



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KARDİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**EKOKARDİYOĞRAFI İLE SİSTOLİK PULMONER
ARTER BASINÇ HESAPLANMASINDA
SAĞ ATRİYAL BASINÇ TAHMİNİNDE KORONER
SİNÜS ÇAPI VE KOLLAPSİNİN KULLANIMI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Gündüzalp SAYDAM

Antalya, 2018



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KARDİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**EKOKARDİYOĞRAFI İLE SİSTOLİK PULMONER
ARTER BASINÇ HESAPLANMASINDA
SAĞ ATRİYAL BASINÇ TAHMİNİNDE KORONER
SİNÜS ÇAPI VE KOLLAPSİNİN KULLANIMI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Gündüzalp SAYDAM

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ünal GÜNTEKİN

“Kaynak gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

Antalya, 2018

TEŞEKKÜR

Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlanma fırsatını bulduğum başta tez danışmanım Doç. Dr. Ünal GÜNTEKİN ve değerli hocalarım Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. İbrahim DEMİR, Prof. Dr. Ali Selim YALÇINKAYA, Prof. Dr. Aytül BELGİ YILDIRIM, Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ, Prof. Dr. Cengiz ERMİŞ, Doç. Dr. İbrahim BAŞARICI, Doç. Dr. Umuttan DOĞAN, Doç. Dr. Refik Emre ALTEKİN, Doç. Dr. Murathan KÜÇÜK, Anabilim Dalı Sekreterimiz Aliye ONARAN'a

Kardiyoloji klinik, poliklinik ve anjiyografi laboratuvarında beraber çalışma fırsatı bulduğum başta Dr. Ali Yaşar KILINÇ olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma,

Her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen biricik eşim Zeynep Hatun SAYDAM, canım aileme ve aramıza henüz yeni katılan canım oğlum'a

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	v
Şekiller Dizini	vii
Tablolar Dizini	ix
Grafikler Dizini	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Pulmoner Hipertansiyon	3
2.1.1. Sınıflandırma	4
2.1.2. Tarama ve Tanı	5
2.2. Sağ Atriyum ve Sağ Atriyum ile İlişkili Venler	6
2.2.1. Sağ Atriyum Anatomisi	6
2.2.2. Süperior Vena Kava	7
2.2.3. İnferior Vena Kava	8
2.2.4. Koroner Sinüs	9
2.2.4.1. Koroner sinüs anatomisi	10
2.2.4.2. Koroner sinüs anomalileri	12
2.2.4.3. Koroner sinüs ve dallarının görüntülenmesi	13
2.2.4.4. Koroner sinüsün bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi	14
2.2.4.5. Koroner sinüs ve klinik uygulama	14
2.3. Sağ Ventrikül ve Pulmoner Arter	15
2.3.1. Sağ Ventrikül Anatomisi	15
2.3.2. Sağ Ventrikül Fizyolojisi	18
2.3.3. Pulmoner Arter Anatomisi	21
2.4. Sağ Kalp Yapılarının Ekokardiyografik Değerlendirilmesi	21
2.4.1. Sağ Atriyumun Ekokardiyografik Değerlendirilmesi	21
2.4.2. Sağ Ventrikülün Ekokardiyografik Değerlendirilmesi	22
2.4.3. Koroner Sinüsün Ekokardiyografik Değerlendirilmesi	24
2.4.4. Pulmoner Arterin Ekokardiyografik Değerlendirilmesi	26

2.5. Pulmoner Arter ve Sağ Atriyal Basınç Tahminleri	27
2.5.1. Pulmoner Arter Basınç Tahminleri	27
2.5.2. Sağ Atriyum Basınç Tahminleri	30
2.6. Sağ Kalp Kateterizasyonu	32
2.6.1. Venöz Giriş	33
2.6.2. Sağ Kalp Kateterizasyonu Komplikasyonlar	34
2.6.3. Sağ Kalp Kateterizasyonu ve Hemodinamik Veriler	34
3. GEREÇ VE YÖNTEM	40
3.1. Hasta seçimi	40
3.2. Ekokardiyografik Yöntem	40
3.2.1. M-mod Ekokardiyografik Değerlendirme	41
3.2.2. İki Boyutlu Ekokardiyografik Değerlendirme	43
3.2.3. Doppler Ekokardiyografik Değerlendirme	45
3.3. Sağ Kalp Kateterizasyonu	46
3.4. İstatistiksel Analiz	46
4. BULGULAR	48
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	58
6. ÖZET	64
7. ABSTRACT	66
8. KAYNAKLAR	68

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A4C	Apikal Dört Boşluk
ACT	Akselasyon Zamanı
AF	Atriyal Fibrilasyon
AUC	Eğri Altında Kalan Alan
BT	Bilgisayarlı Tomografi
cm	Santimetre
cm²	Santimetrekare
CO	Kalp Debisi
CS	Koroner Sinüs
DBG	Diyastolik Basınç Gradiyenti
DM	Diyabetes Mellitus
EF	Ejeksiyon Fraksiyonu
EKG	Elektrokardiyografi
ESC	Avrupa Kardiyoloji Derneği
FAC	Fraksiyonel Alan Değişimi
HT	Hipertansiyon
IVC (VCI)	İnferior Vena Kava
IVRT	İzovolümetrik Relaksasyon Zamanı
IVSDd	İnterventriküler Septum Diyastol Sonu Çapı
İAS	İnteratriyal Septum
KAH	Koroner Arter Hastalığı
LA	Sol Atriyum
LV	Sol Ventrikül
LVEDÇ	Sol Ventrikül Diyastol Sonu Çapı
LVESÇ	Sol Ventrikül Sistol Sonu Çapı
MAKS	Maksimum
MİN	Minimum
MİT-A	Mitral Kapak Geç Diyastolik Akım
MİT-E	Mitral Kapak Erken Diyastolik Akım
mm	Milimetre

mmHg	Milimetre Civa
MV DecT	Mitral Kapak Deselerasyon Zamanı
NPV	Negatif Prediktif Değer
PA	Pulmoner Arter
PAB	Pulmoner Arter Basıncı
PHT	Pulmoner Hipertansiyon
PKUB	Pulmoner Kapiller Uç Basıncı
PPV	Pozitif Prediktif Değer
PVR	Pulmoner Vasküler Direnç
PWDd	Posterior Duvar Diyastol Sonu Çapı
PY	Pulmoner Yetmezlik
RA	Sağ Atriyum
RAP	Sağ Atriyum Basıncı
RAVİ	Sağ Atriyal Volüm İndeks
RCA	Sağ Koroner Arter
RV	Sağ Ventrikül
RVEDÇ	Sağ Ventrikül Diyastol Sonu Çapı
RVESÇ	Sağ Ventrikül Sistol Sonu Çapı
RVOT	Sağ Ventrikül Çıkış Yolu
RVVİ	Sağ Ventriküler Volüm İndeks
SD	Standart Deviasyon
SKK	Sağ Kalp Kateterizasyonu
SVC (VCS)	Süperior vena kava
TAPSE	Triküspid Sistolik Anüler Yer Değiştirme
TY	Triküspid Yetmezlik
VKİ	Vücut Kitle İndeksi
VYA	Vücut Yüzey Alanı
WU	Wood Ünite

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. IVC ve CS ostiumlarının anatomik görünümü	9
2.2. CS'nin 26. haftadaki gelişim anatomisi	10
2.3. CS anatomik şeması	11
2.4. Koroner sinüs sistemi kapakları	12
2.5. CS dallarının görüntülenmesi, sağ kaudal pozda (a) arteryal ve (b) venöz faz	13
2.6. Çok kesitli BT ile CS ve dalları. A (posterior), B (anterior)	14
2.7. RV ve LV şematik görünüm	16
2.8. RV kısımları	16
2.9. RV ve LV hacim-basınç eğrisi arasındaki ilişki	19
2.10. A4C'de RV çaplarının ölçülmesi	23
2.11. Parasternal uzun aksta CS görüntüsü	25
2.12. Koroner sinüs A4C görüntüsü	25
2.13. Sistolik PAB hesabı	27
2.14. Diyastolik PAB hesabı	28
2.15. Ortalama PAB hesabı	29
2.16. ACT üzerinden ortalama PAB hesabı	29
2.17. IVC ölçümü	30
2.18. PKUB eğrisi	36
2.19. RA basınç eğrisi	37
2.20. PA basınç eğrisi	38
2.21. RV basınç eğrisi	39
2.22. Sağ taraf basınçları	39
3.1. LV çap ve duvar kalınlıklarının ölçümü	41
3.2. TAPSE ölçümü	42

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.3. CS çaplarının lümü	42
3.4. RV bazal çaplarının lümü	43
3.5. RV-FAC hesaplanması	43
3.6. RV diyastol sonu ve RA sistol sonu hacimlerinin lümü	44
3.7. IVC ekspirasyon sonu ve inspirasyon sonu çaplarının lümü	44
3.8. MİT-E, MİT-A, MV DecT ve IVRT lümü	45
3.9. Pulmoner ACT lümü	45
3.10. TY zirve akım hızının lümü	46

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Hemodinamik PHT tanımları	3
2.2. Kapsamlı klinik PHT sınıflaması	4
2.3. Ekokardiyografik risk değerlendirmesi	5
4.1. Hastaların cinsiyet dağılımları ve komorbiditeleri	48
4.2. Hastaların temel karakteristik özellikleri	48
4.3. Hastaların transtorasik ekokardiyografi bulguları	50
4.4. Hastaların kateterizasyon bulguları	51
4.5. $RAP \geq 10$ mmHg ve $RAP < 10$ mmHg olan gruplarda IVC ile CS parametrelerinin karşılaştırılması	52
4.6. IVC ve CS parametrelerinin karşılaştırılması	53
4.7. $RAP \geq 10$ mmHg olmasını predikte eden IVC parametrelerinin ROC analizleri	55
4.8. $RAP \geq 10$ mmHg olmasını predikte eden CS parametrelerinin ROC analizleri	56

GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Grafik</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. IVC, CS parametreleri ve invaziv RAP değerinin korelasyon grafikleri	54
4.2. IVC parametrelerinin ROC eğrileri	55
4.3. CS parametrelerinin ROC eğrileri	57



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Pulmoner hipertansiyon (PHT), pulmoner vasküler endotelde kompleks proliferasyon ve progresif pulmoner vasküler remodelling ile karakterize bir hastalıktır. PHT, sağ kalp kateterizasyonu (SKK) ile ölçülen ortalama pulmoner arter basıncının 25 mmHg ve üzerinde olması olarak tanımlanmaktadır (1). İstirahat halindeki normal ortalama pulmoner arter basıncı (PAB) değeri $14 \pm 3,3$ mmHg olarak tanımlanmaktadır (1).

Doppler ekokardiyografinin kullanılması ile PAB'ın invaziv olmayan yöntemlerle tahmini yapılabilir hale gelmiştir. Transtorasik ekokardiyografi, PHT şüphesi olan hastalarda tarama, tanı ve takipte kullanılan, kolay ulaşılır ve invaziv olmayan önemli bir görüntüleme yöntemidir. Transtorasik ekokardiyografi ile kalbin sağ taraf basınçları hakkında bilgi edinmek mümkündür. Pulmoner darlık ya da sağ ventrikül çıkış yolu darlığının bulunmadığı durumlarda pulmoner arter sistolik basıncının sağ ventrikül sistolik basıncına eşit olduğu kabul edilir. PAB'ın tahmini olarak hesaplanmasında en güvenilir yöntem triküspid yetmezliği (TY) üzerinden yapılan ölçümdür. TY'nin maksimum jeti kullanılarak hesaplanan transtriküspid gradiyente tahmini sağ atrium basıncı eklendiğinde kateterizasyon ile elde edilen sağ ventriküler sistolik basınca çok yakın değerler elde edilir (2).

Ekokardiyografi ile sistolik PAB Bernoulli denklemine göre hesaplanmaktadır. Bu denkleme göre;

$$\text{PAB} = 4 \times (\text{TY akım hızı})^2 + \text{tahmini sağ atriyum basıncı (RAP)}$$

Bu formülde tahmini RAP, inferior vena kava (IVC) çapı ve kollapsına göre belirlenir. IVC'ye göre RAP tahmin edilmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ayrıca invaziv olmayan yöntemlerle tahmin edilen RAP ve sistolik PAB'ın koroner sinüs (CS) ile ilişkisini değerlendiren bazı çalışmalar da mevcuttur. Fakat invaziv olarak ölçülen RAP ile IVC, CS çap ve kollapslarını karşılaştırarak CS'nin RAP tahmininde kullanılması ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Kateterizasyon ile ölçülen değerler ile CS çapı ve kollapsını karşılaştırarak RAP tahmin edilmesinde CS çapı ve kollapsının kullanılışlığını belirlemeyi hedefleyen çalışmamız bu konuda yapılmış olan ilk çalışmadır.

Hem IVC hem de CS doğrudan sağ atriyum (RA) açılmaktadır. Yapılan çalışmalarda ekokardiyografi ile hesaplanan pulmoner arter sistolik basıncındaki artışın, IVC ve CS çaplarındaki artışla korele olduğu gösterilmiştir. Ayrıca SKK yapılan hastalarda, invaziv olarak ölçülen pulmoner arter sistolik ve diyastolik basınçlarının invaziv olmayan yöntemlerle yapılan ölçümlerle korele olduğu gösterilmiştir (3).

Çalışmamızın amacı RAP'ın tahmin edilmesinde IVC çapı ve kollapsının kullanılmasının yanı sıra CS çapı ve kollapsının da RAP'ın tahmin edilmesinde kullanılabilirliğinin ortaya konulmasıdır. Bu çalışma ile RAP'ın tahmin edilmesinde yeni ekokardiyografik parametreler belirlenecek ve bu sayede PAB değerinin daha doğru ve kolay tahmin edilebilirliği artmış olacaktır. Ayrıca RAP'ın tahmin edilmesinde IVC çapı ve kollapsı yerine CS çapı ve kollapsını ölçmek daha kolay olacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Pulmoner Hipertansiyon

Pulmoner hipertansiyon, SKK ile ölçülen ortalama PAB'ın 25 mmHg veya üzerinde olması olarak tanımlanmaktadır (1). İstirahat halindeki normal ortalama PAB değeri $14 \pm 3,3$ mmHg olarak tanımlanmaktadır. Normalin üst sınırı ise yaklaşık olarak 20 mmHg olarak ifade edilmektedir (1). 21 ile 25 mmHg arasındaki PAB değerinin ise klinik önemi belirsizdir. Bu değerlerin tanımlanması için yeni epidemiyolojik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (1).

Sağ kalp kateterizasyonu ile ölçülen PAB, pulmoner kapiller uç basıncı (PKUB), diyastolik basınç gradiyenti (DBG) ve pulmoner vasküler direnç (PVR) değerlerine göre hemodinamik olarak farklı PHT tanımları yapılmıştır (Tablo 2.1).

Pulmoner arteryal hipertansiyon, PHT'dan farklı olarak akciğer hastalıkları, kronik tromboembolik PHT veya prekapiller PHT'ye neden olan diğer nadir hastalıklar olmaksızın, PKUB'nın 15 mmHg ve altında, PVR'nin 3 wood ünitenin (WU) üzerinde olduğu hemodinamik olarak prekapiller gruba dahil edilen PHT alt grubu olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 2.1. Hemodinamik PHT tanımları (ESC 2015 PHT Tanı ve Tedavi Kılavuzu)

Tanım	Özellikler
Pulmoner hipertansiyon	$mPAB \geq 25$ mmHg
Prekapiller PHT	$mPAB \geq 25$ mmHg $PKUB \leq 15$ mmHg $PVR > 3$ WU
Postkapiller PHT	$mPAB \geq 25$ mmHg $PKUB > 15$ mmHg
İzole postkapiller PHT	$mPAB \geq 25$ mmHg $PKUB > 15$ mmHg $DBG < 7$ mmHg ve/veya $PVR \leq 3$ WU
Kombine postkapiller ve prekapiller PHT	$mPAB \geq 25$ mmHg $PKUB > 15$ mmHg $DBG \geq 7$ mmHg ve/veya $PVR > 3$ WU

DBG: Diyastolik Basınç Gradiyenti, ESC: Avrupa Kardiyoloji Derneği, mPAB: Ortalama Pulmoner Arter Basıncı, PAB: Pulmoner Arter Basıncı, PHT: Pulmoner Hipertansiyon, PKUB: Pulmoner Kapiller Uç Basıncı, PVR: Pulmoner Vasküler Direnç, WU: Wood Ünite

2.1.1. Sınıflandırma

PHT klinik sınıflandırılmasında amaç; benzer klinik tabloları patolojik bulgularına, hemodinamik özelliklerine ve tedavi stratejilerine göre gruplara ayırmaktır. 2015 yılında yayınlanan ESC (Avrupa Kardiyoloji Derneği) PHT Tanı ve Tedavi Kılavuzu'nda, PHT beş gruba ayrılmıştır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. Kapsamlı klinik PHT sınıflaması (ESC 2015 PHT Tanı ve Tedavi Kılavuzu)

1. Pulmoner arteriyel hipertansiyon 1.1. İdiyopatik 1.2. Kalıtsal 1.2.1. BMPR2 mutasyonu 1.2.2. Diğer mutasyonlar 1.3. İlaç ve toksinlere bağlı 1.4. İlişkili hastalıklar 1.4.1. Bağ dokusu hastalıkları 1.4.2. HIV enfeksiyonu 1.4.3. Portal hipertansiyon 1.4.4. Konjenital kalp hastalığı 1.4.5. Şistozomiazis 1'. Pulmoner venooklüziv hastalık ve/veya pulmoner kapiller hemanjiomatozis 1'1. İdiyopatik 1'2. Heritable 1'2.1. EIF2AK mutasyonu 1'2.2. Diğer mutasyonlar 1'3. İlaç, toksin, radyasyon bağlı 1'4. İlişkili hastalıklar 1'4.1. Bağ dokusu hastalıkları 1'4.2. HIV enfeksiyonu 1''. Yenidoğanın persistan pulmoner hipertansiyonu 2. Sol kalp hastalığına bağlı pulmoner hipertansiyon 2.1. Sistolik disfonksiyon 2.2. Diyastolik disfonksiyon 2.3. Kapak hastalıkları 2.4. Konjenital giriş/çıkış yolu darlığı ve konjenital kardiyomiyopatiler 2.5. Konjenital/edinilmiş pulmoner ven stenoz	3. Akciğer hastalıklarına ve/veya hipoksiye bağlı pulmoner hipertansiyon 3.1. Kronik obstrüktif akciğer hastalığı 3.2. İnterstisyel akciğer hastalıkları 3.3. Karışık obstrüktif ve restriktif paterne sahip diğer akciğer hastalıkları 3.4. Uykuda solunum bozukluğu 3.5. Alveolar hipoventilasyon bozuklukları 3.6. Uzun süre yüksek rakıma maruziyet 3.7. Gelişme bozuklukları 4. Kronik tromboembolik pulmoner hipertansiyon ve diğer pulmoner arter tıkanıklıkları 4.1. Kronik tromboembolik pulmoner hipertansiyon 4.2. Diğer pulmoner arter tıkanıklıkları anıklıkları 4.2.1. Anjiyosarkom 4.2.2. Diğer intravasküler tümörler 4.2.3. Arteritler 4.2.4. Konjenital pulmoner arteriyel darlık 4.2.5. Parazitler (Hidatikler) 5. Sebebi bilinmeyen/multifaktöriyel pulmoner hipertansiyon 5.1. Hematolojik bozukluklar: kronik hemolitik anemi miyeloproliferatif hastalıklar, splenektomi 5.2. Sistemik hastalıklar: sarkoidoz, pulmoner histiyositoz, lenfanjiyoliyomatozis nörofibromatozis 5.3. Metabolik bozukluklar: glikojen depo hastalıkları, Gaucher hastalığı, tiroid hastalıkları 5.4. Diğer: pulmoner tümöral trombotik mikroanjiyopati, fibröz mediastinit, diyaliz alan/almayan kronik böbrek yetersizliği, segmenter pulmoner hipertansiyon
---	---

BMPR2: Bone morphogenetic protein receptor, **ESC:** Avrupa Kardiyoloji Derneği, **EIF2AK-1:** Eucaryotik translation factor 2 alpha kinase 4, **HIV:** Human immunodeficiency virus

2.1.2. Tarama ve Tanı

PHT şüphesi olan hastaların kapsamlı değerlendirilmesi için kullanılan tanısal incelemeler aşağıda sıralanmıştır (1);

- Elektrokardiyografi (EKG)
- Akciğer grafisi
- Ekokardiyografi
- Solunum fonksiyon testleri ve kan gazları
- Akciğer ventilasyon/perfüzyon sintigrafisi
- Yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi ve kontrastlı bilgisayarlı tomografi
- Kardiyak manyetik rezonans görüntülenmesi
- Kan testleri ve immünoloji
- Batın ultrasonografi
- SKK ve vazoreaktivite
- Pulmoner anjiyografi

Doppler ekokardiyografinin kullanılması ile PAB'ın invaziv olmayan yöntemlerle tahmini yapılabilir hale gelmiştir. Transtorasik ekokardiyografi PHT şüphesi olan hastaların taraması ve takibinde kullanılan, kolay ulaşılır, invaziv olmayan önemli bir görüntüleme yöntemidir. PHT kuşkusu olan semptomatik hastalarda ekokardiyografik olarak PHT olasılığını belirlemek için ekokardiyografik risk değerlendirmesi önerilmektedir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Ekokardiyografik risk değerlendirmesi

Zirve TY Akım Hızı (m/sn)	Diğer EKO Bulgularının Varlığı	PHT Olasılığı
≤2.8 ya da ölçülemeyen	Yok	Düşük
≤2.8 ya da ölçülemeyen	Var	Orta
2.9-3.4	Yok	Orta
2.9-3.4	Var	Yüksek
>3.4	Gerekli değil	Yüksek
Diğer EKO Bulguları		
Ventriküler	Pulmoner	RA ve IVC
RV/LV bazal çap oranı >1.0	RV çıkış yolu ACT <105 msn ve/veya mid sistolik çentiklenme	Azalmış inspiratuar kollapsla birlikte IVC çapı >21 mm
İnterventriküler septumun düzleşmesi (LV ekzantirisite indeksi >1.1)	Erken diyastolik pulmoner yetmezlik akım hızı >2.2 m/sn	RA alanı (sistol sonu) >18 cm ²
	Pulmoner arter çapı >25 mm	

ACT: Akselerasyon Zamanı, EKO: Ekokardiyografi, IVC: İnferior Vena Kava, LV: Sol Ventrikül, PHT: Pulmoner Hipertansiyon, RA: Sağ Atriyum, RV: Sağ Ventrikül, TY: Triküspid Yetmezliği

2.2. Sağ Atriyum ve Sağ Atriyum ile İlişkili Venler

2.2.1. Sağ Atriyum Anatomisi

Sağ atriyum küp şeklinde olup kalbin sağ üst köşesine yerleşmiştir. Vücudun venöz drenajını sağlayan oksijence fakir kanı taşıyan süperior vena kava (SVC) RA'nın üst arka bölüme, IVC ise RA'nın alt arka bölüme açılmaktadır. Ön kenarını auricula dextra (RA kulakçığı) oluşturmaktadır (4).

Sağ atriyumun ön yüzünde sağ akciğerin mediastinal yüzünün ön kısmı bulunmaktadır. Bu iki yapı arasında plevra ve perikard bulunmaktadır. Dış tarafta sağ hilum pulmonalis ile sol arka tarafta sol atriyum (LA) ile komşuluk etmektedir ve iki atriyum arasında interatriyal septum (İAS) bulunmaktadır. Sağ üst tarafta sağ pulmoner venler ile iç tarafta ise asendan aorta ve turunkus pulmonalisin çıkan kısmı ile komşudur (4).

Sağ atriyumu kabaca üç bölümde incelemek mümkündür; vena kavalanın açıldığı venöz komponent, sağ atriyal apendiks ve vestibül. RA'nın ana gövdesi, anterolateralinde üçgenimsi apendiksin bulunduğu düzensiz elipsoid yapıdadır.

Sağ atriyumda venöz komponent ile sağ atriyal apendiks arasında dışarıdan görülebilen SVC ve IVC arasında vertikal uzanan bir terminal sulcus bulunmaktadır. Bu yapı RA endokardında endokardiyal kas bandına karşılık gelir ve krista terminalis olarak isimlendirilir (5). Krista terminalis anteromedial duvardan başlar, anterior sınırdaki SVC ostiumunun önünden geçer ve posterolaterale doğru kıvrılır ve kavatriküspit istmusda sonlanır (6). Ortalama uzunluğu 51 ± 9 milimetre (mm), kalınlığı ise 5,5 mm'dir (7).

Pektinat kaslar krista terminalisten başlar ve atriyal apendiksten vestibüle uzanacak şekilde anterolateral duvarda uzanır (8). Pektinat kasların büyük ve belirgin olanları tenia sagittalis ismini alır. Tenia sagittalisin ortalama uzunluğu 12 mm ortalama kalınlığı da 0,4 mm'dir (9).

Sinüs nod; hilal şeklindedir. Kalbin doğal pacemakeri olup RA süperiorunda terminal sulcusun anterolateralinde SVC ve atriyal bileşkede yer almaktadır (10). Sinoatriyal arter genellikle sağ koroner arterden orjin alır, noda retrokaval olarak ulaşır ve genellikle tektir (11).

Kavotriküspit istmus; dörtgen şekildedir ve genellikle RA'nın vestibül kısmında bulunan konkav şeklinde bir alandır (12). Anteriorda triküspid kapak

septal lifleti, posteriorda ise östakian kapak tarafından sınırlandırılmıştır. Kavotriküspit istmus üç seviyede isimlendirilir. İsimleri; paraseptal istmus, santral istmus, inferolateral istmus. Paraseptal, santral ve inferolateral istmusların ortalama uzunlukları sırası ile şu şekildedir; $18,5 \pm 4$ mm, $24,0 \pm 4,2$ mm, $29,3 \pm 4,9$ mm (12). Bu alanın klinik önemi toplumda sık görülen istmus kaynaklı bir ritim bozukluğu olan atriyal flutterin bu bölgeden kaynaklanıyor olmasıdır.

