea & Febiger. 1987, 185- 205.
7. Richardson TR, Moody JM. Bedside Cardiac Examination: Constancy in a Sea of Change. Mosby. Current problems in Cardiology 2000; Volume 25 Number: 11. P. 786- 821.
8. Chizner MA. Diagnosis of Heart Disease by Clinical Assessment Alone. Current problem in cardiology. Mosby2001; Volume 26, Number 5: p. 288- 366.
9. Schlant RC, Hurst JW. Examination of the Heart Examination of the 10- Precordium: Inspection and Palpation Part 3. American Heart Association1990.
10. Crawford HM. Examination of the Heart Inspection and Palpation of Venous and Arterial Pulses. Part 2. American Heart Association 1978.
11. Shaver JA, Leonard JJ, Leonard DF. Examination of the Heart Auscultation of the Heart. Part 4. American Heart Association, 1972.
12. Harvey WP. Heart sounds and murmurs. Circulation. 1964; 30:262-271.

13. Rızkullah J, Jack M, Saeed M, Shafer LA. et al. Non-Invasive Bedside Assessment of Central Venous Pressure: Scanning into the Future. (PLOS ONE www.plosone.org. October 2014 | Volume 9 | Issue 10 e109215).

Bölüm-2:

(Elektrokardiyografi)

1. Birnbaum Y, Wilson JM, Fiol M et al. ECG Diagnosis and Classification of Acute Coronary Syndromes. Ann Noninvasive Electrocardiol 2014;19(1): 4-14.
2. Wellens HJJ, Brugada P. Diagnosis of ventricular tachycardia from the twelve lead electrocardiogram. Cardiol Clin 1987; 5:511-26.
3. Vereckei A, Duray G, Sze'na'si G, Altemose GT, Miller JM. Application of a new algorithm in the differential diagnosis of wide QRS complex tachycardia. Eur Heart J 2007; 28:589-600.
4. Morris F, Meek S. ABC of clinical electrocardiography. BMJ volume 324 23 February 2002.
5. Delacretaz E. Supraventricular tachycardia N Engl J Med 2006; 354: 1039- 51.
6. Mangrum JM, DiMarco JP. The evaluation and management of bradycardia. N Engl J Med 200; 342:10: 703- 9.
7. Roden DM. Drug- induced Prolongation of the QT interval. N Engl JH Med. 2004; 350.10: 1013- 22.
8. Wang K, Asinger RW, Marriott HJL. ST-segment elevation in other than acute myocardial Infarction. N Engl J Med 2003; 349: 2128- 35
9. Katriotis DG, Camm AJ. Atrioventricular Nodal Reentrant Tachycardia. Circulation. 2010;122: 831-840.)
10. Buxton AE, Waxman HL, Archlinski, FE et al. Right ventricular tachycardia: clinical and electrophysiologic characteristics. Circulation 68, No. 5, 917-927, 1983.
11. Akhtar M. Examination of the Heart. Electrocardiogram Part.5. American Heart Association. 1972.
12. Brugada P, Brugada J, Mont L. A New Approach to the Differential Diagnosis of a Regular Tachycardia With a Wide QRS Complex. Circulation 1991; 83:1649-1659.

Bölüm -3:

(Egzersiz EKG testi)

1. ACC/AHA practice Guidelines. ACC/AHA Guidelines for Exercise Testing. JACC Vol. 30, No. 1 July 1997: 260–315.
2. Springs D, Graham A. Exercise electrocardiography in the management of obstructive coronary artery disease and other cardiac disorders. MEDICINE;2014;42:8. 436-40.
3. AHA Scientific Statement. Exercise Standards for Testing and Training A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. Circulation. 2001; 104:1694-1740.

Bölüm -4:

(Göğüs Radyografisi)

1. Hhan MG. Guide to Chest X-ray Interpretation. In Khan MG editor. On call Cardiology. 3rd edition. Saunders Elsevier 2006.p. 243.
2. Duong M, Timoney P, Nicholas R. ABC's of Chest X-Rays. TSMJ Volume 2 2001: Clinical Medicine. www.tcd.ie/tsmj.
3. Ritter B. Basics of Chest X-ray Interpretation: A Programmed Study. Felson, B., Weinstein, A., & Spitz, H. Principles of Chest Roentgenology: A Programmed Text. Philadelphia: Saunders.1965.
4. Enar R. Göğüs radyografisi. In Enar R editör. Kanıta dayalı Kalp yetersizliği kitabı. Istanbul Nobel Tıp kitapçevleri 2010. sayfa 396- 403.
5. Eng P, Cheah FK. Interpreting chest X-ray. Illustrated with 100 cases Cambridge University Press. 2005.
6. Perez MT, Mondéjar RR, Hernandez L. Diagnosis of acquired heart disease in adults through chest radiography and CT correlation. DOI: 10.1594/ecr2015/C-0817.
7. Oliveira E, Manuel P, Alexandre J, Girão F. Phantom tumour of the lung. Lancet 2012; 380: 2028.
8. Saraya T, Ohkuma K, Hirata A, Nakamoto K. Phantom tumour of the lung. BMJ Case Rep 2013. doi:10.1136/bcr-2013-010457.
9. Kelly B. The Chest Radiograph. Ulster Med J. 2012 Sep; 81(3): 143–148.