Koch üçgeni; RA'nın vestibül kısmında bulunur ve atriyoventriküler nod için anatomik bir işaret olarak düşünülür. Bu üçgenin anteriosüperior apeks komşuluğunda membranöz septumun atriyoventriküler komponenti vardır. Östakian kabarıklığı ile triküspid kapağın septal lifletinin bağlanma noktaları lateral kenarlarını, CS ağzı ise tabanını oluşturmaktadır (13).

Fossa ovalis İAS'nin alt yarısında IVC ostiumunun hemen sol üst kısmında bulunmaktadır (4). Fossa ovalis RA tarafından bir çukur olarak görülür ve burada kas yapısı bulunmamaktadır. Esas olarak membranöz yapıdadır. Bu yapı elektrofizyolojik açıdan transseptal yaklaşımların son zamanlarda yaygınlaşması ile daha da önem kazanmıştır (14).

Limbus fossa ovalis LA'dan bakıldığı zaman görülemeyen RA'dan bakıldığı zaman görülebilen fossa ovalisin belirgin olan kısmıdır. Bu yapı fetal kalpte bulunan ostium sekundumun serbest kenarına karşılık gelmektedir. Doğum sonrası foramen ovaleyi kapatacak olan kapakçık foramen ovalenin alt kısmına tutunur.

2.2.2. Süperior Vena Kava

Süperior vena kava, sağ ve sol brakioyosefalik venlerin yaklaşık sağ üçüncü kosta kırırdağı hizasında birleşmesiyle oluşturmaktadır. SVC, brakioyosefalik venlerin birleşim noktasından yaklaşık 7 santimetre (cm) sonrasında RA'nın üst arka duvarına açılmaktadır. Alt 1,5 cm'lik kısmı perikard tarafından sarılmıştır. Lateralinde frenik sinir medialinde ise innominate arter ve asendan aorta bulunmaktadır. SVC'ye son açılan ven, sağ orta bronşiyal veni üstten ve posteriordan çaprazlayarak SVC'ye açılan azygos venidir. SVC'nin ortalama çapı 2 cm'dir.

Süperior vena kavanın ostiumu RA'nın venöz kompenetinde yer almaktadır (8). Ortalama SVC ostiumu mediolateral ölçümde $20,1\pm3,2$, anteroposterior ölçümde ise $19,2\pm3,1$ mm'dir (12). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; SVC ostiumu anatomik engellerden uzak bir yapıdır (12). Bu nedenle RA kateterizasyonu için çoğu vakada tercih edilen bir yapı olmuştur. Ayrıca atriyum ve ventrikül kontraksiyonları internal juguler vene kadar yayılmaktadır. Bu dalgalar sayesinde bazı sağ kalp patolojilerini tahmin etmek mümkündür. SVC ostiumunun anatomik engellerden uzak olmasının bir diğer faydası ise juguler venöz basıncın değerlendirilmesidir. Juguler venöz basınç, RA basıncını yansıtmaktadır bu sayede sağ kalp hemodinamiği hakkında bilgi edinmek mümkün olmaktadır.

2.2.3. Inferior Vena Kava

Inferior vena kava; sağ ve sol iliak venlerin sağ iliak arterin posteriorunda, 5. lumbar vertebra hizasında birleşmesi ile oluşmaktadır. Alt ekstremitelerden ve abdominal bölgeden gelen oksijenden fakir kanı taşır ve RA'nın inferoposterior kısmına açılır. Aortanın sağında yer almaktadır. 8. torasik vertebra hizasında diyafragmayı geçmektedir. IVC normal çapı 1.2-2.3'dür ve inspirasyonla %50'den fazla küçülmesi beklenir. Ekokardiyografi ile IVC çapı ve kollapsını ölçmek için en sık IVC'nin uzun eksende de görülebildiği subkostal pencere kullanılır (15). IVC'nin klinik açıdan en önemli kullanım alanı RAP'ın tahmin edilmesinde kullanılıyor olmasıdır. Ayrıca hastanın sıvı yükü veya sıvı açığı konusunda da IVC çapına bakılarak fikir elde edilebilir.

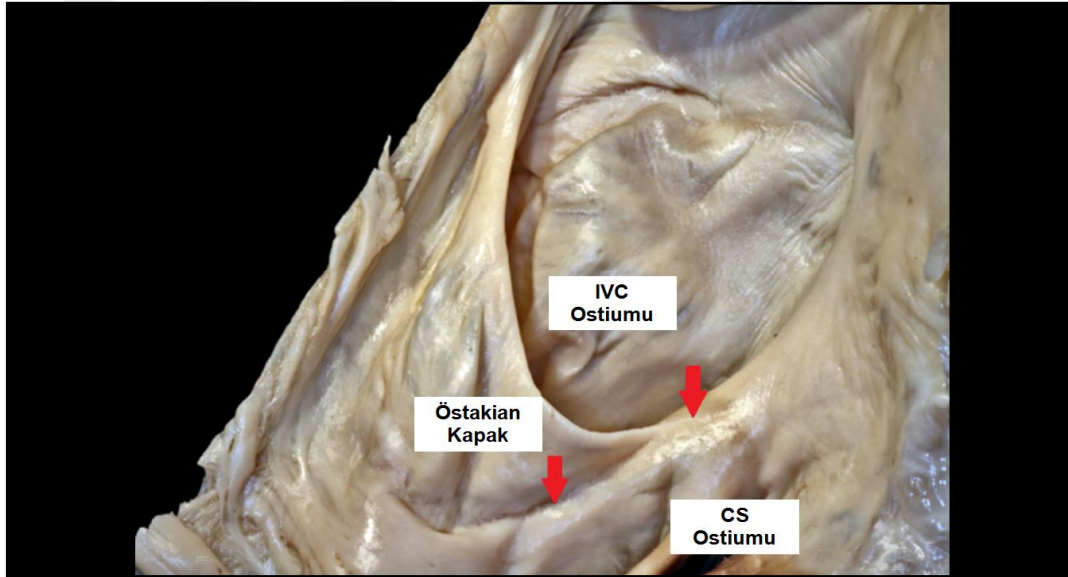
Inferior vena kavaya açılan venleri şu şekilde sıralayabiliriz;

- Her iki common iliak ven
- Median sakral ven
- Bilateral 4 adet lumbar ven
- Sağ testiküle/overyal ven
- Bilateral renal venler
- Sağ suprarenal ven
- Hepatik venler
- Inferior frenik venler

İnferior vena kavanın ostiumu RA'nın inferoposterior bölgesinde yer alır (Şekil 2.1) (16). Mediolateral ölçümde ortalama orifis $24,1 \pm 5,7$ mm, anterolateral ölçümde ise $24,2 \pm 5,5$ mm'dir. Ortalama orifis alanı ise $4,8 \pm 2$ mm²'dir (12).

Östakian kapak IVC ostiumunda bulunan bir endokard katlantısıdır (12). Fetal kalpte bu kapak sayesinde IVC'den gelen kan foramen ovaleye yönelir. Embriyolojik orjini ise sağ sinüs kapağı ve sinüs septumudur (Şekil 2.1) (17).

İnferior vena kavaya açılan hepatik venler sayı ve seyir olarak değişkenlik göstermekle birlikte en sık trifurkasyon görünümündedir (sağ/sol/orta hepatik ven). Hepatik venlerde kapakçık bulunmamaktadır. Sağ hepatik ven genellikle tek olarak intersegmental fissürde seyretmektedir, orta hepatik ven ve sol hepatik ven ana trunkus olarak IVC'ye dökülmektedir.



Şekil 2.1 IVC ve CS ostiumlarının anatomik görünümü (CS: Koroner Sinüs, IVC: Inferior vena kava,) (Kucybala'dan alınmıştır)

2.2.4. Koroner Sinüs

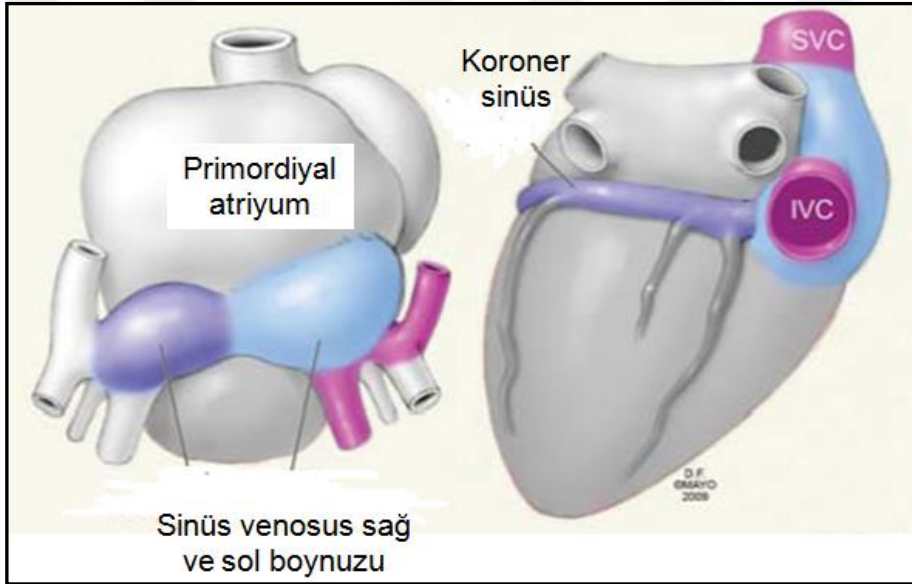
Kalbin venöz drenajı, koroner sinüs sistemi, anterior kardiyak venler ve vena cordis minima olmak üzere üç farklı yol ile gerçekleşmektedir (18).

Koroner sinüsün, farklı kardiyak işlemler için erişim sağlayan rolü CS'yi klinik açıdan önemli hale getirmiştir. Koroner arterler kadar incelenmese de CS'nin incelenmesi özellikle şu açılardan önemlidir; atriyoventriküler yolun haritalama ve ablasyonu, kardiyoplejik solüsyonun retrograd perfüzyonu,

infarktüs geçirmiş alana kök hücre enjeksiyonu, kardiyak resenkronizasyon tedavisi (19,20,21).

2.2.4.1. Koroner sinüs anatomisi

Koroner sinüsün gelişimi sinüs venosusun değişmesi ile olmaktadır (Şekil 2.2). Fetal gelişme sırasında 3 hafta sonunda tek bölümden oluşan kalp tüpü, primordiyal atriyum ve sinüs venosus diye iki bölüme ayrılmaktadır. 4. hafta civarında ise sinüs venosus sağ ve sol boynuz olmak üzere ikiye ayrılır. Onlarda RA'ya giren venöz kanallara ayrışır. Sağ boynuz RA'ya katılırken sol boynuz progresif dejenerasyon yolu ile 10. haftaya kadar CS'yi oluşturmaktadır (22, 23).



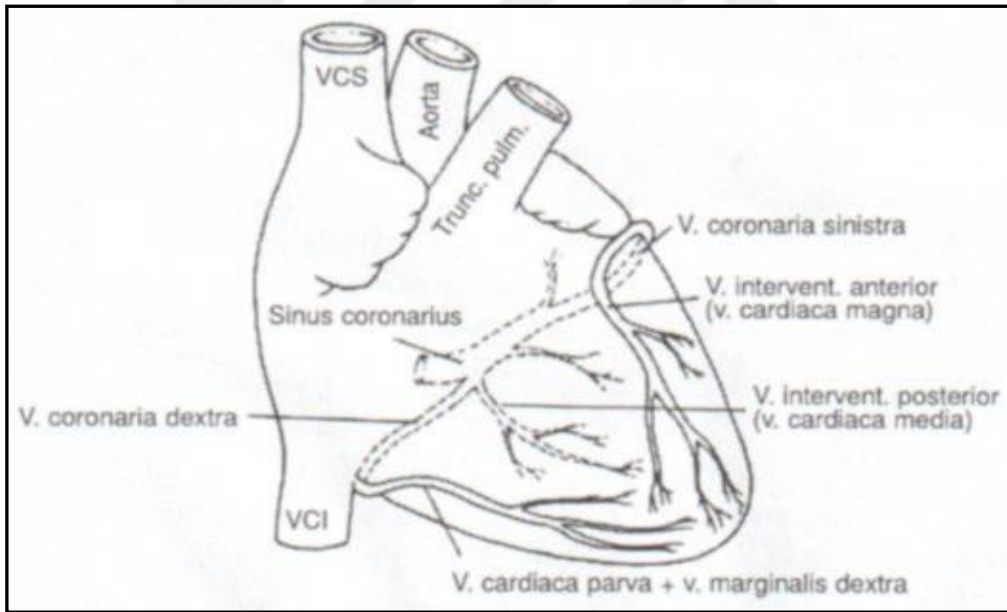
Şekil 2.2. CS'nin 26. haftadaki gelişim anatomisi (CS: Koroner Sinüs, IVC: Inferior Vena Kava, SVC: Süperior Vena Kava)

Koroner sinüs, posterior atriyoventriküler oluğun üzerinde ve ona paralel yerleşmiş, büyük kardiyak venlerin döküldüğü ve kendisi de RA'ya açılan tübüler bir yapıdır (24). Ventriküler sistol sırasında kardiyak venlerden gelen kanı alıp atriyal sistol sırasında RA posterior duvarına drene eder. Atriyoventriküler sulkusta bulunan büyük kardiyak venin devamı şeklindedir. CS'nin boyu yüklenme koşullarına, koroner vendeki atriyal çizgili kas miktarına ve altta yatan kalp hastalıklarına bağlı değişiklik gösterebilmektedir. Ortalama uzunluğu 4-6 cm'dir. Ostiumunun çapı 4-5 mm ile 9-15 mm arasında değişmektedir (25). Genel

popülasyonda CS'nin ostiumu ile yaş arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır (26).

Koroner sinüsün duvarları atriyumun devamı olan çizgili kaslardan oluşmuştur ve vönöz sistem etrafında bir kılıf oluşturmaktadır (27). Bu kılıf genelde ventrikül miyokardı içine uzanmaz.

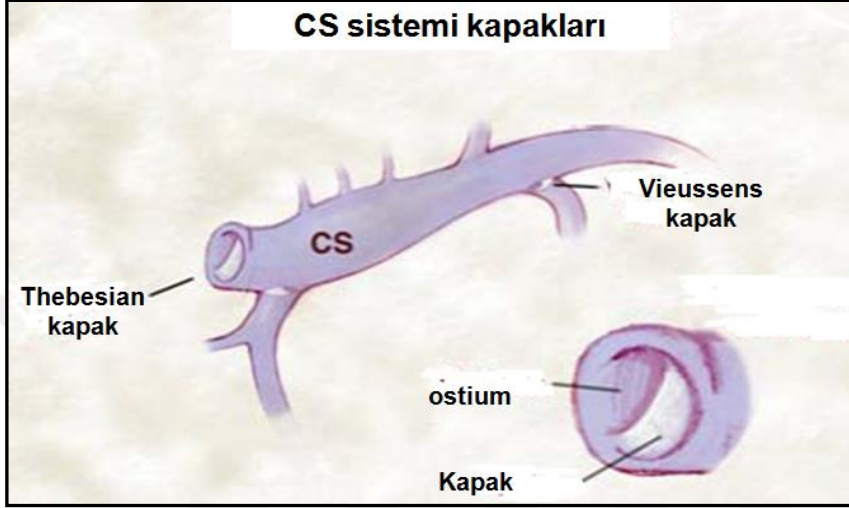
Koroner sinüs sistemi ise CS ve ona açılan venlerden oluşan bir sistemdir. Bu sistemde venler anatomik sınıflandırmalara göre sıralanmışlardır. Anatomik olarak bu sistem beş ana ven olarak gruplandırılır ve bunlar kalbin venöz drenajının yaklaşık %75'inden sorumludur. Bu venler; v. Cordis magna, v. Cordis media, v. Cordis parva, v. Posterior ventrikularis sinister ve v. Obliqua atri sinistri'dir (28) (Şekil 2.3). Bu venler değişik varyasyonlar gösterebilmektedir. En sık görülen varyasyon ise v. Cordis magna ve v. Cordis media'nın birleşerek ortak olarak CS sistemine açılmasıdır.



Şekil 2.3. CS anatomik şeması (V: Ven, VCI: İnferor Vena Kava VCS: Süperior Vena Kava)

Koroner sinüsün RA'ya açıldığı yerde küçük bir endokardiyal katlantı olan Thebesian kapak bulunmaktadır. Bu kapağın toplumda %62-85 oranında bulunduğu bilinmektedir (29,30). Bu kapak östakian kapak ile aynı embriyolojik kökendir. Thebesian kapak değişik şekillerde bulunabileceği gibi en sık yarım ay şeklinde bulunmaktadır. Thebesian kapak CS ostiumunun yaklaşık

%48,3±36,6'sını kapsar (12). CS kanülasyonu sırasında tıkanmaya neden olabilmektedir (29). CS sisteminde bulunan bir diğer kapak ise Vieussens kapaktır. Bu kapak daha çok büyük kardiyak venin CS'ye açıldığı yerde bulunmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Koroner sinüs sistemi kapakları (CS: Koroner Sinüs)

2.2.4.2. Koroner sinüs anomalileri

CS anomalileri dört grup altında toplanırlar;

1- Koroner sinüs genişlemesi

Koroner sinüs genişlemesi soldan sağa şant yokluğu ya da varlığına göre iki gruba ayrılmaktadır;

- Soldan sağa şant olmadan CS genişlemesi: Persistan sol vena kava superior en sık torasik anomalidir ve soldan sağa şant olmadan CS genişlemesinin en sık nedenidir. Bu anomalinin gerçek insidansı tam bilinmemekle birlikte, konjenital kalp hastalığı olanlarda %3-10 arasında olduğu düşünülmektedir (31). Soldan sağa şant olmadan CS genişlemesine neden olan diğer durumlar ise; CS ile parsiyel anormal hepatik bağlantı olması ve sol üst IVC'nin devamı ile hemiazigos venin IVC'nin devamı olarak CS'ye drene olmasıdır.
- Soldan sağa şantla birlikte CS genişlemesi: Pulmoner ven veya venlerin CS'ye drenajı, koroner arterlerin CS'ye fistülü, CS'den LA'ya bağlantı olması bu duruma verilebilecek örneklerdir

2- Koroner sinüs yokluğu

CS yokluğu izole bir anomali olarak karşımıza çıkmamaktadır. Çoğu zaman LA'da sonlanan sol üst vena kava ve atriyal septal defekt ile birlikteliği vardır.

3- Koroner sinüs ostiumunun atrezisi ve daralması

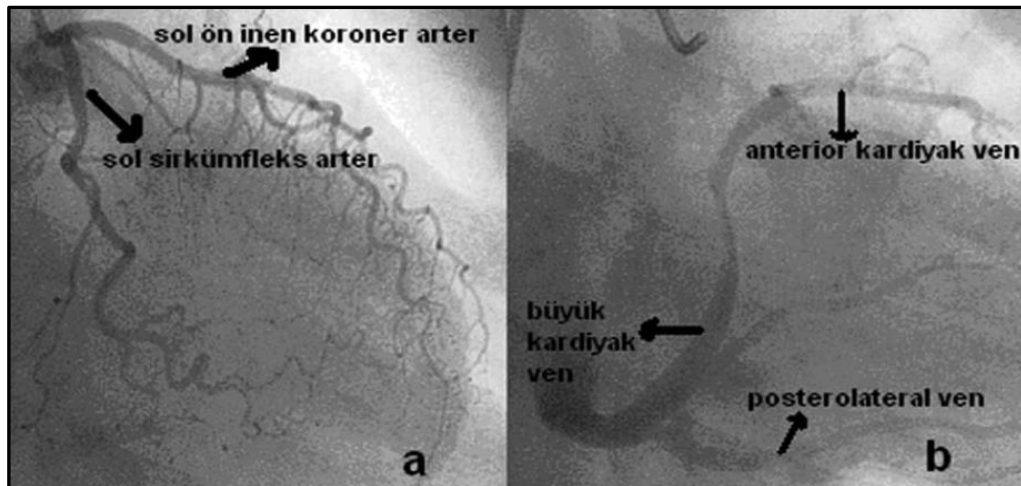
Bu durumda CS vardır fakat ostium atreziktir. Normal konumda olan CS kör bir yapı olarak sonlanmaktadır. Bu durumda kan retrograd olarak innominante vene taşınmakta oradan da ya RA'ya veya SVC'ye drene olmaktadır.

4- Koroner sinüs hipoplazisi

Bu durum bazı venlerin CS sistemine katılmaması ve RA'ya direk açılması ile olur. Bu anomalinin fonksiyonel olarak önemi yoktur.

2.2.4.3. Koroner sinüs ve dallarının görüntülenmesi

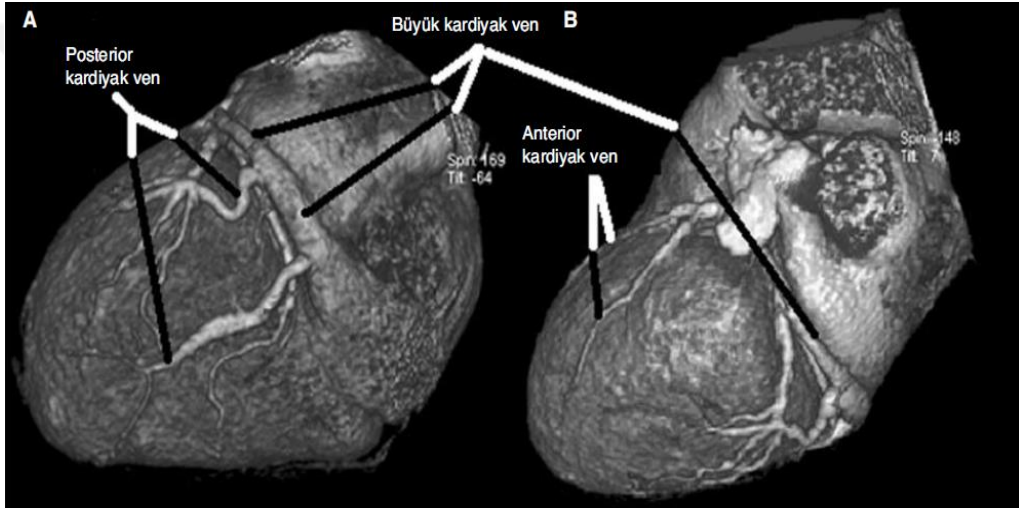
Klinik uygulamalarda CS kateterizasyonu en sık elektrofizyolojik çalışma ve kardiyak resenkronizasyon tedavisinde kullanılmaktadır. CS hakkında bilgi edinmenin en kolay yolu ise koroner anjiyografi sırasında venöz fazın dikkatle incelenmesidir (Şekil 2.5). Venöz faz fistüleri, CS'nin büyüklüğü ve dalları hakkında bilgi verir. Eğer CS kateterize edilerek dalları hakkında bilgi edinilmek istenirse, CS ağzını tıkayacak balonlu kateterler ile opak verilerek görüntüleme yapılabilir.



Şekil 2.5. CS dallarının görüntülenmesi, sağ kaudal pozda (a) arteriyal ve (b) venöz faz

2.2.4.4. Koroner sinüsün bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi

Venöz fazda çok kesitli bilgisayarlı tomografi (BT) ile görüntü alınarak CS ve dalları ayrıntılı olarak değerlendirilebilmektedir (Şekil 2.6). CS anomalilerinin, varyasyonlarının, dallarının belirlenmesi ve anatomik bariyerlerin gösterilmesi açısından BT önemli bir yere sahiptir. BT görüntülerinde klinik önemi olan farklı şekillerde varyasyonlar olmakla birlikte, en sık varikoid, filiform, wind sock şekilli veya bifid CS bildirilmiştir. Farklı şekillerde olmalarının klinik önemi bazı varyasyonlarının aritmi sıklığı ile ilişkili olmasıdır (32,33). Bu varyasyonların hemodinamik önemi yoktur fakat CS'nin kanülasyonunu zorlaştırabilirler.



Şekil 2.6. Çok kesitli BT ile CS ve dalları. A (posterior), B (anterior)

2.2.4.5. Koroner sinüs ve klinik uygulamalar

Elektrofizyolojik çalışmalarda CS'nin önemi büyüktür. Özellikle sol yerleşimli aksesuar yolların haritalanması ve ablasyonunda önemi biraz daha artmaktadır. Ayrıca klinik çalışmalar CS kas yapısının otomatiziteye yol açabilecek spontan depolarizasyon ve yavaş iletim yeteneğinin olduğunu göstermiştir (34,35,36). Ayrıca proksimal CS'yi kaplayan kas yapısının iki atriyumu birleştiren bir kas yapısı özelliğinden dolayı bazı çalışmalarda bunun atriyal fibrilasyon kaynağı olabileceği belirtilmiştir (35,36,37). Marshall veni de içindeki zengin otomatik sinir ağı ve kas dokusu ile atriyal fibrilasyona neden olabilmektedir (36,37,38).

Koroner sinüsün bir diğer önemli klinik kullanımı ise kardiyak resenkronizasyon tedavisinde kullanılıyor olmasıdır. İlerlemiş semptomatik ve azalmış sistolik fonksiyona sahip hastalarda resenkronizasyon tedavisi önemli hale gelmiştir. Senkronizasyonu iyi sağlayabilmek için CS elektrodunu büyük kardiyak venin dallarından birine yerleştirmek önemlidir. Hedef ven, sol marjinal ven ya da posterior kardiyak venlerden birisi olmalıdır. Biventriküler pacemaker öncesinde uygunluk kriterini saptamak için koroner ven haritasını invaziv olmayan yöntemle değerlendirmek için çok kesitli BT düşünülebilir (39). Ayrıca işlem öncesinde varyasyonları, anatomik bariyerleri (thebessian ve vieussens kapaklar) belirlemek, işlem sonrası komplikasyonları azaltmak açısından önem teşkil etmektedir. İşlem komplikasyonları ise; CS diseksiyonu, koroner ven perforasyonu, kardiyak tamponad, kateterin yerinden ayrılması şeklinde sıralanabilir (40).

Koroner sinüsün kullanıldığı bir diğer önemli nokta ise kalp cerrahisi sırasında kalbe CS aracılığı ile kardiyoplejik solüsyonların verilmesidir. Ciddi koroner arter hastalığı olan hastalarda antegrad kardiyoplejinin uygulanması mümkün olmayabilir. Miyokardın korunması açısından kardiyopleji verilmeden önce venöz anatomisinin iyi bilinmesi önemlidir

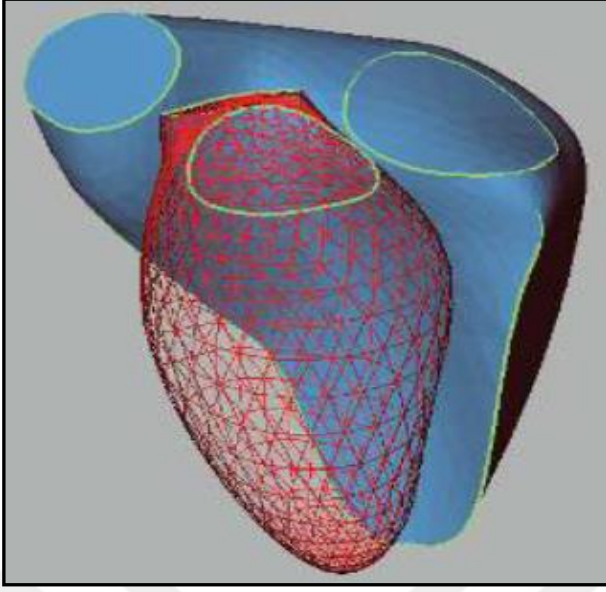
2.3. Sağ Ventrikül ve Pulmoner Arter

2.3.1. Sağ Ventrikül Anatomisi

Sağ Ventrikül Lokalizasyonu

Sağ ventrikülün (RV) ön üst yüzü genellikle konveks yapıdadır ve kalbin sternokostal yüzünün büyük bölümünü oluşturur. RV'nin ön yüzünün büyük bir kısmı perikard aracılığı ile göğüs ön duvarı ile komşu iken sol üstte kalan küçük bir bölümü ise plevra ve sol akciğerin ön kenarı ile, alt yüzü ise diyafragma ile komşudur (41,42). RV'nin sol yanında onu sol ventrikülden (LV) ayıran interventriküler septum bulunmaktadır (43,44). Bu bölme RV'ye doğru bir konveksite gösterir bu nedenle transvers görüntülemelerde RV hilal şeklinde görülür (45).

Sol ventrikülün konik şeklinin aksine RV, LV'nin önünde ve üzerine kıvrılmış halde daha çok üçgenimsi yapıdadır (Şekil 2.7).

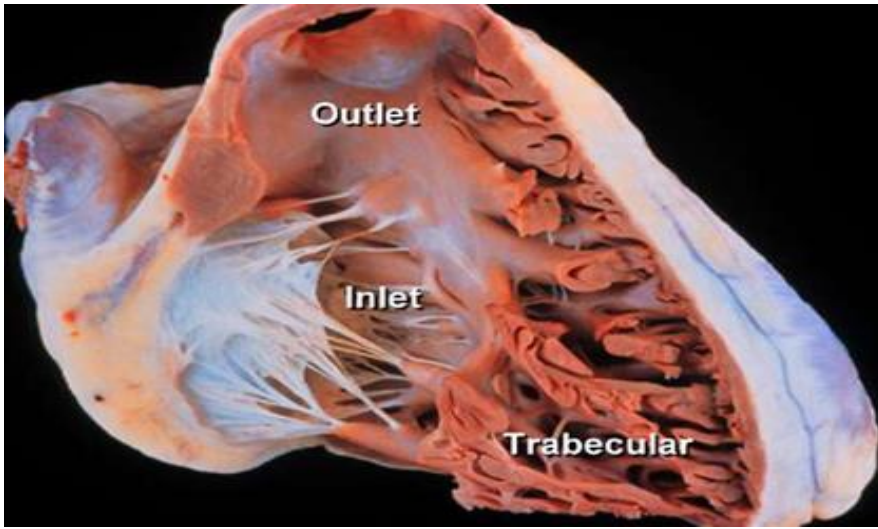


Şekil 2.7. RV ve LV şematik görünüm (Sheehan F'den alınmıştır)

Sağ Ventrikül Morfolojisi

Sağ ventrikül pulmoner kapaklar ve triküspid kapaklar arasında sınırlanmıştır. Triküspid kapağın septal leafleti ve pulmoner kapak altındaki yerler hariç RV genel olarak trabeküllü bir yapıya sahiptir. Bu trabeküller LV'ye göre daha büyüktür (46).

Sağ ventrikül; inlet, apikal trabeküler kısım ve outlet olmak üzere kabaca üç kısımda incelenebilir (Şekil 2.8) (47).



Şekil 2.8. RV kısımları

Sağ ventrikül içinde apikal trabeküler kısımda özellikle kaba trabekülasyonlar bulunmaktadır, birçok sağ kalp patolojilerinde bunlar daha belirgindir. Bu trabekülasyonlardan belirgin olanı septal duvarı destekler şekilde ventrikül bazalinden supraventriküler kreste kadar Y konfigürasyonu oluşturacak şekilde uzanır. Bu trabekülasyon septomarjinal trabekülasyon veya saptal band olarak isimlendirilir. Medial papiller kas posterokaudal kısımdan köken alırken, anterior papiller kas ventriküle doğru uzanan trabekülasyonlardan köken alır.

Septomarjinal trabekülasyonlardan bir kısmı serbest duvardan anteriora doğru uzanır. Bu trabekülasyonlardan belirgin olanı anterior papiller kasın yapısına katılır ve lateral duvarda devam eder. Bu belirgin olan trabekülasyon moderatör band olarak isimlendirilir (48).

Sağ ventrikülün inlet kısmı atriyoventriküler bileşkeden başlayarak triküspid kapakları ve papiller kasları içine alır. Triküspid kapak anterior, septal ve posterior liflet olmak üzere üç lifletten oluşmaktadır. Her bir kapak korda tendinealara, onlarda papiller kaslar sayesinde ventriküle bağlanmıştır. Septal liflet posterior ve medikal kas ile RV duvarına tutunmakla birlikte çoğu zaman çok sayıda korda ile direk RV duvarına tutunur. Anterior liflet ise anterior papiller kas ve konusdan köken alan kaslarla RV duvarına tutunur. Konus'dan köken alan bu kaslar Lancisi kasları olarak isimlendirilmiştir ve bu kaslar septal papiller grubun bir kısmını oluşturmuştur (49). Posterior liflet ise septal ve posterior papiller kaslar ile RV'ye tutunmuştur. Anteriorsüperior liflet bu üç liflet arasında en büyük olandır. Bu nedenle kapağın yeterliliğini en çok destekleyen liflettir.

Supraventriküler krest kısaca ventriküler infundibular katlantı olarak isimlendirilebilir. Bu katlantıya septamarjinal trabekülasyonun bir bacağı katılır. Bu yapı triküspid kapağı pulmoner kapaktan ayırır. Bu katlantının üst kısmı RV outletini oluşturan subpulmoner infundibulum katılır. RV'nin anteriosüperior duvarı pulmoner kapaklara kadar uzanan subpulmoner infundibulum olarak bilinen müsküler duvarı tamamlar. İfundibulum lifleri pulmoner kapağı ventriküler septumdan ayırır. İfundibulumda genellikle trabekülasyonlar bulunmaz (50).

Sağ Ventrikül Kas Yapısı

Miyokardiyum fibröz bir dokunun içinde ağ oluşturmuş miyositlerden oluşan üç boyutlu bir yapıdır. Her miyosit uzun ince şekilde yanındaki miyositin sonuna eklenir. Miyositlerin bu longitudinal şekilde oryante olmaları ile miyofibriller oluşur. Süperfisiyal ve subepikardiyal miyofibriller atriyoventriküler oluğa paralel olacak şekilde ve subpulmoner infundibulumu saracak şekilde sirkümferensiyel olarak düzenlenmişlerdir. Sternokostal açıdan bakıldığında superfisiyal fibriller apekse doğru oblik şekilde seyreder ve interventriküler oluğu çaprazladıktan sonra LV superfisiyal fibrillerine katılırlar. Diyafragmatik açıdan bakıldığında ise RV süperfisiyal fibrilleri LV fibrillerine katılmak için hafif açı ile bazale doğru dönerler. RV apeksinde ise süperfisiyal fibriller derin ya da kavitede sıralanmış subendokardiyal fibrillere katılmak için spiral bir şekil alırlar.

Sağ ventrikülde derin miyofibriller apeksten bazala kadar longitudinal şekilde sıralanmışlardır.

Normal bir kalpte trabekülasyonlar dahil edilmeden RV duvar kalınlığı 3-5 mm'dir (51). LV'ye göre daha ince olan RV duvarı longitudinal ve sirkümferensiyel şeklinde sıralanmış iki kas tabakasından oluşurken LV duvarı ise longitudinal, sirkümferensiyel ve bunların ortasında bulunan sirküler kas tabakası olmak üzere üç kas tabakasından oluşmaktadır.

Sağ Ventrikül Vaskülarizasyonu

İfundibular kısım sağ koroner arterin (RCA) konus dalı ile, RV'nin anterior duvarı RCA'nın RV dalı ile, RV'nin inferior duvarı RCA posterior dalı ile, triküspid kapak medial papiller kas grubu anterior inen arter septal dalları ile, posterior papiller kas grubu RCA posterior dalı ile, anterior papiller kas grubu RCA akut marjin dalı ile beslenmektedir (52).

2.3.2. Sağ Ventrikül Fizyolojisi

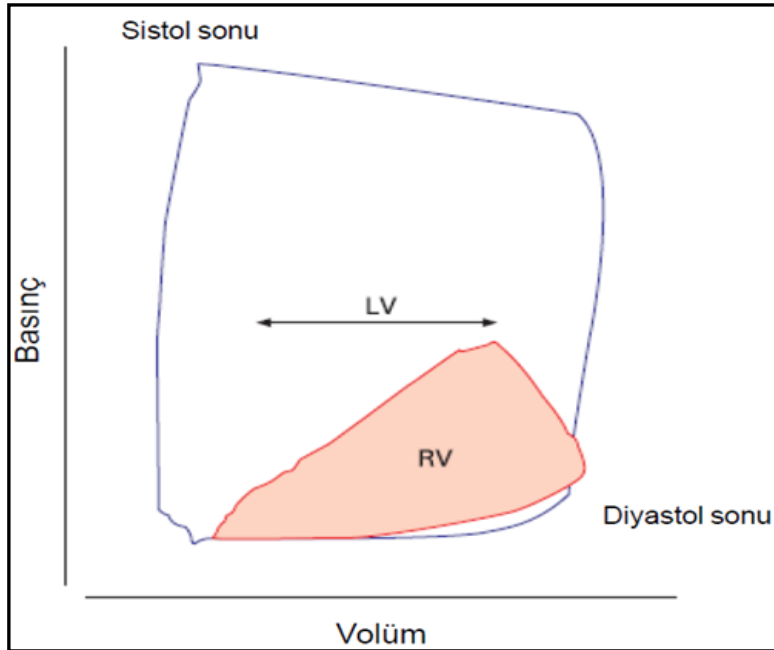
Sağ ventrikül fonksiyonel olarak RA'dan gelen venöz kanı pulmoner vasküler yatağa pompalar (45). Pulmoner dolaşımdaki direncin düşük olması nedeni ile RV'nin yüksek kavite içi basınç üretmesine ihtiyaç yoktur. RV kavite içi hacmine nispeten daha büyük bir yüzey alanına sahiptir. Bu yüzden daha az miyokardiyal kasılma ile büyük miktarda kanı pompalayabilir (44).

Sağ ventrikül kasılması üç ayrı mekanizma ile gerçekleşmektedir;

- 1- Uzun ekseninde kısalmayı ve triküspid lateral anulusunun apekse yaklaşmasını sağlayan longitudinal kasların kasılması
- 2- Sağ ventrikül serbest duvarın içe doğru hareketi ile körük etkisi oluşturmaları
- 3- Sol ventrikül kasılması ile RV serbest duvarının LV'ye temas eden noktalarının çekilmesi.

Sağ ventrikül serbest duvarının içe doğru hareketi kanın pompalanmasındaki esas mekanizmadır. Bu hareketin genişliği çok büyük değildir fakat RV'nin anatomik yapısının da katkısı ile yeterli kan pompalanmaktadır (44). RV'nin şekli küçük kasılmalarla büyük miktarda kan pompalamaya uygundur fakat yüksek dirence karşı kan pompalamaya uygun değildir (44).

Sağ ventrikülün atım hacmi oluşturmak için harcadığı enerji LV'nin harcadığı enerjinin yaklaşık dörtte biri kadardır. LV ile karşılaştırıldığında RV ejeksiyonu daha erken meydana gelir ve RV basıncı düşerken devam eder. Bu yüzden RV hacim basınç eğrisi LV'ye göre daha üçgenimsi ve trapezoidaldir (Şekil 2.9) (53).



Şekil 2.9. RV ve LV hacim-basınç eğrisi arasındaki ilişki (LV: Sol Ventrikül, RV: Sağ Ventrikül)

Sağ ventrikül ard yükündeki hafif değişiklikler, RV'deki enerji verimliliğinde büyük değişikliklere yol açabilir. Artan PVR, RV hacim-basınç eğrisinde değişiklikler yaparak şeklinin LV hacim-basınç eğrisine benzemesine neden olur (53). RV'nin ard yük duyarlılığı LV'ye göre 2-3 kat daha fazladır.

Sağ ventrikül ejeksiyonu LV'ye göre farklılık gösterir. RV ejeksiyonunun hızı LV'ye göre daha geç artar, daha geç zirve yapar ve daha geç azalır. Ejeksiyon süresinin bu kadar uzamasının nedenlerinden birisi de infundibulum kasılmasının göreceli olarak geç olmasıdır (44).

Sağ ventrikül diyastolik dönemi izovolümetrik gevşeme, erken doluş ve geç doluşu kapsar. RV doluşunun diyastolik dönemi ard yükte olan göreceli büyük değişikliklerde de stabil kalabilmesine rağmen büyük oranda ön yük bağımlıdır. Akut hacim yüklenmesi durumunda hacim-basınç eğrisi LV'ye göre daha diktir. Kronik olarak oluşan ön yük artışına LV daha kolay uyum sağlar (53).

Sağ ventrikül ve LV yüzeysel miyokardiyal lifleri paylaştıkları için her iki ventrikül fonksiyonları birbiri ile bağlantılıdır. Bu yüzden RV'nin mekanik işinin bir kısmını LV yapmaktadır (54).

Sağ ventrikül fonksiyonları pulmoner sistemden de etkilenmektedir. Nefes alıp vermekle olan pulmoner vasküler sistemdeki değişiklikler RV fonksiyonlarını etkilemektedir. Nefes almak venöz dönüşü artacağından RV ön yükünü de artıracaktır.

Sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinin klinik önemi

Sağ ventrikül fonksiyon bozukluğu yapan durumlar; basınç yüklenmesi, hacim yüklenmesi ve miyokard fonksiyon bozukluğu olarak sıralanabilir.

Sağ ventrikül basınç yüklenmesi yapan durumlar akut ve kronik olarak ikiye ayrılabilir. Kronik basınç yüklenmesi; RV çıkış yolu darlıkları, akciğer hastalıkları, tekrarlayan pulmoner emboliler, sol kalp patolojileri, primer PHT nedeni ile oluşur (55). Öncelikle RV'de korunmuş sistolik fonksiyonla birlikte kompensatuar hipertrofi meydana gelir. Takiben RV kontraktilitesi bozulur sonrasında RV'de dilatasyon meydana gelir bunları ise TY ve RA dilatasyonu takip eder (43). Akut basınç yüklenmesi ise akut pulmoner embolide olduğu gibi ani başlangıçlı artmış vasküler direnç ile olur.

RV hacim yüklenmesine neden olan durumlar ise kalp içi sol-sağ şantlı hastalıklar, sistemik arteriyovenöz şantlar, sağ kalp kapak hastalıkları ve sistemik hacim yüklenmesi olarak sıralanabilir. RV hacim yüklenmesinin en önemli bulgusu RV genişlemesidir. Bir diğer önemli bulgu da diyastol esnasında interventriküler septumun sola doğru hareketidir (44).

2.3.3. Pulmoner Arter Anatomisi

Ana pulmoner arter, vücuttan RV'ye gelen oksijenden fakir kanı pulmoner kapak aracılığı ile akciğerlere iletmektedir. Ana PA'nın ortalama uzunluğu 5 cm, ortalama çapı ise 1,5-2,2 cm'dir. RV'nin konus arteriyosus kısmından çıkmaktadır. Asendan aortanın önünde ve solunda yukarı ve geriye doğru oblik şekilde uzanmaktadır. Arkus aortanın altında sağ ve sol PA olacak şekilde iki dala ayrılmaktadır. Sağ PA, sol PA'ya göre daha uzun ve geniş bir yapıya sahiptir. Horizontal bir şekilde arkus aortanın ve SVC'nin arkasında, sağ bronşun önünde seyreder. Sağ akciğer kökünde iki dala ayrılmaktadır. Bu dallardan altta ve büyük olanı orta ve alt loba, üstte ve küçük olanı ise üst loba gitmektedir. Sol PA ise sağa göre daha kısa ve küçüktür. Sol ana bronşu çaprazlayarak iki dala ayrılmaktadır.

Pulmoner arter tutulumlarını kabaca beş grupta değerlendirebiliriz; Konjenital anomaliler, edinsel hastalıklar, PA maligniteleri, doluş defektleri, yabancı cisimler.

2.4. Sağ Kalp Yapılarının Ekokardiyografik Değerlendirilmesi

2.4.1. Sağ Atriyumun Ekokardiyografik Değerlendirilmesi

Sol atriyum ile karşılaştırıldığında RA ile ilgili klinik veri ve araştırmaların çok daha az olduğu görülmektedir. RA birçok ekokardiyografik pencereden değerlendirilebilse de en sık kullanılan görüntü pencereleri apikal dört boşluk (A4C) ve subkostal görüntülerdir. RA'nın uzun eksen ölçümü triküspid anulusundan İAS'ye paralel olacak şekilde RA süperioruna kadar olan mesafenin ölçülmesi ile belirlenir. RA kısa eksen mesafesi ise orta RA serbest duvardan İAS'ye kadar olan mesafenin ölçülmesi ile belirlenir. Kardiyak siklüsda sistol sonunda A4C'de RA boyutları ortalama şu şekildedir; uzun eksende 3.4-5.3 cm,

kısa ekseninde ise 2.6-4,4 cm'dir (56).

Sağ atriyum alanı ventriküler sistol sonunda planimetrik olarak ölçülür. RA alanı hesap edilirken triküspid anulus ve lifletler arasındaki alan, IVC, VCS ve RA apendiksi dahil edilmez (57). RA alanının $>18 \text{ cm}^2$ olması RA dilatasyonu şeklinde yorumlanabilir. RA alanı, RV diyastolik fonksiyon bozukluğu ile yakından ilişkili olup yetersiz görüntü nedeni ile değerlendirilemeyen hastalarda doğrusal uzunlukların ölçülmesi önerilmektedir (57).

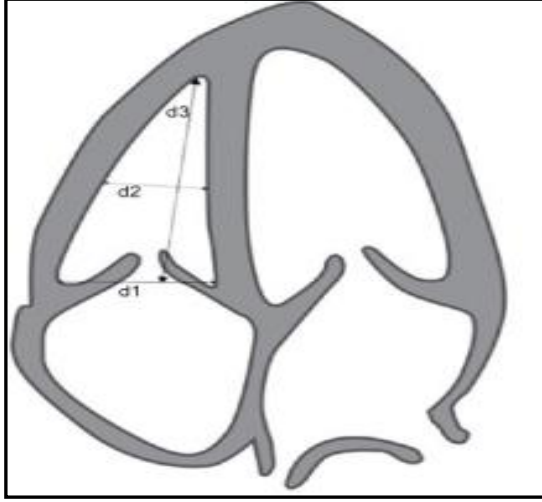
2.4.2. Sağ Ventrikülün Ekokardiyografik Değerlendirilmesi

Sağ ventrikülün değerlendirilmesinde ekokardiyografi invaziv olmayan, ucuz ve kolay ulaşılır bir yöntem olması nedeni ile sık kullanılmaktadır. RV'nin anatomik konumu, karmaşık geometrik yapısı, pürüzlü endokardiyal yüzeyi, sahip olduğu kompleks kasılma mekanizması, fonksiyonlarının pulmoner belirteçlerden ve LV fonksiyonlarından etkilenebilir olması gibi nedenler RV'nin ekokardiyografik değerlendirilmesini zorlaştırmıştır. Bundan dolayı RV'nin ekokardiyografik değerlendirmesinde birçok metod bir arada kullanılmaktadır (58).

Sağ ventrikül duvar kalınlığı ve çaplarının ölçümü

Sağ ventrikül boyutu normalde A4C'de bazal seviyede ortalama 27-33 mm, mid seviyede 20-28 mm'dir. Apeks-bazal uzunluğu ise ortalama 71-79 mm'dir. RV dilatasyonunu değerlendirmenin en kolay yolu ise RV/LV boyutlarının karşılaştırılmasıdır. A4C'de diyastolik görüntülerde RV alanının LV alanına eşit ya da daha fazla olması, RV'nin apekse katılması RV dilatasyonunu gösterir. Bazal çap; A4C'de bazal 1/3'lük kısmının çapıdır. Mid çap ise orta 1/3'lük kısımdan LV papiller kas hizasından alınan ölçümdür (Şekil 2.10). RV'nin bazal çapının 42 mm'den, mid çapının 35 mm'den, apeks-bazal çapının 86 mm'den büyük olması RV dilatasyonunu gösteren ekokardiyografik ölçüm değerleridir (57).

Sağ ventrikül duvar kalınlığı normalde 5 mm'den daha incedir. En iyi RV duvar kalınlığının, subkostal açıdan triküspid kapak korda düzeyinden, EKG'de R dalgasının tepe noktasında iken yapılan ölçümle daha doğru sonuç alınacağı bildirilmiştir.



Şekil 2.10. A4C’de RV çaplarının ölçülmesi

Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi

Sağ ventrikülün diyastol sonu alanından sistol sonu alanının çıkarılarak diyastol sonu alana bölünmesi ile RV fraksiyonel alan değişimi (FAC) hesaplanır. Daha önce yapılan çalışmalarda RV-FAC ve MR ile hesap edilen RV ejeksiyon fraksiyonunun (EF) korele olduğu görülmüştür (57). Aşağıdaki formüle göre RV-FAC hesaplanır (57).

$$RV\ FAC = 100 \times \frac{(RV\ diyastol\ sonu\ alan)-(RV\ sistol\ sonu\ alan)}{(RV\ diyastol\ sonu\ alan)}$$

RV-FAC < %35 olması RV sistolik fonksiyon bozukluğu olduğunu göstermektedir (57).

Triküspid sistolik anüler yer değiştirme

Triküspid sistolik anüler yer değiştirme (TAPSE), A4C’de M-mod ile sistol sırasında triküspid lateral anulusunun apekse doğru yer değiştirme mesafesinin ölçümüdür (57). RV’nin longitudinal düzlemde olan sistolik fonksiyonu hakkında bilgi verir. Genel fonksiyonu hakkında bilgi vermez. Daha önceki yapılan çalışmalarda radyonüklid anjiyografi ile belirlenen RV fonksiyonu ile TAPSE’nin ilişkili olduğu belirtilmiştir (59). TAPSE <17 mm olması RV disfonksiyonunu göstermektedir (60).

Sağ ventrikül miyokardiyal performans indeksi (Tei indeksi)

Global ventrikül fonksiyonunu yansıtan miyokardiyal performans indeksi, izovolümetrik kontraksiyon ve izovolümetrik gevşeme zamanlarının toplamının pulmoner ejeksiyon zamanına bölünmesi ile hesaplanır. RV miyokardiyal indeksinin normal değeri 0.28 ± 0.04 'dür. Sistolik disfonksiyonda kontraksiyon zamanında uzama ve ejeksiyon süresinde kısalmaya bağlı, diyastolik disfonksiyonda ise gevşeme zamanında olan uzamaya bağlı olarak miyokardiyal performans indeksi artar (61). İndeksin >0.4 olması RV disfonksiyonunu gösterir. RV miyokardiyal performans indeksinde olan artışın kötü prognozu öngörmede yararlı bir prediktör olduğu gösterilmiştir (62).

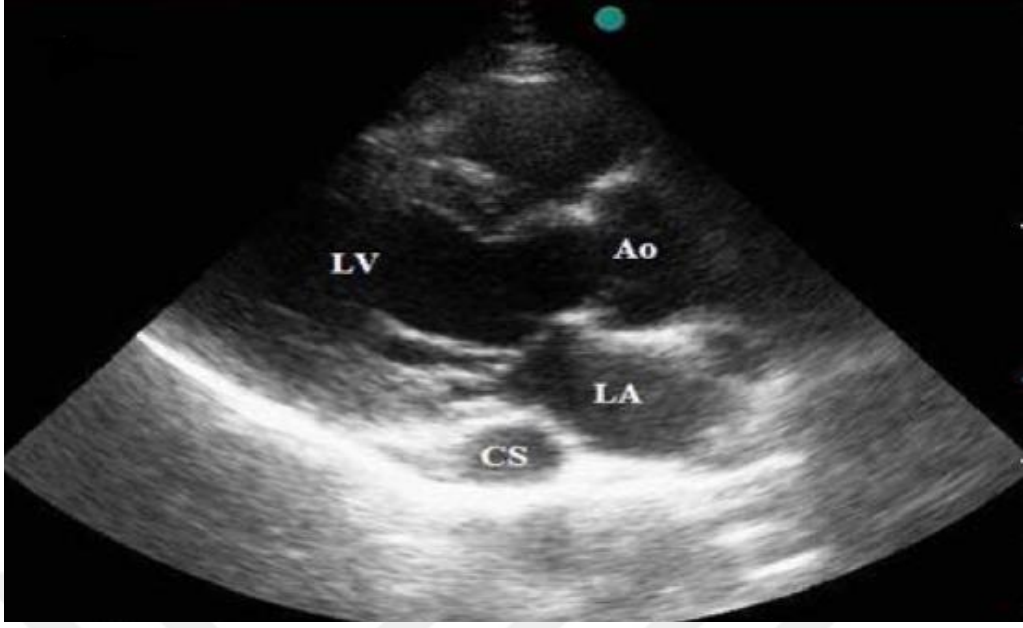
Triküspid anüler doku doppler RV sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer yöntemdir. A4C'de doku doppler ile triküspid anulus doku doppler hızları kayıt edilebilir. Sistolik doku doppler hızının 10 cm/sn'den daha düşük olması RV sistolik disfonksiyonunu göstermektedir (57).