Bölüm -7:

(Tanısal İnvazif Kardiyoloji)

1. Kay IP, Walker RJ. Kay IP, Sabate M, Who should not go to the cath-lab?: Costa M (eds). Cardiac Catheterization and Percutaneous Interventions Taylor & Francis Group, 2004.
2. Powell D, Moxey CF Diagnostic Catheterization: Watson S, Gorski KA (eds) Invasive Cardiology Jones & Barlett Learning 2011.
3. Sharkey SW (ed) Interpretation of Hemodynamic data in the coronary care unit Lippincott-Raven Publ. 1997.
4. Baim DS, Simon DI (eds) Percutaneous Approach, Including Transseptal and Apical Puncture/Baim DS Angiographic Techniques: Baim DS. Grosman's Cardiac Catheterization, Angiography, and Intervention Williams & Wilkins 2006.
5. Cardiac Catheterization and Percutaneous Coronary Intervention: Bender JR, Russell KS, Rosenfeld LE, Chaudry S (eds) Oxford American Handbook of Cardiology Oxford University Press 2011.
6. Ashley KE, Cho L Right Heart Catheterization/Anwaruddin S Left Heart Catheterization: Griffin BP, Topol EJ (eds) Manual of Cardiovascular Medicine Lippincott Williams & Wilkins 2009.
7. Davidson CJ, Bonow RO Cardiac Catheterization: Libby P, Bonow RO, Mann DL, Zipes DP (eds) Braunwald's Heart Disease Saunders Elsevier 2008.
8. Langev RA, Hillis LD. Diagnostic Cardiac Catheterization Circulation 2003; 107: 111e-113e.

İNDEKS

Hazırlayan: Dr. Orhan Furkan Karaca

A.	B.
A dalgası55	Balke protokolü339
Aberan iletimli Atriyal Taşikardi 242	Bat's wing.....382, 390
Akordeon karaciğer.....80	Beck triadı.....85
Akut Miyokard İnfarktüsü (AMI).....25,192	Bendopne38
Akut pulmoner embolizm.....291	Bifasiküler blok.....228
Akut pulmoner ödem38	Birinci derece blok.....221
Akut sağ kalp yüklenmesi.....292	Birinci kalp sesi100
Alveolar ödem392, 412, 419	Bisferiens nabız75
Angina dekubitis23	Bottle shape (su şişesi görünümü)....395
Ani kalp ölümü 44	Bruce protokolü.....338
Anjiyografi488	Brugada sendromu.....356
Anstabil Angina24	Butterfly.....390
Antidromik Atriyoventriküler Re-enteran taşikardi.....259	C.
Aort kapak alanı.....439	C dalgası.....55
Aort kapak darlığı.....126	Cafe de coronary.....32
Aort regürjitasyonu.....127	Cannon A dalgası59
Aort regürjitasyonunun vasküler fenomenlerinin128	Carey Coombs120
Aortografi489	Carvallo belirtisi.....80, 121, 135
Aorto-pulmoner pencere.....377	CCS (Canadian Cardiovascular Society) Sınıflaması123
Apikal pencere.....432, 358	Cheyne Stokes solunumu.....38
Arter Bronş oranı416	Corigan nabızı.....75
Atriyal aritmiler260	Cornell protokolü.....339
Atriyal erken atımlar.....303	Cuffing.....390
Atriyal fibrilasyon265, 33	CW doppler.....438
Atriyal flutter267, 310	Çan.....94
Atriyal taşikardi268,306	D.
Atriyo-Ventriküler iletim bloğu221	Dal bloğu.....207
Atriyoventriküler nodal Re-enteran taşikard.....247, 252	Delta dalgası.....255
Austin Flint' üfürümü 118, 120	Digoksin etkisi.....343
Azigos veninin dilatasyonu.....423	Diurnal veya sirkadiyen değişiklikler.....92
	Diyafram94
	Diyafram eventrasyonu388