Sağ ventrikül dp/dt

İzovolümetrik kontraksiyon zamanında RV içindeki basınç değişimini yansıtır. TY akım hızının 2 m/sn ile 1 m/sn arasındaki gradiyent farkının saniye değerinden zamana bölünmesi ile elde edilir. Elde edilen değer <400 olması RV disfonksiyonunu gösterir.

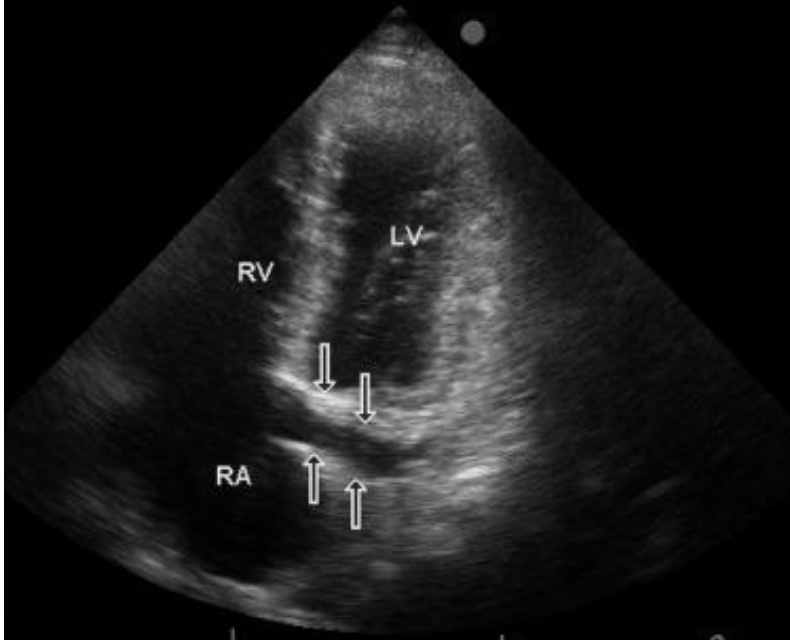
2.4.3. Koroner Sinüsün Ekokardiyografik Değerlendirilmesi

Koroner sinüs, ekokardiyografide parasternal uzun akstan, RV inflow penceresinden ve apikal pencerelerden görüntülenebilir. Parasternal uzun aksta posterior atriyoventriküler olukta bulunan CS, bu pencerede desendan aortanın önünde yer almaktadır (Şekil 2.11). Aortadan farklı olarak; kardiyak siklusta kalple birlikte hareket etmektedir, desendan aortada ise bu hareket görülmemektedir.



Şekil 2.11. Parasternal uzun aksta CS görüntüsü (CS: Koroner Sinüs, LA: Sol Atriyum, LV: Sol ventrikül)

Apikal dört boşlukta ise proba hafif posterior tilting yaptırarak arka duvarda, atriyoventriküler olukta seyreden CS ve RA'ya girişi ekokardiyografik olarak görüntülenebilir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Koroner sinüs A4C görüntüsü (LV: Sol ventrikül, RA: Sağ Atriyum, RV: Sağ Ventrikül)

Normal sinüs ritmindeki bir kişide EKG'deki P dalgasının sonrasında CS kontraksiyonu görülmektedir. Bu kontraksiyon A4C'de CS üzerine konulan M-mod tekniği ile görüntülenebilir. Atriyal kontraksiyonun ardından CS, normal çapının yaklaşık %50 si kadar daralmaktadır. CS'nin en geniş çapı ise ventriküler sistol sırasındadır. Konjestif kalp yetmezliği olan bir hastada belirgin venöz konjesyon varsa CS kasılması azalmıştır. Bu kontraksiyondaki azalma artmış RA basıncının ekokardiyografik bir göstergesidir (63).

2.4.4. Pulmoner Arterin Ekokardiyografik Değerlendirilmesi

Pulmoner hipertansiyonda PA ve RV çıkış yolunun (RVOT) ekokardiyografi ile değerlendirilmesi önemlidir. Çünkü kronik PHT'de PA'nın çoğunlukla genişlediği bilinmektedir. PA ve RVOT'u ekokardiyografik olarak parasternal kısa akstan değerlendirmek mümkündür. PA'nın çapı kapak altı seviyede yaklaşık olarak 1,5-2,1 cm arasındadır. PA çapı 2,2-2,5 ise hafif dilate olmuş, >2,5 cm ise dilate olmuş, $\geq 3,0$ cm ise ileri dilate olmuş demektir. Ayrıca pulmoner kapağın M mod ekokardiyografi ile de incelenmesi mümkündür. Örneğin; PHT'de pulmoner kapağın M mod incelemesinde sistolde karakteristik W şeklinde açılım görülmektedir (64). Pulmoner kapak hareketine bakarak sistolik PAB ve PVR artışı tahmin edilebilmektedir. Pulmoner kapak sistolde hızlı açılır, sistol ortasında yarı kapanır ve geç sistolde yeniden açılır, bu da bize sistolik PAB artışını göstermektedir (65).

Pulmoner arter ile değerlendirilmesi gereken bir değer önemli yapı ise RVOT'dur. RVOT'un, parasternal uzun akstan da değerlendirilmesi mümkün olsa da proksimal ve distal çaplarının en uygun değerlendirildiği pencere parasternal kısa akstır. Parasternal kısa aksta RVOT distal çapı ortalama 17-27 mm arasında, proksimal çapı 21-35 mm arasındadır. Parasternal uzun aksta ise RVOT çapı ortalama 20-33 mm arasındadır. RVOT distal çapının kısa aksta >27 mm olması, RVOT proksimal çapının uzun aksta >33 mm olması RVOT'un dilate olduğunu göstermektedir.

2.5. Pulmoner Arter ve Sağ Atriyal Basınç Tahminleri

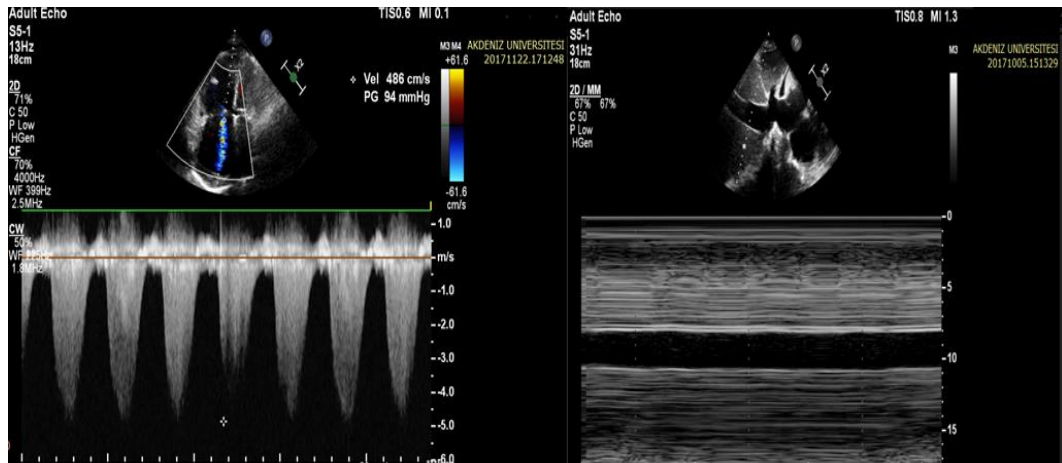
2.5.1. Pulmoner Arter Basınç Tahminleri

Triküspid darlık ya da pulmoner darlık olmadığı durumlarda RV sistolik basıncının sistolik PAB'a eşit olduğu kabul edilir. TY üzerinden yapılan PAB ölçümü en güvenilir olan yöntemdir. TY jetinin ilk defa kaydedilmesi 1984 yılında Yock ve Popp tarafından sağ kalp yetmezliği bulunan 62 hastalık bir seride gösterilmiştir (2). Sadeleştirilmiş Bernoulli denkleminde TY'nin maksimum jetini kullanarak transtriküspit gradiyent hesaplamışlar ve bu gradiyente tahmini RA basıncını eklediklerinde kateterizasyonla elde edilen RV sistolik basınca çok yakın değerler elde etmişlerdir.

Sistolik PAB hesap edilirken doppler kursorünün yetmezlik akımına paralel düşmesi maksimum akım hızının ölçümünü sağlayacaktır bu da sistolik PAB hesabının doğruluğunu artıracaktır. Sistolik PAB, Bernoulli denklemi kullanılarak, A4C'den ya da RV giriş yolu penceresinden ölçülen maksimum TY akım hızının karesinin dört ile çarpılarak üzerine tahmini RAP'ın eklenmesi ile elde edilir (Şekil 2.13).

Sistolik PAB: $4 \times (\text{TY akım hızı})^2 + \text{tahmini RAP}$

Triküspid yetmezliği üzerinde sistolik PAB hesabının duyarlılığının %79-100, özgüllüğünün %60-98 olduğu gösterilmiştir (66).



Şekil 2.13. Sistolik PAB hesabı (TY maksimum akım hızı: 4.9 m/sn, RA:20 mmHg. $\text{PAB}=4 \times (4.9)^2 + 20 = 116 \text{ mmHg}$)

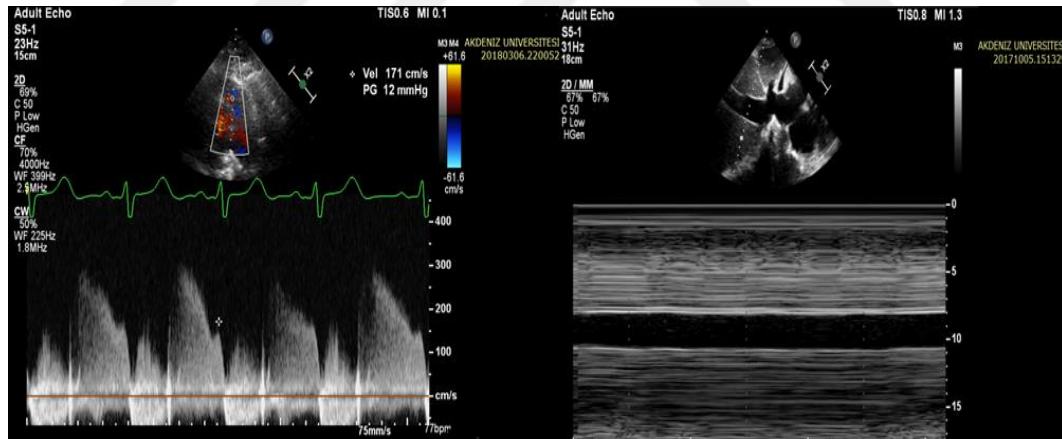
Maksimum TY akım hızını ölçmenin zor olduğu hastalarda ajite serum ile doppler sinyallerinin algılanması kolaylaştırılarak TY trasesinin daha doğru değerlendirilmesi düşünülebilir.

Triküspid yetmezliği üzerinden hesap edilen PAB ile kateterizasyonla doğrudan ölçülen PAB arasında iyi bir korelasyon vardır. Fakat yanlış yorumlara engel olmak için PAB'ın fizyolojik aralığının yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksiyle farklılık gösterdiği göz önüne alınmalıdır. Yaşlı ve obez kişilerde sistolik PAB'ın 40 mmHg'ye kadar normal olduğu kabul edilebilir (67). Yine egzersizle de sistolik PAB'ın arttığı unutulmamalıdır.

Pulmoner yetmezlik (PY) zirve akım hızı ve diyastol sonu akım hızı kullanılarak Bernoulli denklemi ile ortalama ve diyastolik PAB hesap edilebilir.

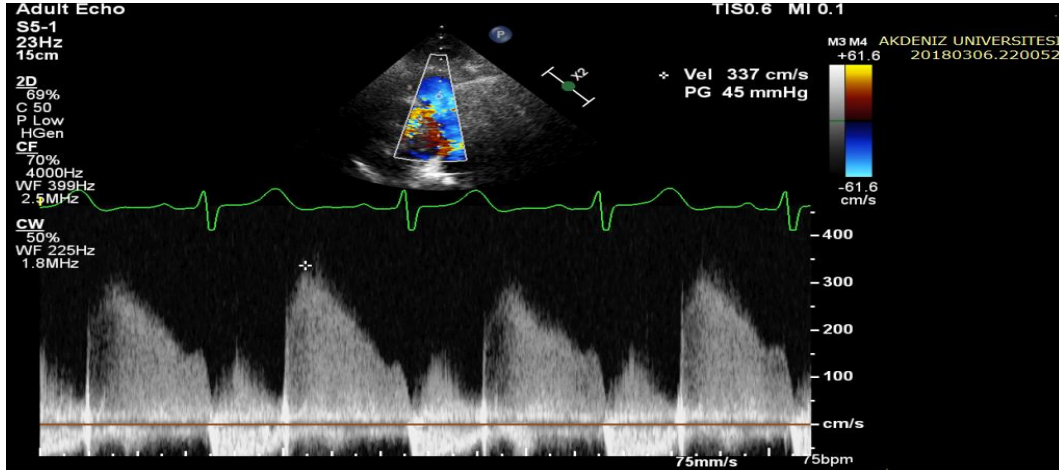
Diyastolik PAB=4 X (PY diyastol sonu akım hızı)²+ tahmini RAP (Şekil 2.14).

Doppler ile hesap edilen ölçümlerin hemodinamik olarak hesap edilen verilerle oldukça korele olduğu belirtilmiştir (3).



Şekil.2.14. Diyastolik PAB hesabı (PY diyastol sonu akım hızı:1.7 m/sn, RA:20 mmHg. Diyastolik PAB: 4 X (1.7)² + 20=31,5 mmHg)

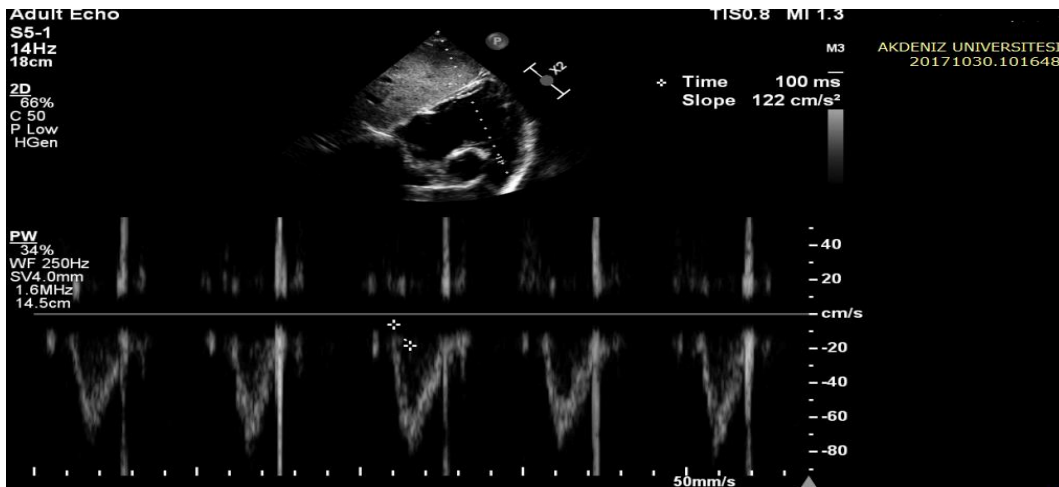
Ortalama PAB=4 x (PY zirve akım hızı)² (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Ortalama PAB hesabı (PY zirve akım hızı: 3.3 m/sn. Ortalama PAB: $4 \times (3.3)^2 = 43,5$ mmHg)

Triküspid ve pulmoner yetmezliğin olmadığı hastalarda ise PAB tahmini hesabında pulmoner akselasyon zamanı (ACT) kullanılabilir. PAB yükseldikçe pulmoner akım hız zaman integralinde azalma ve akımın tepe noktasına kadar geçen sürede (akselasyon zamanı) kısalma görülür (57). Ortalama PAB, ACT kullanılarak hesap edilebilir (68). Bu formül kullanılırken ACT'nin kalp hızından ve kardiyak debiden etkilendiği unutulmamalıdır (69). Normal değeri >130 milisaniedir.

Ortalama PAB=79 - (0.45 X pulmoner ACT) (Şekil 2.16).

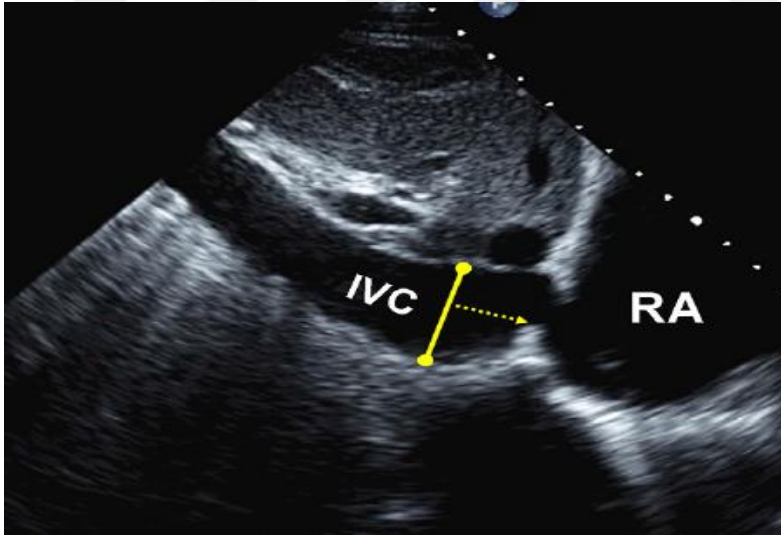


Şekil 2.16. ACT üzerinden ortalama PAB hesabı (ACT: 100 msn. Ortalama PAB: $79 - (0.45 \times 100) = 34$ mmHg)

2.5.2 Sağ Atriyum Basıncı Tahminleri

Sağ atriyum basıncı en yaygın şekilde IVC çapına ve inspiratuar kollapsına göre tahmin edilir (70). RAP artıkça bu artış IVC'ye iletilir bu da IVC dilatasyonu ve inspiratuar kollapsının azalması ile sonuçlanır. Bu iki parametrenin kombinasyonu ile çoğu hastada belli aralıklarda RAP'ı tahmin edebiliriz. IVC normal çapı 1.2-2.3'dür ve inspirasyonla %50'den fazla küçülmesi beklenir. IVC çapı ve kollapsını ölçmek için en sık IVC'nin uzun ekseninde görülebildiği subkostal açı kullanılır (58). IVC çap ölçümü ekspirasyon sonunda hepatic venlerle IVC'nin birleşim yerinin proksimalinden yaklaşık olarak RA ile IVC bileşkesinin 0.3-0.5 cm proksimalinden ölçülmelidir (Şekil 2.17) (71,72). IVC kollapsını doğru değerlendirmek için ekspirasyon sonrası ve inspirasyonda IVC çapları ölçülmelidir.

Dilate olmuş IVC artmış RA basıncını gösterse de normal sonuçlara sahip hastalarda yanlış ölçümden kaçınmak için IVC çapı ve kollapsının sol lateral pozisyonda ölçmek faydalı olabilir. Ayrıca genç atletlerde de IVC dilate olabilir, bu hastalarda IVC çapı RA basıncını yansıtmamaktadır.



Şekil 2.17. IVC ölçümü (IVC: İnförrior Vena Kava, RA: Sağ Atriyum)

Hepatic ven akım paternleri de RAP hakkında bilgiler verir. Normal ya da düşük RA basıncında hepatic ven akımlarında sistolik dominansı vardır, sistolik dalga diyastolik dalgadan daha büyüktür. RAP arttığında ise sistolik dominansı kaybolur ve diyastolik dalga sistolik dalgadan daha büyük olur. Hepatic ven

sistolik doluş fraksiyonunun $[\text{sistolik dalga} / (\text{sistolik dalga} + \text{diastolik dalga})]$ $< \%55$ olması RA basınç yüksekliğinin en spesifik ve sensitif bulgusudur (73).

Artmış RA basıncının diğer ekokardiyografik bulguları arasında dilate olmuş RA ve LA'ya bulging yapan İAS bulunmaktadır. Bunlar niteliksel ve karşılaştırmalı bir RAP'ı tahmin etmede faydalı değildir fakat bu bulguların olması halinde RA basıncına yönelik ayrıntılı incelemeler yapılmalıdır.

Inferior vena kava çapı ve inspiratuar kollapsına göre RAP tahmin etmede farklı görüşler ve modeller vardır.

1990'da Kircher ve ark. yaptığı 83 kişilik çalışmada IVC inspiratuar kollapsı $> \%50$ ise tahmini RAP 0-10 mmHg arasında ortalama 5 mmHg olarak belirlenmiştir. IVC inspiratuar kollapsı $\leq \%50$ ise tahmini RAP > 10 mmHg ortalama 15 mmHg olarak belirlenmiştir (74).

Pepi ve ark. göre ise IVC inspiratuar kollapsı $\geq \%45$ ise tahmini RAP 6 mmHg, IVC inspiratuar kollapsı $\%35-45$ arasında ise tahmini RAP 9 mmHg, IVC inspiratuar kollapsı $< \%35$ ise tahmini RAP 16 mmHg olarak belirtilmiştir (75).

Lang ve ark. göre IVC çapı ≥ 17 mm ve IVC inspiratuar kollapsı $\geq \%50$ ise tahmini RAP 6-10 mmHg arasında ortalama 10 mmHg, IVC inspiratuar kollapsı $\%10-50$ arasında ise tahmini RAP 10-15 mmHg arasında ortalama 15 mmHg, IVC inspiratuar kollapsı $< \%10$ ise tahmini RAP > 15 mmHg ortalama 20 mmHg olarak belirtilmiştir. IVC çapı < 17 mm ve IVC inspiratuar kollapsı $\geq \%50$ ise tahmini RAP 0-5 mmHg arasında ortalama 5 mmHg olarak belirtilmiştir (76).

Brennan ve ark. yaptığı 102 hastalık çalışmada IVC çapı > 21 mm ve IVC inspiratuar kollapsı $> \%50$ ise tahmini RAP 0-10 mmHg arasında ortalama 10 mmHg, IVC inspiratuar kollapsı $\%35-50$ arasında ise tahmini RAP 10-15 mmHg arasında ortalama 15 mmHg, IVC inspiratuar kollapsı $< \%35$ ise tahmini RAP 10-20 mmHg arasında ortalama 20 mmHg olarak belirtilmiştir. IVC çapı 17-21 mm arasında ve IVC inspiratuar kollapsı $> \%50$ ise tahmini RAP < 5 mmHg ortalama 5 mmHg, IVC inspiratuar kollapsı $\%35-50$ arasında ise tahmini RAP 0-10 mmHg arasında ortalama 10 mmHg olarak belirtilmiştir. IVC çapı < 17 mm ve IVC inspiratuar kollapsı $> \%50$ ise tahmini RAP < 5 mmHg ortalama 5 mmHg, IVC kollapsı $\%35-50$ arasında ise tahmini RAP 0-10 mmHg arasında ortalama 10 mmHg olarak belirtilmiştir (77).

American Society of Echocardiography 2010 Kılavuzu'na göre IVC çapı ≤ 21 mm ve IVC inspiratuar kollapsı $\geq 50\%$ ise tahmini RAP 0-5 mmHg arasında ortalama 3 mmHg olarak belirtilmiştir. IVC çapı ≥ 21 mm ve inspiratuar kollapsı $< 50\%$ ise tahmini RAP 10-20 mmHg arasında ortalama 15 mmHg olarak belirtilmiştir. IVC çapı ve inspiratuar kollapsı net değerlendirilemeyen veya RAP tam tahmin edilemeyen ve ortalama 5-10 mmHg arasında kabul edilen (IVC çapı > 21 mm ve inspiratuar kollapsı $> 50\%$ ya da IVC çapı ≤ 21 ve inspiratuar kollapsı $< 50\%$ olan hastalar) hastalarda yüksek RAP'ı belirlemek için ikincil parametreler kullanılabilir. Bunlar; restriktif triküspid doluş paterni, triküspid E/E' > 6 olması ve hepatic ven dalgalarında diyastolik dalga baskınlığının olmasıdır (sistolik doluş fraksiyonu $< 55\%$) (57).

2.6. Sağ Kalp Kateterizasyonu

Son yıllarda yoğun bakım hastalarında uygulanan PA kateterizasyonunun zararlı olabileceğini gösteren bulguların yanında invaziv olmayan kardiak görüntüleme yöntemlerinin tanı koymadaki değerinin artması SKK'de azalmaya neden olmuştur (78). Ancak SKK, kalp debisini (CO) hesaplamak için direk hemodinamik veriler sağladığı, intrakardiyak şantlar ve kapak fonksiyonlarını değerlendirebildiği için bir kardiologun tanı koymadaki en önemli araçlarından birisidir. SKK, PHT tanısı ve kalp/akciğer nakline gidecek hastaların operasyon öncesinde değerlendirilmesi için altın standarttır (79,80).

İlk kalp kateterizasyonu 1844'de Claude Bernard tarafından atlarda yapılmıştır (81). İnsanlarda ilk olarak 1929'da Almanya'da Werner Forssmann tarafından uygulanmıştır. Forssmann X-ray ışını ile doğrularak üretral kateter ile antekubital venden RV'ye ulaşarak insanda ilk basınç ölçümlerini yapmıştır (82). Andre Cournard ve Dickinson Richards ise CO hesaplanmasını sağlayan fick metodunu bulmuşlardır ve sağ kalp hemodinamiklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamışlardır. İlk balonlu kateterler Jeremy Swan ve William Ganz tarafından geliştirilmiştir (83). 1980'lerde bu kateterler yoğun bakım ünitelerinde çok sık kullanılmıştır.

Retrospektif ve prospektif verileri içeren geniş çaplı bir derlemede SKK sırasında olan ciddi yan etkilerin oranı %1,1 olarak mortalite oranı ise %0,05

olarak bildirilmiştir (84). Bu nedenle hastalar yapılacak işlemin endikasyonları, riskleri ve yapılacak işlem hakkında bilgilendirilmelidir.

Sağ kalp kateterizasyonu ve pulmoner basınçların ölçümü için endikasyonlar (85);

- Şok tanısında
- Yüksek ya da düşük basınçlı pulmoner ödemin ayrımında
- Primer PHT tanısında
- Kapak hastalıkları, intrakardiyak şantlar, tamponad tanısında
- Komplikasyonlu miyokard enfarktüsünün takip ve tedavisinde
- Tedaviye hemodinamik yanıtın değerlendirilmesinde
- Multiorgan yetmezliği takibinde
- Kardiyak cerrahi sonrası hemodinamik dengesizliğin izlenmesinde
- Primer PHT'li hastanın tedaviye yanıtının değerlendirilmesinde

Sağ kalp kateterizasyonu için kontraendikasyonlar;

- Triküspid ya da pulmoner mekanik protez kapak
- Sağ boşluklarda trombüs
- Triküspid ya da pulmoner kapak endokarditi

2.6.1. Venöz Giriş

Operatör deneyimi, kardiyak cihazların varlığı, eski kateterin varlığı ve eski venöz kanülasyonun varlığı yapılacak işlemin kolaylığı ve gelişebilecek komplikasyonlarla ilişkilidir. SKK ve sol kalp kateterizasyonu birlikte yapılacak olan hastalarda radyal arter ve antekübital ven kullanımının güvenilirliği ve fizibilitesi bir takım küçük çalışmalarda gösterilmesine rağmen sağ kalp kateterizasyonu yapılacak hastalarda en sık venöz girişim yapılan ven femoral vendir (86,87). Dezavantajı kateterin sürüklenmesi zor olduğu için floroskopi gerekmesidir.

Ultrasonografi eşliğinde internal juguler vene girişimde başarı oranı yüksek, komplikasyon oranı az ve venöz girişim daha hızlıdır (88). Subklavyen vene girişim için ultrason kullanımı hakkında çok az veri vardır.

Sağ atriyuma ulaşılması için kateterin internal juguler ven üzerinden 15-20 cm, subklavyen ven üzerinden 10-15 cm, femoral ven üzerinden 25-30 cm ilerletilmesi gerekmektedir.

2.6.2. Sağ Kalp Kateterizasyonu Komplikasyonlar

Her türlü santral venöz girişimde hemoraji, pnömotoraks ve enfeksiyon en sık görülen komplikasyonlardır. Subklavyen girişim sırasında pnömotoraks daha sık olmaktadır (85).

En sık görülen komplikasyonlar giriş sırasında görülmektedir ve bunlar kısmen daha az riskli olup kendiliğinden düzelebilmekte ve hemen saptanabilmektedir. İntraventriküler ve PA'daki komplikasyonlar daha geç fark edilmekte ve daha ciddi sonuçlar doğurabilmektedir.

Kateterin ilerletilmesi sırasında oluşan komplikasyonlar; aritmiler, damar duvarı inflamasyonları ve rüptürleri, nadir de olsa atriyoventriküler bloklardır.

Kateter akciğer içinde iken oluşan komplikasyonlar ise; PA'da rüptür, pulmoner enfarktüs ve tromboembolik olaylardır. Genellikle bu komplikasyonlarda acil müdahale gerekmektedir. Mitral kapak hastalığı ve diğer nedenlere bağlı PHT, hipotermi, ileri yaş, antikoagülan kullanımı PA rüptürü için önemli risk faktörleridir (89).

Enfeksiyon, endokardit ve hava embolileri de diğer komplikasyonlar arasında sayılabilir.

2.6.3. Sağ Kalp Kateterizasyonu ve Hemodinamik Veriler

Sağ kalp kateterizasyonu sırasında şu hemodinamik verilere ulaşılabilir (90,91);

- Sağ atriyum basıncı
- Sağ ventrikül basıncı
- Pulmoner arter basıncı (sistolik, diyastolik, ortalama)
- Pulmoner arter kama basıncı, LA basıncı ve ya LV diyastol sonu basıncı
- Kalp debisi ve/ve ya indeksi
- Pulmoner vasküler direnç
- Sistemik vasküler direnç
- Transpulmoner gradyent ve/ve ya diyastolik basınç farkı

Kalp debisi

Kalp debisi ölçümü için Fick ve termodilüsyon yöntemi olmak üzere iki yöntem bulunmaktadır. Termodilüsyon yöntemi ile PA kateterizasyonu yapılır ve oda sıcaklığında olan 10 ml salin PA'ya enjekte edilir. PA kateteri ucundaki termosistör ile kan ısısının değişikliği izlenir ve zaman-ısı değişikliği eğrisinden faydalanılarak CO hesap edilir. Termodilüsyon yönteminin çok düşük CO'su olan hastalar ve/ve ya ciddi TY'si olan hastalarda kullanılması önerilmektedir (1). Fick yönteminde ise CO oksijen alımına göre hesap edilir. PA ve RA oksijen saturasyonu ve sistemik oksijen saturasyonu Fick yöntemi ile CO hesaplanması için gerekmektedir (92).

Ek olarak CO'ya ortalama vücut alanının bölünmesi ile kardiyak indeks hesap edilmektedir. Kardiyak indeks genellikle 2.4-4 L/dk/m² arasında değişmektedir (93).

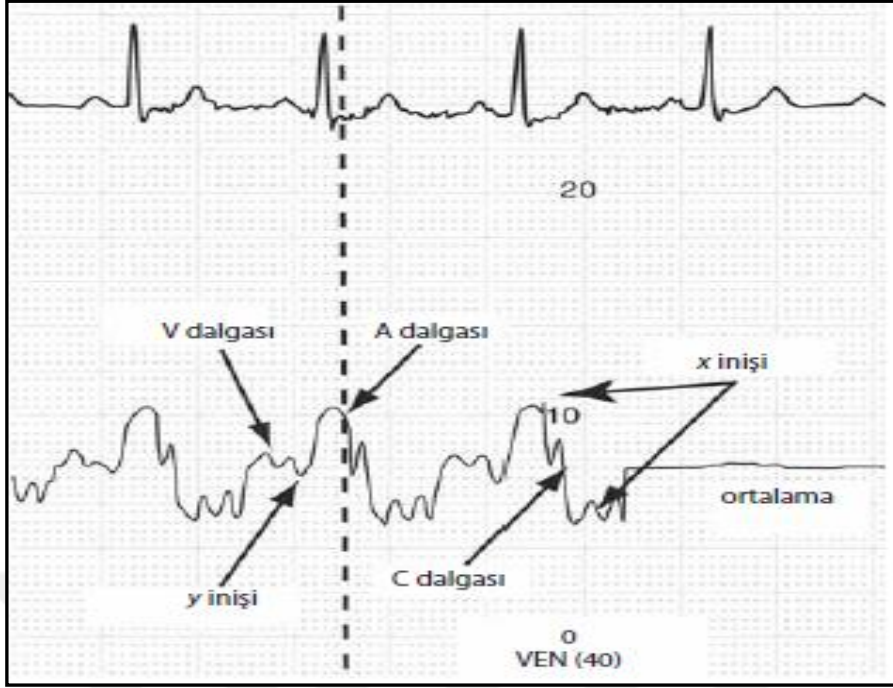
$$CO = [\text{oksijen tüketimi(ml/dk)}] / (\text{arter- miks venöz oksijen saturasyonu}) \times \text{hemoglobin değeri} \times 10 \times 1.36$$

Pulmoner kapiller uç basıncı

Pulmoner kapiller uç basıncı, RA'da şişirilmiş olan balonun PA distal dalda sıkışması ile elde edilir. Distal PA'da ölçülen bu basınç LA basıncına eşittir. Direk alınan LA basıncı ile PKUB karşılaştırıldığında basınç iletilmesindeki gecikmeden dolayı a dalgası EKG'deki P dalgasından daha sonra olmaktadır. Yine benzer şekilde dalganın komponentleri de gecikmiştir.

PKUB dalga komponentleri şu şekilde sıralanabilir (Şekil 2.18);

- a dalgası: LA kasılması
- x inişi: LA gevşemesi ve LV kasılması sırasında mitral kapağın aşağı doğru hareketi
- c dalgası: Mitral kapağın kapanması
- v dalgası: LA doluşu
- y inişi: LA boşalması



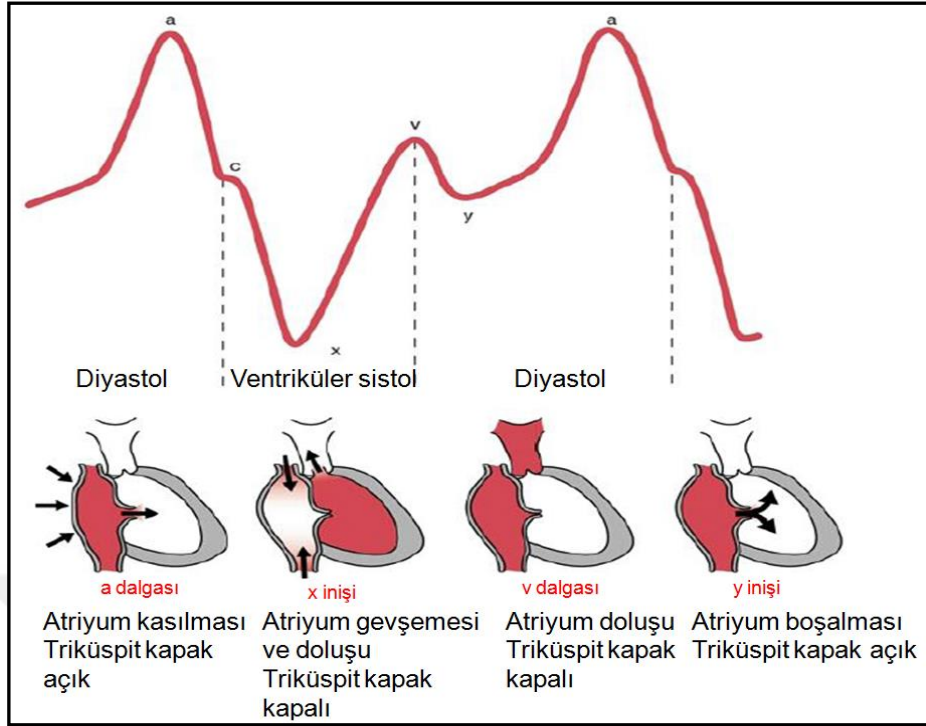
Şekil 2.18. PKUB eğrisi (Watson'dan alınmıştır)

Pulmoner kapiller uç basıncı, en az üç ölçüm sonrası ve ekspirasyon sonrasında alınmalıdır (94). Ortalama PKUB 8-12 mmHg arasındadır.

Sağ atriyum basıncı

Santral venöz basınç ve RAP hemen hemen RV diyastolik basıncına eşittir. Ortalama RAP 0-6 mmHg arasında değişmektedir. RA basınç dalgaları RA'ya dönen kanla RV diyastol sonu basıncın yansımalarıdır. RA'da oluşan dalga komponentleri PKUB'da olan dalga komponentleri ile aynıdır (Şekil 2.19). EKG ile birlikte değerlendirildiği zaman bu mekanik olaylar 80-100 msn gecikme ile yazdırılabilir (95). Bu PKUB'da olan gecikmeden daha azdır.

Sağ atriyal basınç yüksekliği yapan durumlar; RV sistolik fonksiyon bozukluğu, RV infarktüsü, triküspid kapak hastalıkları, sol-sağ şantlar, pulmoner stenoz, PHT, konstrüktif perikardit, kardiyak tamponad şeklinde sıralanabilir.



Şekil 2.19. RA basınç eğrisi

Pulmoner arter basıncı

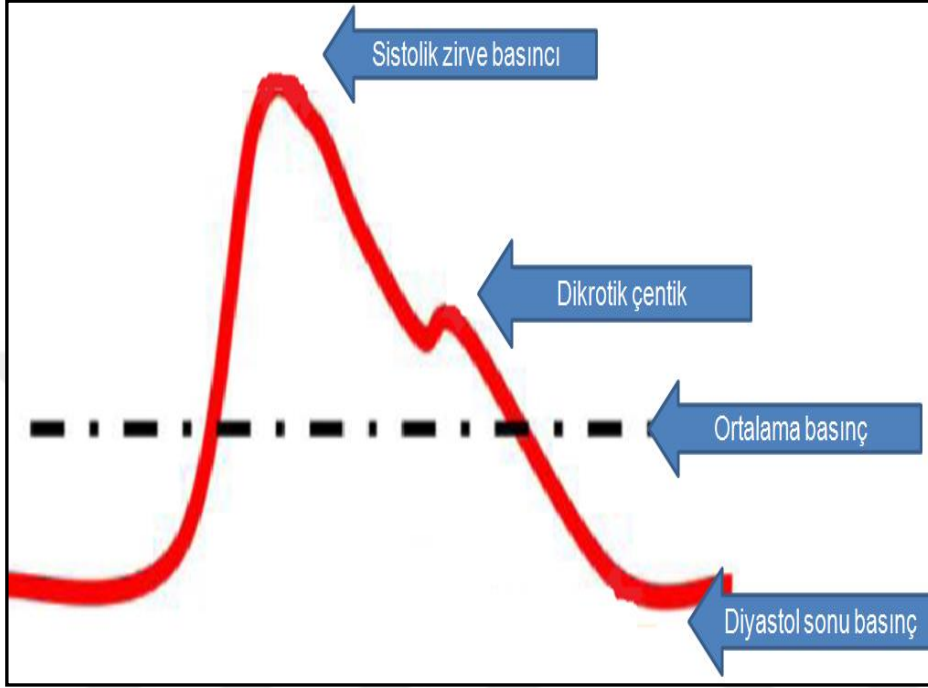
Sistolde RV içindeki basınç PA'daki basıncı geçtiği zaman PA'daki basınçta hızlı bir yükselme görülür. Sistolik zirvesi EKG'deki T dalgasına karşılık gelir. Sistol sonrasında ventriküler gevşemenin olması ile PA dalgası inişe geçer. Dalganın inişi sırasında PA kapağın kapanmasına karşılık gelen bir çentiklenme yapar buna dikrotik çentik denir. Sistolde PA'ya iletilen kan diyastolde pulmoner arter dallarına dağıldığı için basıncın eşitlenmesi daha geniş alanda olur bu nedenle diyastolde PA basıncı RV'ye göre daha geç düşer. Diyastolde PA'deki basınç RV'deki gibi sıfıra yaklaşmaz. Bunun nedeni basınç RV basıncının altına düşünce pulmoner kapak kapanır. Bu aynı zamanda PA'de basıncın idame ettirilmesini sağlar ve kanın her zaman arteriyollere itilmesini sağlar.

Sağ-sol şantlar, PHT, hipotermi nedenli pulmoner vazokonstriksiyon, pulmoner tromboemboli, birçok akciğer hastalıkları, mitral kapak hastalıkları, LV yetmezlikleri gibi nedenler PVR'yi artırarak ya da sıvı yüklenmesini artırarak PA arter basınç eğrisinde yükselmeye neden olurlar (96)

Ortalama PA basıncı = (sistolik basınç + 2 x diyastolik basınç)/3 formülü ile hesap edilir.

Ortalama sistolik PA basıncı 15-25 mmHg, ortalama diyastolik PA basıncı ise 8-15 mmHg arasındadır.

PA basınç eğrisi aşağıdaki gibidir (Şekil 2.20);



Şekil 2.20. PA basınç eğrisi

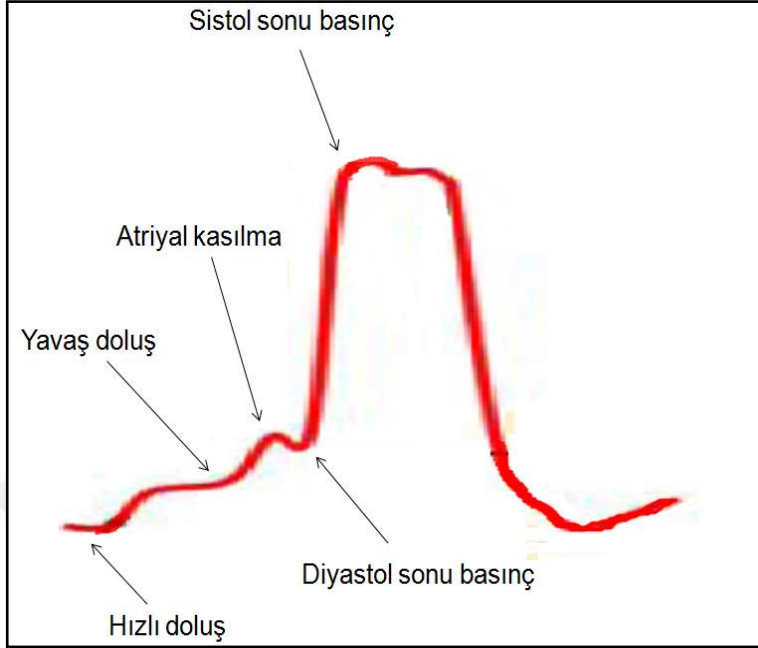
Sağ ventrikül basıncı

Sağ ventrikül basıncı sistol sırasında en yüksek basınca ulaşır, diyastolde ise a dalgasından hemen sonra diyastol sonu basıncı ile en düşük basınca ulaşır. RV sistolü EKG’de QRS dalgasından hemen sonra başlar ve basınç dalgası hızla yükselerek EKG’deki T dalgasında zirve yapar. Takiben hızlı bir şekilde basınç tekrar düşmeye başlar ve diyastol fazı başlamış olur. Toplam diyastolün %60-70’i erken doluş fazıdır, doluşun %25’i de yavaş doluş fazıdır geri kalan ise a dalgası şeklinde görülmektedir. Bu diyastol fazı EKG’de T ve Q dalgaları arasındadır.

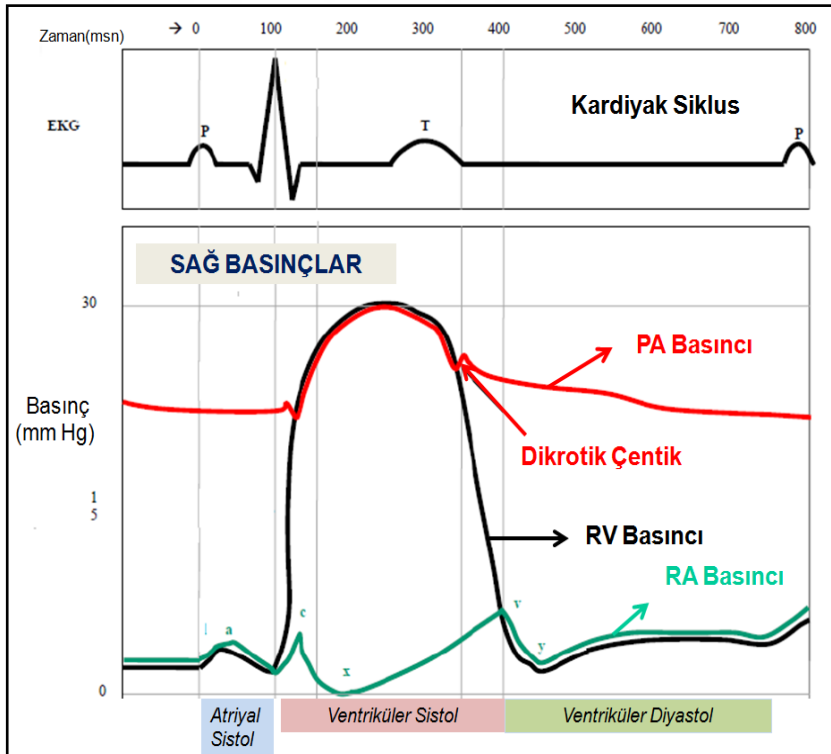
Pulmoner kapak yetmezliği, kardiyak tamponad, restriktif kardiyak hastalıklar, konstrüktif perikardit, RV infarktüsü RV diyastol sonu basıncını yükselten durumlar arasındadır.

RV sistolik basıncı 15-25 mmHg, RV diyastolik basıncı 1-8 mmHg arasında değişmektedir.

RV basınç eğrileri aşağıdaki gibidir (Şekil 2.21);



EKG'ye göre sağ taraf basınçları aşağıdaki gibidir (Şekil 2.22);



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hasta Seçimi

Çalışmaya Mart 2017 ile Mart 2018 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Kardiyoloji Polikliniği'ne başvuran ve herhangi bir nedenle SKK yapılması planlanan, dışlama kriterlerine sahip olmayan ve 18 yaşından büyük 136 hasta dâhil edildi.

Çalışmada dışlama kriterleri:

Konjenital kalp hastalığı olan hastalar (büyük arter transpozisyonu, triküspid atrezisi, vs.), çocukluk çağında konjenital kalp hastalığı nedeni ile operasyon geçirmiş olan hastalar, kötü ekojenite nedeni ile ekokardiyografik değerlendirmeleri tam yapılamayan hastalar, SKK verileri tam olmayan hastalar çalışmadan dışlandı.

Çalışma Akdeniz Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından bilimsel ve etik açıdan onaylandı (Karar Tarihi: 22.03.2017, Karar Sayısı: 185). Çalışmaya alınan her birey çalışma hakkında bilgilendirildi ve yazılı onam (rıza) formu okutularak imzalatıldı.

Yaş, cinsiyet, boy ve kilo bilgileri alınarak vücut kitle indeksleri (VKİ) (kilogram/boy²) ve vücut yüzey alanları [DuBois yöntemine göre $VYA=0.20247 \times \text{Height (m)}^{0.725} \times \text{Weight (kg)}^{0.425}$] hesaplandı. Bütün hastalar hipertansiyon, hiperlipidemi, koroner arter hastalığı, atriyal fibrilasyon, akciğer hastalığı ve sigara içiciliği yönünden sorgulandı. Tüm veriler kayıt edildi.

Bütün hastaların ekokardiyografileri, SKK öncesinde yapıldı ve tüm veriler kayıt edildi.

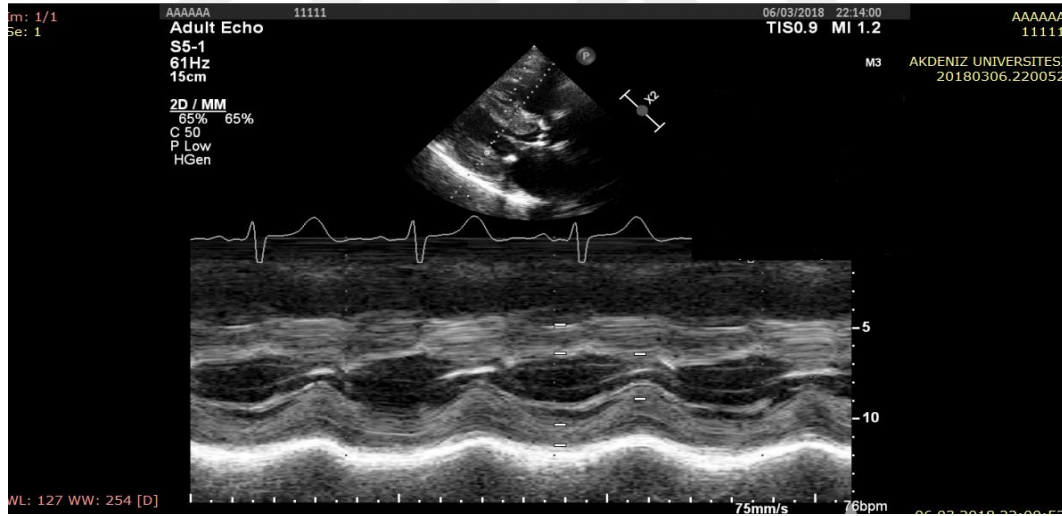
3.2. Ekokardiyografik Yöntem

Hastaların ekokardiyografik incelemeleri, Akdeniz Üniversitesi Kardiyoloji Bölümü Ekokardiyografi Laboratuvarında, Philips Affiniti 70C ekokardiyografi cihazı ve 3,5 MHz faz ayırıcı harmonik özelliği olan prob ile gerçekleştirildi. Hastalar sol yan dekübit pozisyona yatırıldı. Cihaza bağlı elektrokardiyografik ritim monitörizasyonu yapılarak ekokardiyografik değerlendirmeleri

gerçekleştirildi. Standart iki boyutlu ekokardiyografi, M-mod ekokardiyografi, doppler yöntemleri ile olan incelemeler apikal, parasternal ve subkostal pencerelerden, Amerikan Ekokardiyografi Topluluğu'nun önerilerine uygun olacak şekilde yapıldı. İlgili ölçümler bu kılavuz önerilerine uygun olacak şekilde alındı ve yine ilgili parametreler yine bu kılavuz önerilerine göre hesap edildi (57,76,97,98).