Diyastolik arteriyel basınç.....	85	Hipokalemi	277
Diyastolik basınç.....	87, 90	Hipokalsemi.....	281
Dolaşımda yeniden dağıtım (redistribüsyon).....	415	Hipomagnezemi.....	280
Doppler.....	437	Hipotiroidizm.....	286
Dördüncü kalp sesi.....	105	İ.	
Duke Treadmill Skoru.....	345	İnspiratuar çiftleşme.....	104
Durozier ritmi.....	133	İkinci derece blok.....	222
Durumsal senkop.....	43	İkinci kalp sesi.....	102
E.		İnçleme.....	97
Efor dispnesi.....	37	İnsomnia.....	38
Egzersiz EKG ve hipertrofik kardiyomiyopati.....	349	İnterstisyel ödem.....	411, 417
Egzersiz elektrokardiyografi	319	İntertisyel ödem.....	392
Eisenmenger sendromu.....	49	İstirahat anginası.....	23
Ekspiratuar çiftleşme.....	104	J.	
Erken repolarizasyon.....	360	Janeway-lezyon.....	50
Evet, evet belirtisi.....	75	Juguler ven dalgaları.....	55
F.		K.	
Fantom tümörü.....	393	Kalbin aksı ve belirlenmesi.....	160
Farmakolojik stres testleri.....	464	Kalbin sağ kenarında 'çift kontur'	402
Fasiküler bloklar.....	228	Kalp kateterizasyonu.....	473
Fasiküler taşikardi.....	238	Kalp üfürümleri.....	113
Fonksiyonel 'masum' üfürümler	108	Kardiyak astma.....	46
G.		Kardiyak stres testleri.....	463
Gallaverdin fenomeni.....	121	Kardiyo-depresan manevralara cevap.....	247, 253
Graham Steel üfürümü.....	120,133	Kardiyopulmoner egzersiz testi	327
H.		Karotis sinüs senkopu.....	43
Hasta sinüs sendromu	218	Kavşak taşikardiler.....	247
Hemoptizi.....	41	Kelebek şeklinde döküntü.....	50
Hepatojugular Reflü (HJR) Testi	56	Kerley A çizgileri.....	411
Herpes Zoster.....	30	Kerley B çizgileri.....	382, 391, 411
Hızlı-yavaş reentri.....	249	Kerley C çizgileri.....	411
Hiperakut T dalgası.....	201	Kerley septal çizgileri.....	390
Hiperkalemi.....	275	Kısa QT.....	355
Hiperkalsemi.....	282	Kifoskolyoz.....	48
Hipermagnezemi.....	279	Killip-Kimball sınıflaması.....	122
Hipertansif Kalp Hastalığı.....	125	Konstriktif perikardit	397,496
Hipertansiyon ve Kan Basıncı Sınıflaması	124	Kontrast maddeler.....	488
Hipertiroidi.....	284	Kontrast nefropatisi.....	492
Hipertrofik kardiyomiyopati	135, 359	Koroner anjiyografi.....	488
		Korotkoff sesleri.....	86
		Kronik obstrüktif akciğer hastalığı.....	289