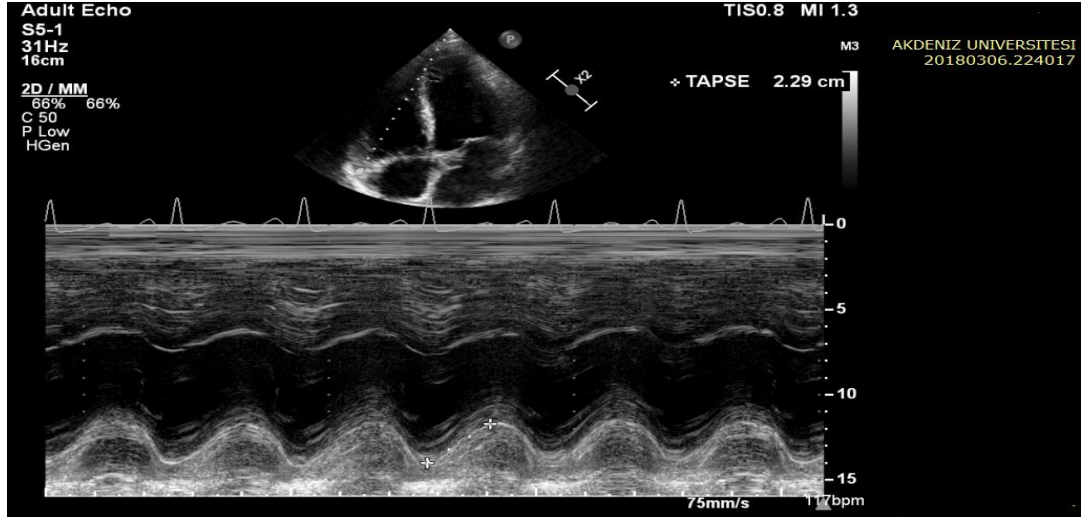
3.2.1. M-mod Ekokardiyografik Değerlendirme

Sol ventrikül diyastol sonu çapı (LVEDÇ), sol ventrikül sistol sonu çapı (LVESÇ), aortik anülüsün 3 cm distalinden aorta çapı, posterior aortik duvarın ön kenarından sol atriyal duvarın ön kenarına kadar olan LA çapı, interventriküler septum diyastol sonu çapı (IVSDd) ve posterior duvar diyastol sonu çapı (PWDD) parasternal uzun aks penceresinden M-mod ekokardiyografik yöntem ile ölçüldü (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. LV çap ve duvar kalınlıklarının ölçümü

Triküspid sistolik anüler yer değiştirme, A4C'de triküspid lateral anülüsün M-mod ekokardiyografik görüntülenmesi ile ölçüldü. RV lateral triküspid anülüsün RV sistolü sırasında diyastolik pozisyondan apekse doğru katettiği en uzun mesafe TAPSE değeri olarak kaydedildi (Şekil 3.2).

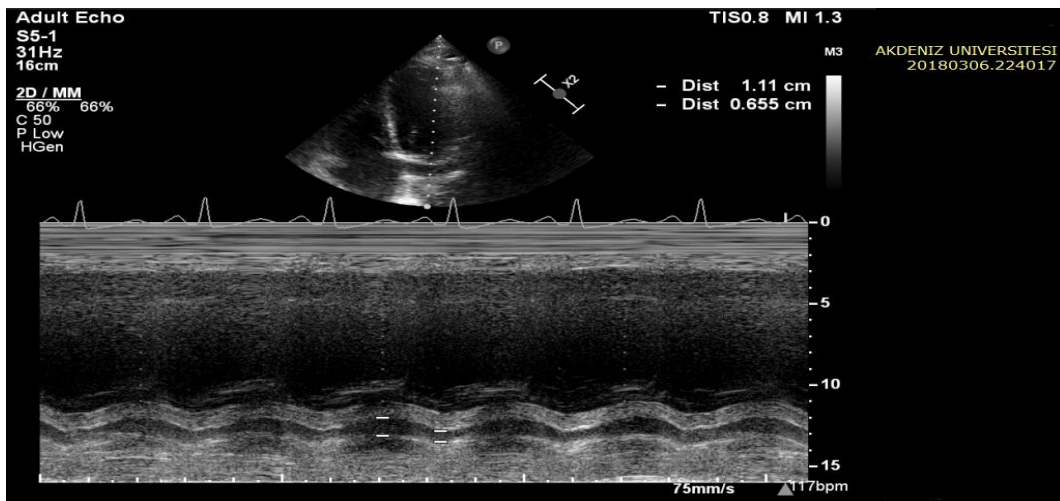


Şekil 3.2. TAPSE ölçümü

Koroner sinüs çapı, LA ve LV arasında kalan posterior bölgede, apikal 4 boşluk pencerede mitral anülüs düzeyinde probun hafif posterior tilting yaptırılması ile görüntülendi. CS'nin maksimum ve minimum çapı M-Mod ekokardiyografi yöntemi ile ölçüldü (Şekil 3.3).

CS kollaps indeksi = % [(Maksimum CS çap- minimum CS çap)] / maksimum CS çapı x100

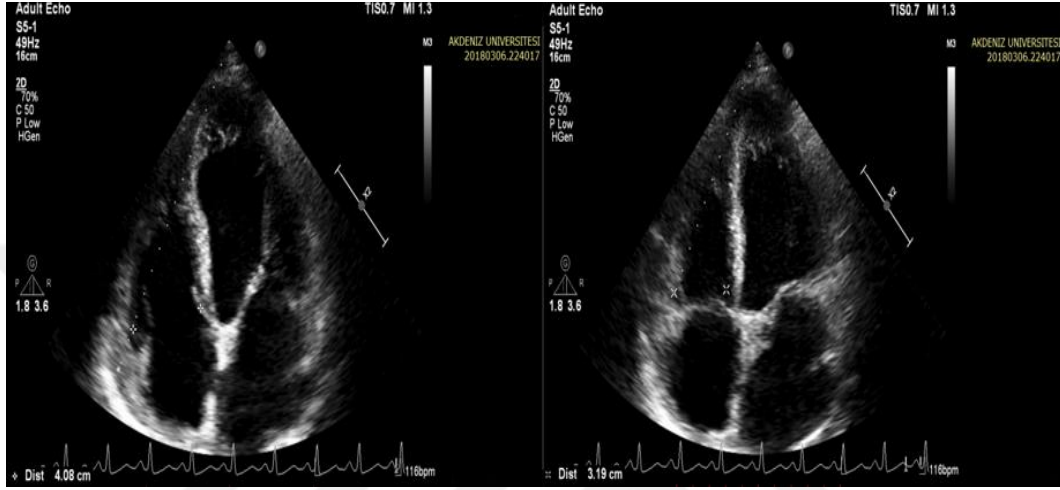
formülü ile hesap edildi.



Şekil 3.3. CS çaplarının ölçümü

3.2.2. İki Boyutlu Ekokardiyografik Değerlendirme

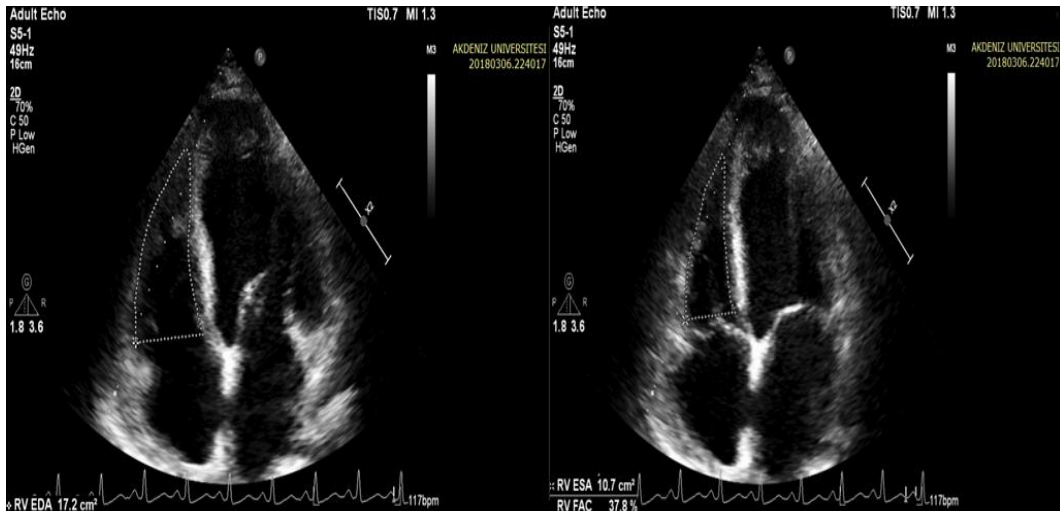
Sol ventrikül EF'si A4C incelemede biplane Simpson metodu kullanılarak ölçüldü. Apikal dört boşlukta diyastol sonunda ve sistol sonunda triküspid anülüs hizasında, mediyal triküspid anulustan lateral triküspid anulusa kadar olan RV bazal çaplar ölçüldü (Şekil 3.4)



Şekil 3.4. RV bazal çaplarının ölçümü

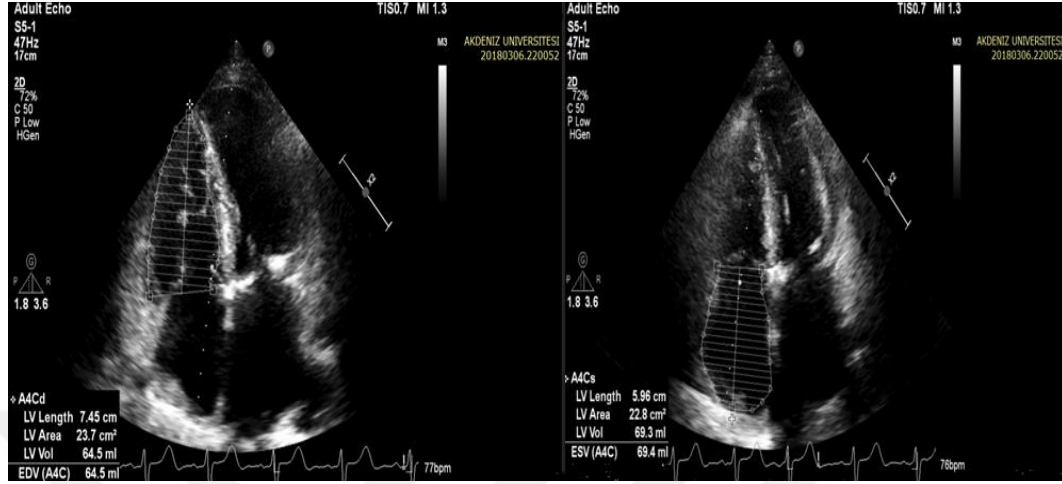
Apikal dört boşlukta RV diyastol sonu alan ve RV sistol sonu alanlar ölçüldü ve aşağıdaki formülle RV-FAC hesaplandı (Şekil 3.5) (57,76).

$$\text{RV-FAC} = 100 \times \frac{(\text{RV diyastol sonu alan}) - (\text{RV sistol sonu alan})}{(\text{RV diyastol sonu alan})}$$



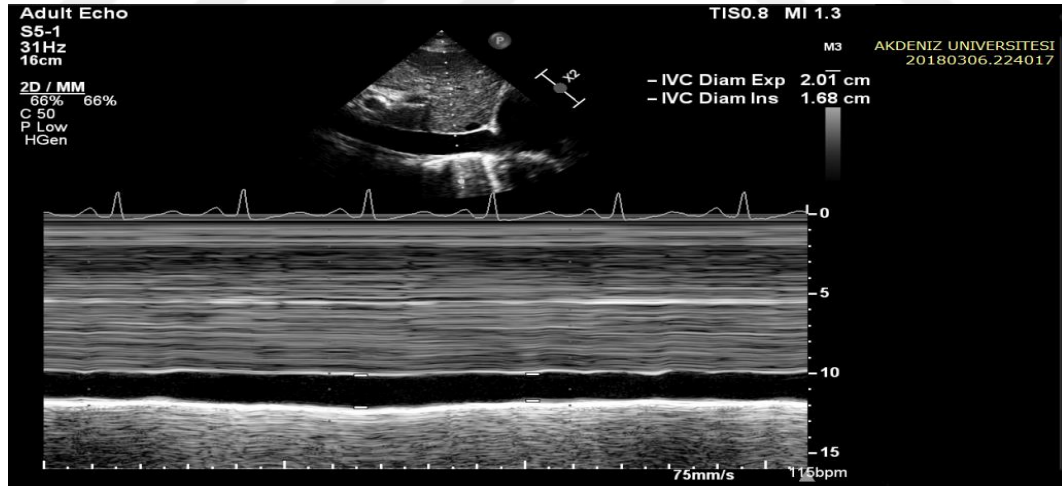
Şekil 3.5. RV-FAC hesaplanması

Apikal dört boşlukta RV diyastol sonu hacim ve RA sistol sonu hacim modifiye Simpson yöntemi kullanılarak hesap edildi (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. RV diyastol sonu ve RA sistol sonu hacimlerinin ölçümü

Subkostal pencerede ekspirasyon sonrası IVC'nin maksimum çapı ve solunumsal değişikliği ölçüldü (Şekil 3.7).

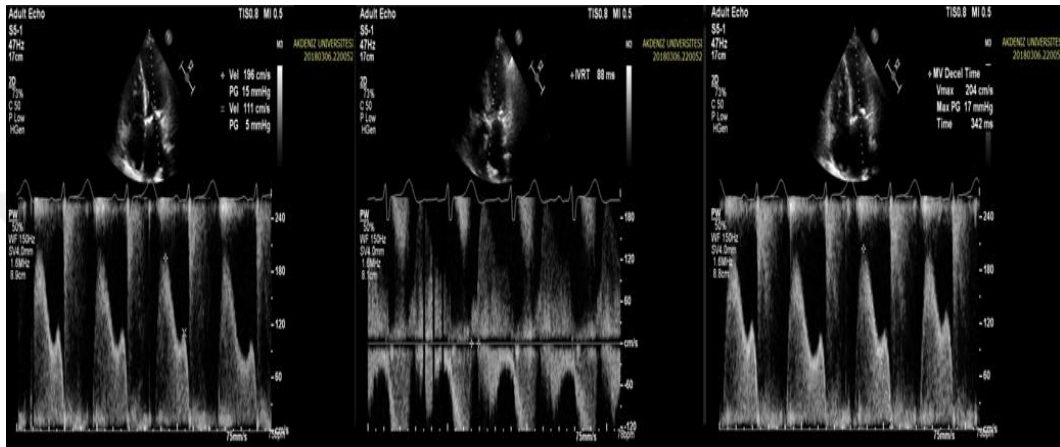


Şekil 3.7. IVC ekspirasyon sonu ve inspirasyon sonu çaplarının ölçümü

IVC kollaps indeks = % [(Maksimum IVC çap- minimum IVC çap)] / maksimum IVC çap x100 formülü ile hesap edildi.

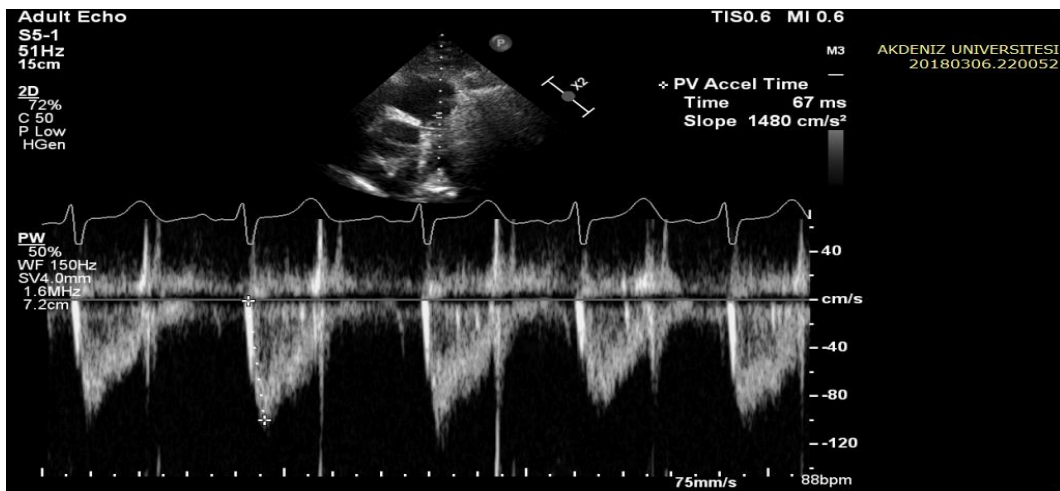
3.2.3. Doppler Ekokardiyografik Değerlendirme

Apikal dört boşluk görüntülemeye kursor mitral kapak uçlarına konularak transmitral pulse wave doppler akımları ölçüldü. Mitral kapak erken diyastolik akım (MİT-E), mitral kapak geç diyastolik akım (MİT-A) zirve akım hızları, mitral kapak deselerasyon zamanı (MV DecT) ve izovolümetrik relaksasyon zamanı (IVRT) ölçüldü (Şekil 3.8).



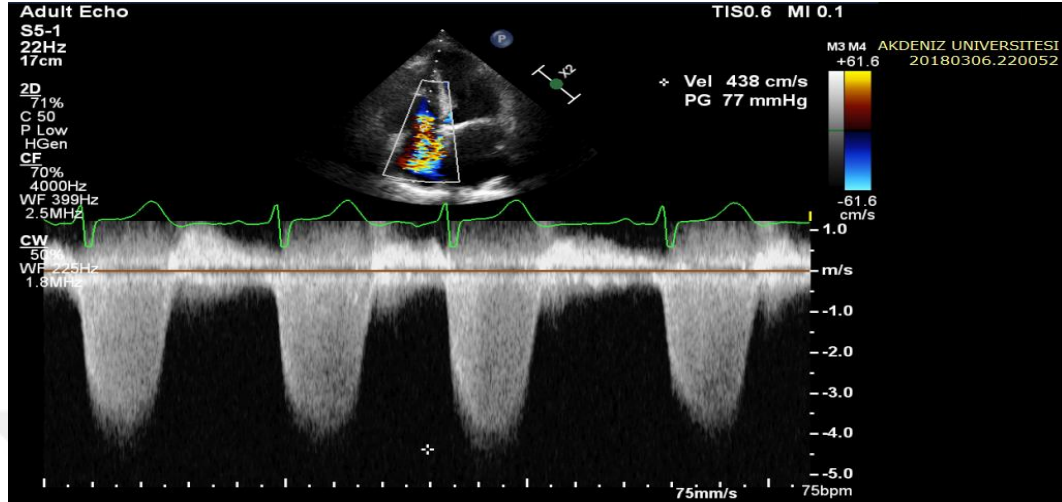
Şekil 3.8. MİT-E, MİT-A, MV DecT ve IVRT ölçümü

Parasternal kısa aks görüntüde pulmoner kapak hizasına konulan kursor yardımı ile pulmoner kapak pulse wave akımı görüntülendi. Pulmoner akımın başlangıcından zirve anına kadar geçen süre ölçülerek pulmoner kapak ACT belirlendi (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Pulmoner ACT ölçümü

Apikal dört boşlukta TY akımının kapaktan köken aldığı noktaya continue-wave doppler kursorü yerleştirilerek TY zirve akım hızı ölçüldü (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. TY zirve akım hızının ölçümü

3.3. Sağ Kalp Kateterizasyonu

Sağ kalp kateterizasyonu ile RAP, RV diyastol sonu basınç, RV sistolik basınç, PA (sistolik, diyastolik, ortalama) basınçları ve PKUB 7F Swan-Ganz kateteri ile floroskopi eşliğinde femoral ven yolu kullanılarak Akdeniz Üniversitesi Koroner Anjiyografi ve Hemodinami Laboratuvarında Philips marka Allura Xper FD100 model cihaz ile değerlendirildi. Ölçümler ekspiryum sonunda 3-5 atım sonunda alındı. Sol kalp kateterizasyonu yapılan hastalarda ise 6F pigtail kateter kullanılarak LV diyastol sonu basınçlar değerlendirildi.

3.4. İstatistiksel Analiz

Tanımlayıcı istatistikler ortalama, yüzde ve standart sapma değerleri ile sunulmuştur. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerin analizinde Fisher's Exact Test veya Pearson ki-kare testi kullanılmıştır.

İki grubun ölçüm değerleri arasındaki farkın analizinde verilerin dağılımı, normal dağılıma uymadığı durumda Mann-Whitney U testi, uyduğu durumda Student t testi kullanılmıştır. Sıralı veya normal dağılıma uymayan sürekli değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman korelasyon testi, normal dağılıma uyan

sürekli değişkenler için Pearson korelasyon testi yapılmıştır. 0,05 'den küçük p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Kateterizasyon ile ölçülen RAP'daki artışı tahmin etmek amacıyla, her bir IVC ve CS parametresi için 'Receiver-Operating Characteristic (ROC)' eğrileri oluşturuldu ve buradan optimal cut-off değerleri saptanmaya çalışıldı. Elde edilen cut-off değerleri, IVC ve CS parametreleri üzerinde uygulayarak artmış RAP değeri için duyarlılık, özgüllük, pozitif prediktif değer ve negatif prediktif değerler bulundu.

Çalışma verileri "MedCalc" ve "SPSS 25.0 for Windows" programlarında analiz edildi.



4. BULGULAR

Çalışmaya SKK'leri ve ekokardiyografileri yapılan Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı'na başvurmuş 136 hasta dahil edildi. Hastaların 77 tanesi (%56,6) kadın, 59 tanesi (%43,4) erkekti. Hastaların 43 tanesinde (%31,6) diyabetes mellitus (DM), 68 tanesinde (%50) hipertansiyon (HT), 36 tanesinde (%26,5) koroner arter hastalığı (KAH), 50 tanesinde (%36,8) atriyal fibrilasyon (AF), 16 tanesinde (%11,8) akciğer hastalığı bulunmaktaydı. Hastaların 33 tanesi (%24,3) sigara içmekteydi (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Hastaların cinsiyet dağılımları ve komorbiditeleri

		Sayı (n)	Yüzde (%)
Cinsiyet	Kadın	77	56,6%
	Erkek	59	43,4%
DM	Var	43	31,6%
	Yok	93	68,4%
HT	Var	68	50%
	Yok	68	50%
KAH	Var	36	26,5%
	Yok	100	73,5%
AF	Var	50	36,8%
	Yok	86	63,2%
Sigara	Var	33	24,3%
	Yok	103	75,7%
Akciğer Hastalığı	Var	16	11,8%
	Yok	120	88,2%

AF: Atriyal Fibrilasyon, DM: Diyabetüs Mellitus, HT: Hipertansiyon, KAH: Koroner Arter Hastalığı

Hastalarda ortalama yaş $57,67 \pm 13,36$ yıl, VKİ $27,81 \pm 5,27$ kg/m², sistolik tansiyon $125,92 \pm 20,56$ mmHg, diyastolik tansiyon $72,86 \pm 9,95$ mmHg, kalp hızı $81,43 \pm 13,75$ atım/dakika, VYA $1,83 \pm 0,19$ m² saptandı (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Hastaların temel karakteristik özellikleri

	Ortalama ($\pm$ SD)	MAKS	MİN
Yaş (yıl)	$57,67 \pm 13,36$	82	20
VKI (kg/m ²)	$27,81 \pm 5,27$	16,02	41,87
Sistolik Tansiyon (mmHg)	$125,92 \pm 20,56$	170	80
Diyastolik Tansiyon (mmHg)	$72,86 \pm 9,95$	100	45
Nabız (atım/dk)	$81,43 \pm 13,75$	129	53
VYA (m ²)	$1,83 \pm 0,19$	1,35	2,35

SD: Standart Deviasyon, VKİ: Vücut Kitle İndeksi, VYA: Vücut Yüzey Alanı

İşlem öncesi hastaların transtorasik ekokardiyografileri aynı kardiyoloji uzmanı tarafından yapıldı. Hastaların EF'leri ortalama $54,26 \pm 13,64$ olup, EF'si en düşük olanın %18 idi. Hastalarda ortalama TAPSE $18,51 \pm 2,76$ mm, FAC $44,4 \pm 9,29$, pulmoner ACT $102,16 \pm 17,79$ msn idi. Hastalarda ortalama RA volüm indeks $30,24 \pm 12,61$ ml/m², RV volüm indeks $25,52 \pm 10,77$ ml/m², MV DecT $215,21 \pm 74,41$ msn, IVRT $92,96 \pm 21,21$ msn, ortalama TY akım hızı $3,35 \pm 0,63$ m/sn, ortalama PA akım hızı $0,95 \pm 0,2$ m/sn olarak saptandı. Hastaların maksimum CS çapı ortalama $11,46 \pm 2,48$ mm olup en yüksek ölçülen maksimum CS çapı 22 mm, en düşük ölçülen maksimum CS çapı 8 mm idi. Hastaların minimum CS çapı ortalama $6,92 \pm 2,39$ mm olup en yüksek ölçülen minimum CS çapı 18 mm, en düşük ölçülen minimum CS çapı 3 mm idi. Hastaların maksimum IVC çapı ortalama $18,5 \pm 4,94$ mm olup en yüksek ölçülen maksimum IVC çapı 38 mm en düşük ölçülen maksimum IVC çapı 10,3 mm idi. Minimum IVC çapı ortalama $11,14 \pm 5,62$ mm olup en yüksek ölçülen minimum IVC çapı 34 mm, en düşük ölçülen IVC çapı 5 mm idi. Ortalama IVC kollaps indeksi $42,41 \pm 13,95$, ortalama CS kollaps indeksi $40,58 \pm 11,05$ olarak hesap edilmiştir. Hastaların bütün konvansiyonel ekokardiyografik özellikleri Tablo 4.3'de özetlenmiştir.

Tablo 4.3. Hastaların transtorasik ekokardiyografi bulguları

Parametre	Ortalama ($\pm$ SD)	MAKS	MİN
Aort Çapı (mm)	29,24 $\pm$ 3,41	39	23
LA Çapı (mm)	45,61 $\pm$ 8,39	30	71
LVEDÇ (mm)	50,06 $\pm$ 8,42	76	33
LVESÇ (mm)	34,82 $\pm$ 10,86	73	20
EF (%)	54,26 $\pm$ 13,64	70	18
IVSDd (mm)	10,46 $\pm$ 1,33	14	8
PWDd (mm)	10,12 $\pm$ 1,12	13	8
RAVİ (ml/m ²)	30,24 $\pm$ 12,61	78,21	12,32
RVVİ (ml/m ²)	25,52 $\pm$ 10,77	63,46	11,43
MİT- E (m/sn)	1,22 $\pm$ 0,49	3,3	0,4
MİT- A (m/sn)	0,9 $\pm$ 0,48	2,8	0,3
MV DecT (msn)	215,21 $\pm$ 74,41	450	95
IVRT (msn)	92,96 $\pm$ 21,21	158	49
TY Akım Hızı (m/sn)	3,35 $\pm$ 0,63	5,7	2,1
Pulmoner Akım Hızı (m/sn)	0,95 $\pm$ 0,2	1,6	0,5
Pulmoner ACT (msn)	102,16 $\pm$ 17,79	142	59
TAPSE (mm)	18,51 $\pm$ 2,76	26	11
FAC (%)	44,4 $\pm$ 9,29	64	18
RVEDÇ (mm)	40,26 $\pm$ 7,24	66	29
RVESÇ (mm)	29,99 $\pm$ 7,37	58	19
Maksimum CS Çap (mm)	11,46 $\pm$ 2,48	22	8
Maksimum IVC Çap (mm)	18,5 $\pm$ 4,94	38	10,3
Maksimum CS/VYA (mm/m ²)	6,32 $\pm$ 1,4	11,28	3,79
Maksimum IVC/VYA (mm/m ²)	10,2 $\pm$ 2,73	23,8	5,69
Minimum CS (mm)	6,92 $\pm$ 2,39	18	3
Minimum IVC (mm)	11,14 $\pm$ 5,62	34	5
Minimum CS/VYA (mm/m ²)	3,8 $\pm$ 1,25	8,82	1,69
Minimum IVC/VYA (mm/m ²)	6,12 $\pm$ 2,98	16,67	2,78
VCI Kollaps İndeks (%)	42,41 $\pm$ 13,95	64,29	10,28
CS Kollaps İndeks (%)	40,58 $\pm$ 11,05	62,50	14,28
Tahmini RAP (mmHg)	10,70 $\pm$ 6,30	20	5

ACT: Akselasyon zamanı, CS: Koroner Sinüs, EF: Ejeksiyon Fraksiyonu, FAC: Fraksiyonel Alan Değişimi, IVC: İnferior Vena Kava, IVRT: İzovolümetrik Relaksasyon Zamanı, IVSDd: İnterventriküler Septum Diyastol Sonu Çapı, LA: Sol Atriyum, LVEDÇ: Sol Ventrikül Diyastol Sonu Çapı, LVESÇ: Sol Ventrikül Sistol Sonu Çapı, MİT-A: Mitral Kapak Geç Diyastolik Akım, MİT- E: Mitral Kapak Erken Diyastolik Akım, MV DecT: Mitral Kapak Deselasyon Zamanı, PWDd: Posterior Duvar Diyastol Sonu Çapı, RAP: Sağ Atriyal Basınç, RAVİ: Sağ Atriyal Volüm İndeks, RVEDÇ: Sağ Ventrikül Diyastol Sonu Çapı, RVESÇ: Sağ Ventrikül Sistol Sonu Çapı, RVVİ: Sağ Ventriküler Volüm İndeks, SD: Standart Deviasyon, TAPSE: Triküspid Sistolik Anüler Yer Değiştirme, TY: Triküspid Yetmezlik, VYA: Vücut Yüzey Alanı

Hastaların ortalama PA sistolik basıncı 49,22±22,86 mmHg, PA diyastolik basıncı 21,64±9,96 mmHg, PA ortalama basıncı 32,9±13,49 mmHg, RV sistolik basıncı 51,39±20,53 mmHg, RV diyastol sonu basıncı 9,62±5,06 mmHg, PKUB 19,38±7,81 mmHg, LV diyastol sonu basıncı 16,48±6,94 mmHg, RA basıncı 9,84±5,39 mmHg olarak ölçülmüştür (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Hastaların kateterizasyon bulguları

Parametre	Ortalama (±SD*)	MAKS	MİN
PA Sistolik Basınç (mmHg)	49,22±22,86	141	15
PA Diyastolik Basınç (mmHg)	21,64±9,96	73	5
PA Ortalama Basınç (mmHg)	32,9±13,49	98	9
RV Sistolik Basınç (mmHg)	51,39±20,53	141	17
RV Diyastol Sonu Basınç (mmHg)	9,62±5,06	25	2
PKUB (mmHg)	19,38±7,81	45	5
LV Diyastol Sonu Basınç (mmHg)	16,48±6,94	5	50
RA Basınç (mmHg)	9,84±5,39	24	2

LV: Sol Ventrikül, PA: Pulmoner Arter, PKUB: Pulmoner Kapiller Uç Basıncı, RA: Sağ Atriyum, RV: Sağ Ventrikül

Çalışmaya dahil edilen hastaların 57 tanesinde invaziv olarak ölçülen RAP ≥ 10 mmHg, 79 tanesinde RAP < 10 mmHg idi. RAP ≥ 10 mmHg olan grupta; ortalama maksimum CS çapı 12,4±2,37 mm, maksimum IVC çapı 21,61±5,45 mm, maksimum CS çapı/VYA 6,68±1,22 mm/m², maksimum IVC çapı/ VYA 11,64±2,9 mm/m², minimum CS çapı 8,54±2,42 mm, minimum IVC çapı 14,97±6,4 mm, minimum CS çapı/ VYA 4,59±1,22 mm/m², minimum IVC çapı/ VYA 8,04±3,3 mm/m², IVC kollaps indeks %33,12±14,63, CS kollaps indeks %31,85±9,9 idi. RAP ≥ 10 mmHg olan grup ile RAP < 10 mmHg olan grup karşılaştırıldığında bütün parametreler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,001) (Tablo 4.5). RAP ≥ 10 mmHg olan grupta IVC üzerinden hesap edilen RAP değeri ortalama 15,53±5,72 mmHg idi. RAP < 10 mmHg grubu ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,001) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. RAP $\geq$ 10 mmHg ve RAP<10 mmHg olan gruplarda IVC ile CS parametrelerinin karşılaştırılması

Parametre	RAP $\geq$ 10 mmHg (n:57)	RAP<10 mmHg (n:79)	P Değeri
MAKS CS Çapı (mm)	12,4 $\pm$ 2,37	10,78 $\pm$ 2,34	p<0,001
MAKS IVC Çapı (mm)	21,61 $\pm$ 5,45	16,26 $\pm$ 2,96	p<0,001
MAKS CS Çapı/VYA (mm/m ²)	6,68 $\pm$ 1,22	6,06 $\pm$ 1,48	p<0,001
MAKS IVC Çapı/VYA (mm/m ²)	11,64 $\pm$ 2,9	9,16 $\pm$ 2,06	p<0,001
MİN CS Çapı (mm)	8,54 $\pm$ 2,42	5,76 $\pm$ 1,54	p<0,001
MİN IVC Çapı (mm)	14,97 $\pm$ 6,4	8,37 $\pm$,61	p<0,001
MİN CS Çapı/VYA (mm/m ²)	4,59 $\pm$ 1,22	3,24 $\pm$ 0,94	p<0,001
MİN IVC Çapı/VYA (mm/m ²)	8,04 $\pm$ 3,3	4,73 $\pm$ 1,71	p<0,001
IVC Kollaps İndeks (%)	33,12 $\pm$ 14,63	49,11 $\pm$ 8,64	p<0,001
CS Kollaps İndeks (%)	31,85 $\pm$ 9,9	46,87 $\pm$ 6,73	p<0,001
Tahmini RAP (mmHg)	15,53 $\pm$ 5,72	7,22 $\pm$ 3,98	p<0,001

CS: Koroner Sinüs, IVC: İnferior Vena Kava, MAKS: Maksimum, MİN: Minimum, RAP: Sağ Atriyum Basıncı, VYA: Vücut Yüzey Alanı

Çalışmaya alınan 136 hastanın CS ve IVC parametreleri birbirleri ile, invaziv olarak ölçülen RAP değerleri CS ve IVC parametreleri ile karşılaştırılmış ve aralarındaki korelasyon değerlendirilmiştir. Maksimum CS çapı ve maksimum CS çapı/VYA ile maksimum IVC çapı ve maksimum IVC çapı/VYA karşılaştırılmış ve aralarında orta düzeyli anlamlı ilişki bulunmuştur (sırasıyla; r:0,554 p<0,001; r:0,597 p<0,001). Minimum CS çapı, minimum CS çapı/VYA ve CS kollaps indeks ile minimum IVC çapı, minimum IVC çapı/VYA ve IVC kollaps indeks karşılaştırılmış ve aralarında yüksek düzeyli anlamlı ilişki bulunmuştur (sırasıyla; r:0,712 p<0,001; r:0,717 p<0,001; r:0,608 p<0,001) (Tablo 4.6).

İnvaziv olarak ölçülen RAP ile maksimum CS çapı ve maksimum CS çapı/VYA karşılaştırılmış ve aralarında orta düzeyli anlamlı ilişki bulunmuştur (sırasıyla; r:0,478 p<0,001; r:0,484 p<0,001). İnvaziv olarak ölçülen RAP ile minimum CS çapı, minimum CS çapı/VYA ve CS kollaps indeksi karşılaştırılmış ve aralarında yüksek düzeyli anlamlı ilişki bulunmuştur (sırasıyla; r:0,711 p<0,001; r:0,691 p<0,001; r:-0,674 p<0,001) (Tablo 4.6).

İnvaziv olarak ölçülen RAP ile maksimum IVC çapı/VYA karşılaştırılmış ve aralarında orta düzeyde anlamlı ilişki bulunmuştur ($r:0,518$ $p<0,001$). İnvaziv olarak ölçülen RAP ile maksimum IVC çapı, minimum IVC çapı, minimum IVC çapı/VYA ve IVC kollaps indeks karşılaştırılmış ve aralarında yüksek düzeyli anlamlı ilişki bulunmuştur (sırasıyla; $r:0,615$ $p<0,001$; $r:0,705$ $p<0,001$; $r:0,659$ $p<0,001$; $r:-0,683$ $p<0,001$) (Tablo 4.6).

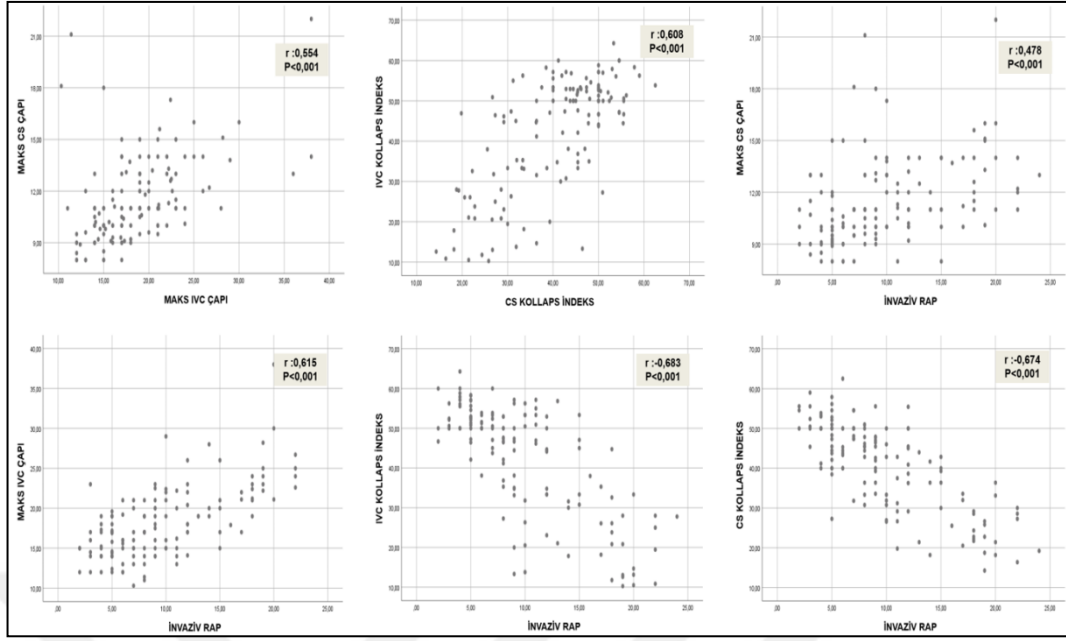
İnvaziv olarak ölçülen RAP ile ekokardiyografi ile tahmin edilen RAP arasında yüksek düzeyli anlamlı ilişki bulunmuştur ($r:0,765$ $p<0,001$) (Tablo 4.6).

İnferior vena kava parametreleri, CS parametreleri ve invaziv RAP değerinin korelasyon grafikleri Grafik 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.6. IVC ve CS parametrelerinin karşılaştırılması

	MAKS CS (mm)	MAKS CS/VYA (mm/m ²)	MİN CS (mm)	MİN CS/VYA (mm/m ²)	CS Kollaps İndeks (%)	İnvaziv RAP (mmHg)
MAKS IVC (mm)	$r:0,554$ $p<0,001$	$r:0,474$ $p<0,001$	$r:0,645$ $p<0,001$	$r:0,619$ $p<0,001$	$r:-0,612$ $p<0,001$	$r:0,615$ $p<0,001$
MAKS IVC/VYA (mm/m ²)	$r:0,453$ $p<0,001$	$r:0,597$ $p<0,001$	$r:0,537$ $p<0,001$	$r:0,642$ $p<0,001$	$r:-0,521$ $p<0,001$	$r:0,518$ $p<0,01$
MİN IVC (mm)	$r:0,602$ $p<0,001$	$r:0,522$ $p<0,001$	$r:0,712$ $p<0,001$	$r:0,695$ $p<0,001$	$r:-0,668$ $p<0,001$	$r:0,705$ $p<0,001$
MİN IVC/VYA (mm/m ²)	$r:0,544$ $p<0,001$	$r:0,598$ $p<0,001$	$r:0,654$ $p<0,001$	$r:0,717$ $p<0,001$	$r:-0,627$ $p<0,001$	$r:0,659$ $p<0,001$
IVC Kollaps İndeks (%)	$r:-0,538$ $p<0,001$	$r:0,-475$ $p<0,001$	$r:-0,658$ $p<0,001$	$r:-0,660$ $p<0,001$	$r:0,608$ $p<0,001$	$r:-0,683$ $p<0,001$
Tahmini RAP (mmHg)	$r:0,581$ $p<0,001$	$r:0,484$ $p<0,001$	$r:0,711$ $p<0,001$	$r:0,691$ $p<0,001$	$r:-0,674$ $p<0,001$	$r:0,765$ $p<0,001$
İnvaziv RAP (mmHg)	$r:0,478$ $p<0,001$	$r:0,484$ $p<0,001$	$r:0,711$ $p<0,001$	$r:0,691$ $p<0,001$	$r:-0,674$ $p<0,001$	

CS: Koroner Sinüs, IVC: İnferior Vena Kava, MAKS: Maksimum, MİN: Minimum, RAP: Sağ Atriyum Basıncı, VYA: Vücut Yüzey Alanı



AUC: Eğri Altında Kalan Alan, CS: Koroner Sinüs IVC: İnförör Vena Kava, MAKSS: Maksimum, MİN: Minimum, RAP: Sağ Atriyum Basıncı

Grafik 4.1. IVC, CS parametreleri ve invaziv RAP değerinin korelasyon grafikleri

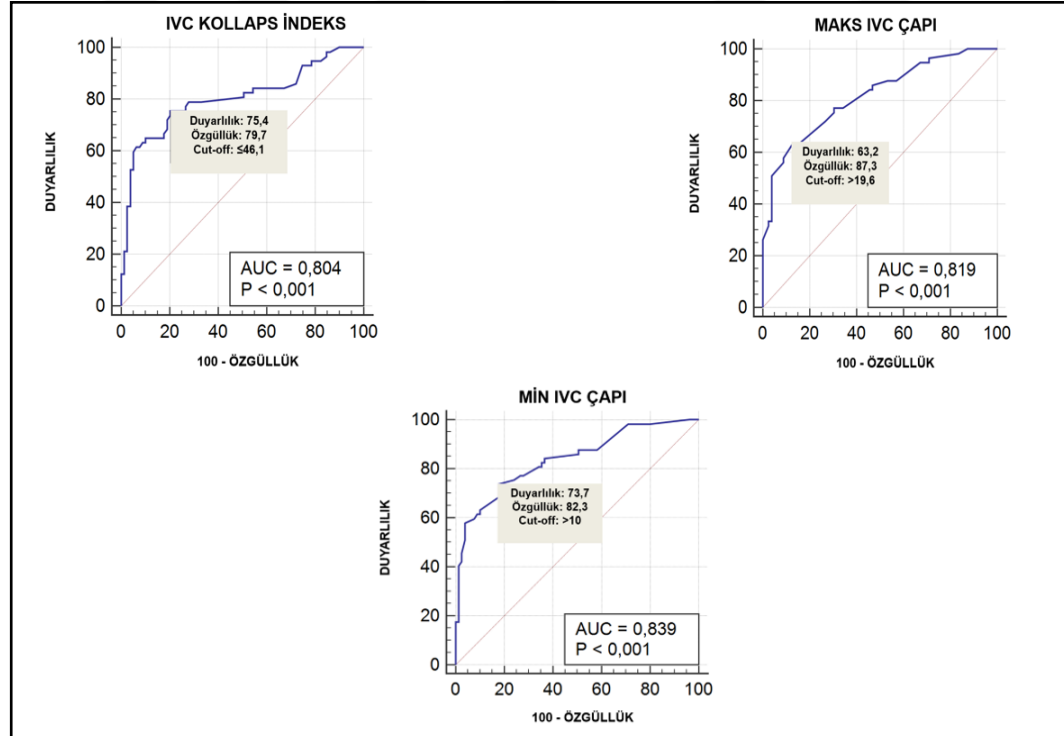
ROC analizlerine göre; RAP değerinin ≥ 10 mmHg olmasını predikte eden optimal maksimum IVC çapının cut-off değeri 19,6 mm (duyarlılık, %63,2; özgüllük, %87,3), optimal maksimum IVC çapı/ VYA'nın cut-off değeri 10,6 mm/m² (duyarlılık, %64,9; özgüllük, %81), optimal minimum IVC çapının cut-off değeri 10 mm (duyarlılık, %73,7; özgüllük, %82,3), optimal minimum IVC/VYA'nın cut-off değeri 5,8 mm/m² (duyarlılık, %68,4; özgüllük, %87,3), optimal IVC kollaps indeksinin cut-off değeri 46,1 (duyarlılık, %75,4; özgüllük, %79,7) olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak bütün parametreler anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Ayrıca bu cut-off değerler için negatif ve pozitif prediktif değerler de belirlenmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. RAP $\geq$ 10 mmHg olmasını predikte eden IVC parametrelerinin ROC analizleri

Parametre	AUC	P değeri	Cut-off	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPV (%)	NPV (%)
MAKS IVC (mm)	0,819	<0,0001	19,6	63,2	87,3	78,3	76,7
MAKS IVC/VYA (mm/m ²)	0,767	<0,0001	10,6	64,9	81	71,2	76,2
MİN IVC (mm)	0,839	<0,0001	10	73,7	82,3	75	81,2
MİN IVC/VYA (mm/m ²)	0,818	<0,0001	5,8	68,4	87,3	79,6	79,3
IVC Kollaps İndeks (%)	0,804	<0,0001	46,1	75,4	79,7	72,9	81,8

AUC: Eğri Altında Kalan Alan, IVC: İnförior Vena Kava, MAKS: Maksimum, MİN: Minimum, NPV: Negatif Prediktif Değer, PPV: Pozitif Prediktif Değer, VYA: Vücut Yüzey Alanı

İnförior vena kava kollaps indeks, maksimum IVC ve minimum IVC için ROC eğrileri Grafik 4.2’de sunulmuştur.



AUC: Eğri Altında Kalan Alan, IVC: İnförior vena kava, MAKS: Maksimum, MİN: Minimum

Grafik 4.2. IVC parametrelerinin ROC eğrileri

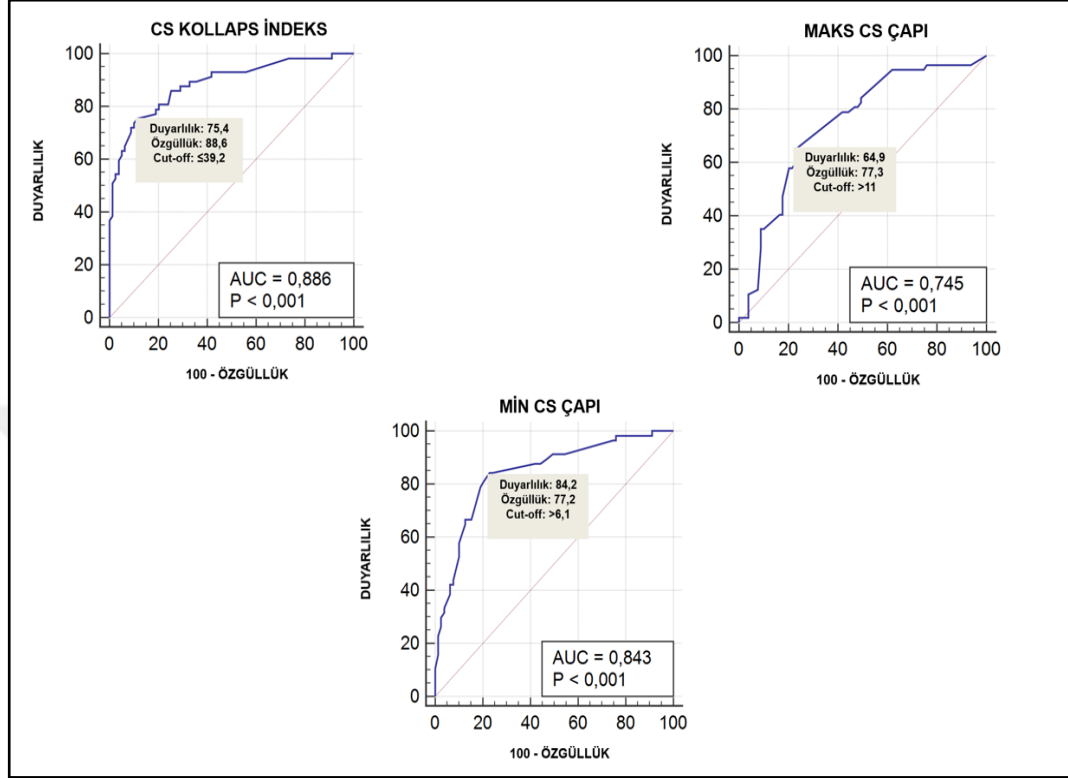
ROC analizlerine göre; RAP değerinin ≥ 10 mmHg olmasını predikte eden optimal maksimum CS çapının cut-off değeri 11 mm (duyarlılık, %64,9; özgüllük, %77,3), optimal maksimum CS çapı/VYA'nın cut-off değeri 5,8 mm/m² (duyarlılık, %77,1; özgüllük,%58,2), optimal minimum CS çapının cut-off değeri 6,1 mm (duyarlılık, %84,2; özgüllük, %77,2), optimal minimum CS /VYA'nın cut-off değeri 3,6 mm/m² (duyarlılık, %78,9; özgüllük,%79,7), optimal CS kollaps indeksinin cut-off değeri 39,2 (duyarlılık, %75,4; özgüllük, %88,6) olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak bütün parametreler anlamlı bulunmuştur (p<0,001). Ayrıca bu cut-off değerler için negatif ve pozitif prediktif değerler de belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. RAP ≥ 10 mmHg olmasını predikte eden CS parametrelerinin ROC analizleri

Parametre	AUC	P değeri	Cut-off	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPV (%)	NPV (%)
MAKS CS (mm)	0,745	<0,0001	11	64,9	77,3	67,3	75,3
MAKS CS/VYA (mm/m²)	0,681	<0,0001	5,8	77,1	58,2	57,1	78
MİN CS (mm)	0,843	<0,0001	6,1	84,2	77,2	72,7	87,1
MİN CS/VYA (mm/m²)	0,819	<0,0001	3,6	78,9	79,7	73,8	84
CS Kollaps İndeks (%)	0,886	<0,0001	39,2	75,4	88,6	82,7	83,3

AUC: Eğri Altında Kalan Alan, CS: Koroner Sinüs, , MAKS: Maksimum, MİN: Minimum, NPV: Negatif Prediktif Değer, PPV: Pozitif Prediktif Değer, VYA: Vücut Yüzey Alanı

CS kollaps indeksi, maksimum CS ve minimum CS için ROC eğrileri Grafik 4.3’de sunulmuştur.



AUC: Eğri Altında Kalan Alan, CS: Koroner Sintüs, MAKS: Maksimum, MİN: Minimum

Grafik 4.3. CS parametrelerinin ROC eğrileri

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yapmış olduğumuz bu çalışmada SKK ile invaziv olarak ölçtüğümüz RA basıncı ile ekokardiyografik olarak değerlendirilen IVC, CS çapları ve kollapslarının ilişkisini değerlendirdik. IVC çapı ve kollapsının RA basıncını tahmin etmede kullanıldığı bilinmektedir. Fakat CS çapı ve kollapsının RA basıncını tahmin etmede kullanıldığına dair herhangi bir veri yoktur. PHT’de CS çapı ve kollapsını değerlendiren bir takım çalışmalar mevcuttur fakat invaziv olarak ölçülmüş RAP ile CS çapı ve kollapsını kıyaslayan herhangi bir çalışma yoktur. Bu konuda ilk olan bu çalışmamızla CS çapı ve kollapsının da artık RA basıncını tahmin etmede kullanılabilirliğini göstermeye çalıştık.