Kussmaul belirtisi.....	58	periferik venöz kollaps.....	60
L.		Periferik Venöz Kollaps Teknikleri.....	61
Lateral göğüs grafisi.....	385	Perikardiyal effüzyon.....	413
Levin işareti	46	Perikardiyal sürtünme sesi.....	107
Levine bulgusu.....	26	"Platipne-Ortodoksiya sendromu"	37
M.		Polimorfik ventrikül taşikadisi.....	240
Maksimum vuru noktası.....	79	Posteroanterior göğüs radyografisi	384
Miksödem.....	48	Posterior göğüs derivasyonlarının yerleşimi.....	197
Mitral darlığı.....	132	PR intervali.....	166
Mitral kapak alanı	439	Prinzmetal angina.....	23
Mitral kapak prolapsusu.....	130	Pulmoner arter kateterizasyonu.....	481
Mitral regürjitasyonu.....	129	Pulmoner arter sistolik basıncı.....	440
Miyokard perfüzyon sintigrafisi	453	Pulmoner arter uç basıncı.....	478
Miyokardiyal iskemi.....	184	Pulmoner vasküler dağılımın değişmesi	392
Modifiye Bruce protokolü.....	338	Pulmoner venöz hipertansiyon.....	392
Mondor hastalığı.....	30	Pulsatil karaciğer.....	80
Monomorfik Ventrikül Taşikardisi.....	233	Pulsus alternans.....	74
Multifokal atriyal taşikardi.....	307	Pulsus paradoksus.....	74
N.		Pulsus paradoksus.....	75
Naughton protokolü.....	339	Pulsus parvus et tardus.....	75
New York Kalp Cemiyetinin sınıflaması	121	PW doppler.....	438
Nortürnal angina.....	23	Q.	
Nörokardiyojenik senkop.....	43	QRS kompleksi.....	167
O.		QT intervali.....	173
Orner sendromu.....	132	R.	
Ortodromik Atriyoventriküler Re-enteran taşikardi.....	258	Radyofarmasötikler.....	453
Ortopne.....	37	Ramp protokolü.....	339
Ortostatik hipotansiyon.....	91	Regürjitan üfürümler.....	120
Ortostatik senkop.....	43	Renkli akım Doppler.....	437
Osler-nodülleri.....	50	Restriktif kardiyomiyopati.....	499
Ö.		Retrotrakeal üçgen.....	374
Ödem.....	62	Roth-spot.....	50
P.		S.	
P dalgası.....	162	Sabit- S2 çiftleşmesi.....	104
Paradoks- S2 çiftleşmesi.....	104	Sağ aks.....	162
Parasternal pencere.....	430	Sağ atriyal dilatasyon ve hipertrofi.....	176
Paroksizmal atriyal taşikardi.....	304	Sağ dal bloğu.....	209, 223
Paroksizmal noktürnal dispne.....	37	Sağ kalp kateterizasyonu.....	478
Peribronchial cuffing.....	411	Sağ ventrikül çıkış yolu taşikardisi.....	238
Periferik siyanoz.....	49		

Sağ ventrikül hipertrofisi.....	181	tatil- sendromu kalbi.....	42
Sağ ventrikül infarktüsü.....	196, 205	Tc-99m MIBI (Sestamibi).....	454
Santral siyanoz.....	49	Tietze sendromu.....	30
Sefalizasyon.....	389	Tombstone.....	200
Senkop.....	42	Torsades de Pointes taşikardi.....	239
Sessiz kalp.....	84	Transfer kalp çapı.....	379
Sessiz mitral.....	133	Transözofajiyel ekokardiyografi.....	443
Sessiz prekordiyum.....	84	Transtorasik ekokardiyografi	425
Sinüs aritmisi.....	303	Trepopne.....	38
Sinüs bradikardisi.....	217	Trifasiküler blok.....	228
Sinüs taşikardisi.....	263	Triküspid darlığı.....	134,293
Sistolik arteriyel basınç.....	85	Triküspid regürjitasyonu.....	134,293
Sistolik basınç.....	90	Tril	79
Siyanoz.....	48	U.	
Sol aks.....	162	Uzun QT sendromu.....	353
Sol aks deviasyonu.....	160	Ü.	
Sol anterior hemiblok.....	228	Üçüncü derece blok	223
Sol atriyal dilatasyon veya		Üçüncü kalp sesi.....	105
hipertrofisi	175	V.	
Sol dal bloğu.....	207, 225	V dalgası.....	55
Sol kalp kateterizasyonu.....	484	Vasküler pedikül.....	421
Sol kalp pozisyonu.....	78	Vasküler redistribution	
Sol posterior hemiblok.....	228	(yeniden dağıtım).....	409
Sol ventrikül büyümesi.....	380	Vazovagal (Nöral) senkop.....	43
Sol ventrikül hipertrofisi	176	Ventriküler erken atımlar.....	304
SPECT.....	457	Ventriküler fibrilasyon.....	240
Splinter hemoraji.....	50	Ventriküler flutter	240
ST segment depresyonu.....	189	Ventriküler taşiaritmiler	230
ST segment elevasyonu.....	191	Ventriküler taşikardi.....	313
ST segmenti	171	W.	
Stabil angina pektori.....	22	W. Proctor Harvey.....	136
Stemmer bulgusu.....	73	Water- hammer	75
Steteskop.....	93	Wellens sendromu.....	214
Subaraknoidal kanama.....	288	Wolf- Parkinson- White	
Subkostal pencere.....	436	sendrom.....	244, 308
Subksifoyidal muayene.....	84	X.	
Submaksimal egzersiz testi.....	327	X inişi.....	55
Suprasternal pencere.....	436	Y.	
Swan-Ganz kateteri.....	481	Y inişi.....	55
T.		Yavaş hızlı reentri.....	249
T dalgası.....	171		
Tahterevalli hareketi.....	78		