CS kalbin posteriorunda atriyoventriküler olukta seyreden, büyük kardiyak venlerin döküldüğü tübüler bir yapıdır. CS, RA’ya açılmakta olup, ortalama uzunluğu 4-6 cm’dir. Ostiumun çapı 4-5 mm ile 9-15 mm arasında değişmektedir (25). Ekokardiyografik olarak CS en iyi A4C’de değerlendirilmektedir (99). A4C’de proba hafif posterior tilting yaptırarak arka duvarda atriyoventriküler olukta seyreden CS ve RA’ya girişini ekokardiyografik olarak görüntülememiz mümkündür. CS üzerine konan M-mod tekniği ile de CS kontraksiyonu rahatlıkla görülmektedir.

Kalbin sağ basınçları hakkında ekokardiyografi ile bilgi edinmek mümkündür. Triküspid darlığı ya da pulmoner darlık olmadığı durumlarda RV sistolik basıncının sistolik PAB’a eşit olduğu kabul edilir. TY üzerinden yapılan PAB ölçümü en güvenilir yöntemdir. Sistolik PAB hesap edilirken doppler kursorünün yetmezlik akımına paralel düşmesi maksimum akım hızının ölçümünü sağlayacaktır bu da sistolik PAB hesabının doğruluğunu artıracaktır. RAP’nin normal değeri 1-7 mmHg’dir (74). RA basıncı en yaygın şekilde IVC çapına ve inspiratuar kollapsına göre tahmin edilmektedir (70). RAP arttıkça bu artış IVC’ye iletilir ve bu da IVC dilatasyonu ve inspiratuar kollapsın azalması ile sonuçlanır. Bu iki parametrenin kombinasyonu ile çoğu hastada belli aralıklarda RAP’ı tahmin edebiliriz. IVC normal çapı 1.2-2.3 cm’dir ve inspirasyonla %50’den fazla küçülmesi beklenir. IVC çapı ve kollapsını ölçmek için en sık IVC’nin uzun ekseninde de görülebildiği subkostal pencere kullanılır (58).

Sağ kalp kateterizasyonu ile CO'yu hesaplamak için direk hemodinamik veriler sağlandığı için, intrakardiyak şantlar ve kapak fonksiyonları değerlendirebildiği için günümüzde sık kullanılan tanı araçlarından birisidir. Santral venöz basınç ve RAP hemen hemen RV diyastolik basıncına eşittir. Ortalama RAP 1-7 mmHg arasında değişmektedir. RA basınç dalgaları RA'ya dönen kanla RV diyastol sonu basıncının yansımalarıdır. SKK ile ölçülen ortalama sistolik PA basıncı 15-25 mmHg, ortalama diyastolik PA basıncı ise 8-15 mmHg arasındadır. Sağ-sol şantlar, PHT, hipotermi nedenli pulmoner vazokonstriksiyon, pulmoner tromboemboli, birçok akciğer hastalıkları, mitral kapak hastalıkları, LV yetmezlikleri gibi nedenler PVR'yi artırarak ya da sıvı yüklenmesini artırarak PA arter basınç eğrisinde yükselmeye neden olurlar (96).

Çalışmamıza dahil edilen 136 hastanın SKK'leri ve ekokardiyografileri yapılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda intravenöz hidrasyon ve diüretik kullanımının RAP'ı ve IVC çapını değiştirdiği gösterilmiştir (100,101). Bu bilgi göz önünde bulundurularak hastaların ekokardiyografileri SKK'nin hemen öncesinde yapılmaya çalışılmıştır.

Çalışmamızda invaziv olarak ölçülen RAP değeri 10 mmHg ve/veya üzerinde olan ve 10 mmHg altında olan grup olarak hastalar iki gruba ayrılmıştır. $RAP \geq 10$ mmHg olan grup 57 kişiden $RAP < 10$ mmHg olan grup 79 kişiden oluşmaktaydı. $RAP \geq 10$ mmHg olan grupta maksimum ve minimum CS çaplarının yüksek olduğu, CS kollaps indekslerinin düşük olduğu görülmüştür. İki grup karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$), ayrıca bu parametrelerin VYA'ya oranlarının da istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır ($p < 0,001$). Çalışmamızda ayrıca invaziv RAP ve CS parametrelerinin de korelasyonları değerlendirilmiş ve invaziv RAP ile maksimum CS ve CS kollaps indeks korelasyonları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla; $r: 0,478$ $p < 0,001$; $r: -0,674$ $p < 0,001$). Diğer CS parametreleri de benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$).

İnferior vena kava çap, kollaps indeksi ve RAP ilişkisi incelendiğinde $RAP \geq 10$ mmHg olan grupta IVC çaplarının yüksek olduğu, IVC kollaps indekslerinin düşük olduğu görülmüştür. İki grup karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiş ($p < 0,001$), ayrıca bu parametrelerin VYA'ya oranlarının da

istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmüştür ($p<0,001$). Daha önce yapılan invaziv RAP ve IVC parametrelerini karşılaştıran çalışmalarda iki parametre arasında orta derecede korelasyon olduğu görülmüştür ($r:0,35-0,76$) (98,103). Çalışmamızda invaziv olarak ölçülen RAP ve IVC parametrelerinin korelasyonları analiz edilmiş olup invaziv RAP ile maksimum IVC ve IVC kollaps indeksi arasında korelasyon olduğu görülmüştür (sırasıyla; $r:0,615$ $p<0,001$; $r:-0,683$ $p<0,001$). Diğer IVC parametreleri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Çalışmamızda farklı olarak IVC ve CS parametrelerinin korelasyonları değerlendirilmiştir. Bu parametrelerin de korelasyonlarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,001$). Maksimum IVC ve CS için korelasyon katsayısı 0,554 olarak, IVC ve CS kollaps indeks için korelasyon katsayısı 0,608 olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda hem IVC hem de CS için ROC analizleri kullanılarak RAP ≥ 10 mmHg olmasını predikte eden cut-off değerler belirledik. IVC üzerinden RAP tahmin edilmesinde kullanılan IVC çapı ve kollapsı için kılavuzlarda geçen cut-off değerlerinin IVC çapı için 21 mm, IVC kollaps indeksi için %50 olduğu bilinmektedir (57,98). Çalışmamızda IVC maksimum çapı ve IVC kollaps indeksi için cut-off değerlerini kılavuzlarda geçen değerlerden daha düşük bulduk (sırasıyla; 19,6 mm; %46,1). Maksimum CS çapı ve CS kollaps indeks parametreleri için elde ettiğimiz cut-off değerleri ise sırasıyla; 11 mm ve %39,2 idi. Hem CS hem de IVC için minimum değerler ve VYA'ya oranlarının cut-off değerleri de belirlendi. Böylelikle IVC ve CS minimum çaplarının ve VYA'ya oranlarının da RAP yüksekliğini öngörmeye kullanılabileceğini göstermiş olduk. Daha önce yapılan hiç bir çalışmada CS'nin RAP ≥ 10 mmHg olmasını predikte eden belirlenmiş belli bir cut-off değeri gösterilmemiştir. Biz bu çalışma ile CS maksimum, minimum çapları, bunların VYA'ya oranları ve CS kollaps indeksleri için yeni cut-off değerleri belirledik. Çalışmamız bu konuda yapılmış ilk çalışmadır.

Sağ atriyal basıncın invaziv olmayan yöntemlerle tahmin edilmesinde IVC'nın kullanımı ile ilgili çok fazla sayıda çalışma yapılmıştır. Bazılarında sistolik PAB ölçümünde ekokardiyografi ile ölçülen değer ile invaziv olarak ölçülen değer arasında yüksek korelasyon bulunmuş (0,57-0,93) (103), bazılarında

ise invaziv olarak ölçülen RAP ile IVC çapı ve kollapsı üzerinde hesap edilen tahmini RAP arasında tutarsızlıklar saptanmıştır (77,104,105,106). RAP tahmin edilmesinde CS'nin kullanımı ile ilgili invaziv olarak desteklenmiş herhangi bir çalışma mevcut değildir. Fakat CS'nin PHT'de dilate olduğunu, sistolik PAB artışı ile CS dilatasyonunun korele olduğunu gösteren bazı çalışmalar mevcuttur. Çetin ve ark. yaptığı 155 kişilik bir çalışmada hastalar PHT olmayan, orta düzeyde PHT olan ve ciddi PHT olan hastalar şeklinde 3 gruba ayrılmışlar. Hastalarda, sistolik PAB değeri yükseldikçe CS dilatasyonunun arttığı görülmüş ($p<0,001$) ve CS ile IVC arasında da anlamlı korelasyon bulunmuştur ($r:0,416$; $p<0,001$) (107). Bizim çalışmamızda ise invaziv olarak ölçülmüş RAP arttıkça CS dilatasyonunun arttığı, CS ve IVC korelasyonuna bakıldığında ise korelasyon katsayısının daha yüksek olduğu görülmüştür ($r :0,554$; $p<0,001$). Çalışmamızda CS'nin klinik olarak yeni bir kullanım alanına dikkat çekmek istedik.

Çalışmamızda invaziv RAP ve IVC üzerinden hesap edilen tahmini RAP korelasyonuna da bakılmıştır ve yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur ($r:0,765$; $p<0,001$). Tahmini RAP'ın invaziv olarak ölçülen RAP ile olan bu yüksek korelasyonu yaptığımız ekokardiyografinin güvenilirliğini ortaya koymaktadır.

Güneş ve arkadaşlarının 2008 yılında yaptığı 215 kişilik bir çalışmada hastaların ekokardiyografi ile Bernoulli denklemine göre sistolik PAB'ları hesap edilmiştir. Hastalar sistolik PAB >35 mmHg ($n:109$) olanlar ve olmayanlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Hastaların aynı zamanda IVC çap ve kollapsına göre tahmini RAP değerleri hesap edilmiştir. PHT grubunda CS çaplarının daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0,001$). Aynı zamanda IVC üzerinden hesap edilen RAP ile CS maksimum çapının korelasyonuna bakılmış ve istatistiksel olarak anlamlı saptanmıştır ($r=0.557$, $P < 0.001$) (108). Bizim çalışmamızda basınçlar invaziv olarak ölçülmüş ve yüksek invaziv basınçlara sahip hastalarda CS çapının daha dilate olduğu görülmüştür. Hem invaziv RAP hem de IVC üzerinden hesap edilen tahmini RAP'ın CS parametreleri ile korele olduğu görülmüştür. Ayrıca farklı olarak maksimum çaplar, minimum çaplar, CS kollaps indeksi ve VYA'ya oranları da değerlendirilmiş ve hepsinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür.

Mahmud ve arkadaşlarının 2001 yılında yaptığı 43 kişilik bir çalışmada invaziv olarak RA basınçları ölçülmüş ve parasternal uzun akstan ölçülen minimum CS çapı ile karşılaştırılmış, anlamlı sonuçlar elde edilmiştir ($r:0.59$, $P < 0,001$) (109). Bizim çalışmamızda ise hem IVC üzerinden tahmini RAP hesap edilmiş, hem invaziv olarak RAP ölçülmüştür. Bu ölçümler maksimum CS çapı, minimum CS çapı, bu çapların VYA'ya oranları ve CS kollaps indeksi ile korele edilmiştir. Hem IVC üzerinden hesap edilen tahmini RAP hem de invaziv RAP korelasyonları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$) (Tablo 4.6). Yukardaki çalışmadan farklı olarak çalışmamızda invaziv basınçlar ölçüldü ve hem CS minimum ve maksimum çapları hem de kollaps indeksleri de bu ölçülen invaziv RAP ile karşılaştırıldı. Ayrıca çalışmamızda $RAP \geq 10$ mmHg olmasını tahmin etmek amacı ile her bir maksimum CS çapı, minimum CS çapı, maksimum CS çapı/VYA, minimum CS çapı/VYA ve CS kollaps indeksi için ROC analizleri yapıldı, duyarlılıkları, özgüllükleri hesap edildi ve optimal cut-off değerleri belirlendi.

Kawata ve arkadaşları 2017 yılında 120 kişi üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada hastaların invaziv olarak RA basınçları ölçülmüş ve eş zamanlı olarak hastaların ekokardikardiyografileri yapılarak maksimum IVC ve minimum IVC çapları ölçülmüş, maksimum IVC çapı/VYA, minimum IVC çapı/VYA ve IVC kollaps indeksi hesap edilmiştir. RA basıncının ≥ 10 mmHg üzerinde olmasını predikte eden IVC parametrelerinin cut-off değerleri, duyarlılıkları ve özgüllükleri belirlenmiştir. Maksimum IVC için cut-off değer 17 mm, IVC kollaps indeksi için cut-off değer %40 bulunmuştur (110). Çalışmamızda ise IVC çapı için cut-off değeri 19,6 mm, IVC kollaps indeksi için cut-off değeri %46,1 olarak bulunmuştur. Mevcut kılavuzlara bakıldığında maksimum IVC çapı için cut-off değerinin 21 mm, IVC kollaps indeksinin %50 olduğu bilinmektedir (57,98). Bizim çalışmamızda bulduğumuz cut-off değerleri kılavuzlara daha yakındı. Ayrıca invaziv RAP ile IVC maksimum çapı ve kollaps indeksi korelasyonuna baktığımızda çalışmamızdaki korelasyon katsayıları (r değeri) daha yüksekti.

Çalışmamız CS çapı ve kollapsının RAP tahmininde kullanımı ile ilgili kateterizasyon destekli ilk çalışmadır. Daha önce yapılan çalışmalarda RAP artışı

ile CS dilatasyonunun korele olduğu gösterilmiştir. Fakat invaziv olarak ölçülen RAP ile hem CS parametrelerinin korelasyonu hem de IVC'nin korelasyonu daha önce hiçbir çalışmada gösterilmemiştir. Ayrıca IVC ve CS parametrelerinin de korelasyonu ile ilgili daha önce bir çalışma yapılmamıştır. Çalışmamızda IVC ve CS parametreleri ile ilgili optimal cut-off değerler belirlenmiştir. Bu açıdan da çalışmamıza benzer bir çalışma bulunmamaktadır.

Çalışmamız invaziv RAP ile IVC ve CS parametrelerini karşılaştıran ilk çalışma olmuştur. Çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında RAP tahmininde artık sadece IVC çapı ve kollapsının kullanımı değil CS çapı ve kollapsının kullanımı düşünülebilir. IVC'nin kollapsının ölçülmesinde kaliteli görüntünün elde edilmesinin de etkili olduğu düşünülürse CS çapı ve kollapsını ölçmek daha kolay olacaktır. Bu konuda daha büyük ölçekli çalışmalara ihtiyaç olacaktır.

Sonuçlar: Çalışmamızda invaziv olarak ölçülen RAP ile IVC ve CS parametreleri değerlendirilmiş ve anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. IVC parametrelerine bakıldığında önceki yapılan çalışmalara benzer bulunmuştur. Fakat CS parametrelerinin de IVC kadar anlamlı çıkması RAP tahmin edilmesinde artık CS'nin de kullanılabileceğini düşündürmektedir. Yapılan korelasyonların yüksek düzeyde anlamlı çıkması bu fikri daha da güçlendirmektedir. Ayrıca çalışmamızda CS parametreleri için cut-off değerler belirlenmiş olup bundan sonra yapılacak olan çalışmalara örnek olacaktır.

6. ÖZET

Ekokardiyografi ile Sistolik Pulmoner Arter Basıncı Hesaplanmasında Sağ Atriyal Basıncı Tahmininde Koroner Sinüs Çapı ve Kollapsının Kullanımı

Giriş ve Amaç: Doppler ekokardiyografinin kullanılması ile pulmoner arter basıncı invaziv olmayan yöntemlerle tahmin edilebilir hale gelmiştir. Transtorasik ekokardiyografi pulmoner hipertansiyon şüphesi olan hastaların tarama, tanı ve takibinde kullanılan, kolay ulaşılır invaziv olmayan bir görüntüleme yöntemidir. Ekokardiyografi ile sistolik pulmoner arter basıncı Bernoulli denklemine göre hesaplanmaktadır. Bu denkleme göre; sistolik pulmoner arter basıncı: $4 \times (\text{triküspid yetmezlik akım hızı})^2 + \text{tahmini sağ atriyum basıncıdır (RAP)}$. Tahmini RAP ise inferior vena kava (IVC) çapı ve kollapsına göre tahmin edilmektedir. IVC'ye göre RAP'ın tahmin edilmesi ile ilgili yapılmış birçok çalışmanın yanı sıra invaziv olmayan yöntemlerle tahmin edilen RAP ve invaziv olmayan yöntemlerle hesap edilen sistolik pulmoner arter basıncının koroner sinüs (CS) ile ilişkisini değerlendiren bazı çalışmalar da bulunmaktadır. Ancak invaziv olarak ölçülen RAP'ın CS çapı ve kollapsı ile ilişkisini karşılaştıran ve CS'nin RAP tahmininde kullanılması ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada amacımız RAP'ın tahmin edilmesinde CS çapı ve kollapsının kullanılabilirliğini araştırmaktır.

Hastalar ve Yöntem: Çalışmamız tek merkezli prospektif bir çalışmadır. Çalışmaya Mart 2017 ile Mart 2018 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Kardiyoloji Polikliniğine başvurmuş ve herhangi bir nedenle sağ kalp kateterizasyonu yapılması planlanmış, dışlama kriterlerine sahip olmayan ve 18 yaşından büyük 136 hasta dahil edildi. Hastaların sağ kalp kateterizasyonu öncesinde ayrıntılı ekokardiyografileri yapıldı.

Bulgular: Hastaların 77 tanesi (%56,6) kadın, 59 tanesi (%43,4) erkekti. Hastaların yaş ortalaması $57,67 \pm 13,36$ olup ortalama RAP $9,84 \pm 5,39$ mmHg olarak ölçüldü. Hastalar $\text{RAP} \geq 10$ mmHg (n:57) ve $\text{RAP} < 10$ mmHg (n:79) olarak iki gruba ayrıldı. $\text{RAP} \geq 10$ mmHg olan grupta maksimum IVC ve CS çapı RAP < 10 mmHg olan gruba göre yüksek, IVC ve CS kollaps indeksleri ise anlamlı

olarak daha düşüktü ($p<0,001$). Çalışmamızda $RAP \geq 10$ mmHg olmasını predikte eden bütün IVC ve CS parametreleri için optimal cutt-off değerler belirlendi. Maksimum IVC çapının optimal cut-off değeri 19,6 mm (duyarlılık, %63,2; özgüllük, %87,3), IVC kollaps indeksinin optimal cut-off değeri 46,1 (duyarlılık, %75; özgüllük, %79,7), maksimum CS çapının optimal cut-off değeri 11 mm (duyarlılık, %64,9; özgüllük, %77), CS kollaps indeksinin optimal cut-off değeri 39,2 (duyarlılık, %75,4; özgüllük, %88,6) olarak bulundu.

Ayrıca çalışmamızda invaziv olarak ölçülen RAP ile IVC ve CS parametrelerinin korelasyonları da değerlendirilmiş ve invaziv olarak ölçülen RAP ile maksimum IVC çapı ve IVC kollaps indeks arasında yüksek düzeyli anlamlı ilişki bulunmuştur (sırasıyla; $r:0,615$ $p<0,001$; $r:-0,683$ $p<0,001$). İnvaziv olarak ölçülen RAP ile maksimum CS çapı ve CS kollaps indeksi arasında da orta düzeyde anlamlı ilişki bulunmuştur (sırasıyla; $r:0,478$ $p<0,001$; $r:-0,674$ $p<0,001$). İnvaziv olarak ölçülen RAP ile IVC üzerinden tahmin edilen RAP arasında yapılan korelasyon da yüksek düzeyli anlamlı bulunmuştur ($r:0,765$ $p<0,001$). Aynı zamanda CS ve IVC parametrelerinin de kendi aralarında korelasyonları değerlendirilmiş ve bütün parametrelerin korelasyonları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$).

Sonuç: Çalışmamızda invaziv olarak ölçülen RAP ile maksimum IVC çapı, IVC kollaps indeks ve maksimum CS çapı, CS kollaps indeks arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. IVC parametrelerinin sonuçlarına bakıldığında önceki yapılan çalışmalara benzer bulunmuştur. CS parametrelerinin sonuçlarının da IVC parametrelerinin sonuçları kadar anlamlı çıkması RAP tahmin edilmesinde artık CS'nin de kullanılabileceğini göstermektedir. Yapılan korelasyonların çoğunun yüksek düzeyli anlamlı çıkması bu fikri daha da güçlendirmektedir. Ayrıca çalışmamızda CS parametreleri için cut-off değerler belirlenmiş olup bundan sonra yapılacak olan çalışmalara örnek olacaktır.

Anahtar kelimeler: Pulmoner hipertansiyon, inferior vena kava, koroner sinüs, sağ atriyal basınç

7. ABSTRACT

Using Coronary Sinus Diameter and Collapse Index to Estimate Right Atrial Pressure for Echocardiographic Systolic Pulmonary Arterial Pressure Measurement

Introduction and Purpose: With the use of Doppler echocardiography, pulmonary artery pressure has become predictable by noninvasive methods. Transthoracic echocardiography is an easily accessible, noninvasive method used in the screening, diagnosis and follow-up of patients with suspected pulmonary hypertension. Echocardiographic systolic pulmonary artery pressure is calculated according to the Bernoulli equation. According to this equation; systolic pulmonary artery pressure: $4 \times (\text{tricuspid regurgitation flow rate})^2 + \text{estimated right atrium pressure (RAP)}$. Estimated RAP is estimated by inferior vena cava (IVC) diameter and collapse index. There are several studies evaluating RAP according to IVC as well as some studies showing the relationship between estimated systolic pulmonary artery pressure, calculated RAP and coronary sinus (CS) evaluation. However, there is no study comparing invasively measured RAP with CS diameter and collapse

In this study, our aim is to investigate the usability of CS diameter and collapse in RAP estimation.

Patients and Methods: Our study was a single-center prospective study. The study included 136 patients who were admitted to the Akdeniz University Hospital Cardiology Policlinics between March 2017 and March 2018, who were planned to be performed right heart catheterization for any reason, who did not have exclusion criteria and were older than 18 years. Detailed echocardiography was performed before the right heart catheterization

Findings: 77 (56.6%) of the patients were female and 59 (43.4%) were male. The mean age of the patients was 57.67 ± 13.36 and the mean RAP was 9.84 ± 5.39 mmHg. Patients were divided into two groups as $\text{RAP} \geq 10$ mmHg (n: 57) and $\text{RAP} < 10$ mmHg (n: 79). In the group with $\text{RAP} \geq 10$ mmHg, maximum IVC and CS diameters were higher than the $\text{RAP} < 10$ mmHg group, IVC and CS

collapse index were significantly lower ($p < 0.001$). Optimal cut-off values were determined for all IVC and CS parameters predicting for $RAP \geq 10$ mmHg. Optimal cut-off value of the maximum IVC diameter was 19.6 mm (sensitivity, 63.2%, specificity, 87.3%), optimal cut-off value of the IVC collapse index was 46.1 (sensitivity, 75.4 %, specificity, 79.7 %), optimal cut-off value of maximum CS diameter was 11 mm (sensitivity, 64.9%, specificity, 77.3 %), optimal cut-off value of CS collapse index was 39.2 (sensitivity, 75.4%, specificity, 88.6%).

We also assessed correlations between invasively measured RAP and IVC and CS parameters in our study. There was a high correlation between the invasive RAP and maximum IVC diameter and IVC collapse index ($r: 0.615$ $p < 0.001$; $r: -0.683$ $p < 0.001$ respectively). There was also a moderate correlation between invasively measured RAP and maximum CS diameter and CS collapse index ($r: 0.478$ $p < 0.001$; $r: -0.674$ $p < 0.001$ respectively). Correlation between invasively measured RAP and RAP estimated via IVC was also found to be highly significant ($r: 0.765$ $p < 0.001$). At the same time, correlations between CS and IVC parameters were evaluated and correlations of all parameters were statistically significant ($p < 0.001$).

Conclusion: In our study, there was a significant relationship between invasively measured RAP and maximum IVC diameter, IVC collapse index and maximum CS diameter, CS collapse index. The results of the IVC parameters were similar to those of the previous studies. Significant results of the CS parameters as well as the results of the IVC parameters indicate that CS can also be used estimating RAP. High level of significance in majority of the correlations reinforces this idea. In addition, cut-off values for CS parameters are determined in our study and they will be an example for further studies.

Key words: Pulmonary hypertension, Inferior vena cava, Coronary sinus, Right atrial pressure

8. KAYNAKLAR

1. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, Gibbs S, Lang I, Torbicki A, et al; Eur Heart J 2015; pii: ehv317.
2. Yock PG, Popp RL. Noninvasive estimation of right ventricular systolic pressure by Doppler ultrasound in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation* 1984; 70: 657-62.
3. Stephen B, Dalal P, Berger M, Schweitzer P, Hecht S. Noninvasive estimation of pulmonary artery diastolic pressure in patients with tricuspid regurgitation by Doppler echocardiography. *Chest* 1999; 116(1): 73-7.
4. Arıncı K, Elhan A. *Anatomi. Dolaşım Sistemi Anatomisi*. Güneş Kitap Evi 2. Cilt, 1995; 1-93.
5. Sánchez-Quintana D, Anderson RH, Cabrera JA, Climent V, Martin R, Farre J, Ho SY. The terminal crest: morphological features relevant to electrophysiology. *Heart* 2002; 88: 406–11.
6. Rastogi R, Budhiraja V, Jain SK, Sharma N, Garg R, Nafees H. Morphological pattern of Crista terminalis. Musculi pectinati and Taenia sagittalis with applied significance. *Journal of Morphological Sciences* 2016; 33(3): 142-5. DOI: 10.4322/jms.092015
7. Matsuyama TA, Inoue S, Kobayashi Y, Sakai T, Saito T, Katagiri T, Ota H. Anatomical diversity and age-related histological changes in the human right atrial posterolateral wall. *Europace* 2004; 6: 307–15. DOI: 10.1016/j.eupc.2004.03.011
8. Faletra FF, Pandian NG, Ho SY. *Anatomy of the Heart by Multislice Computed Tomography*. Oxford: Wiley-Blackwell. 2008. DOI: 10.1002/9781444300550.
9. Loukas M, Tubbs RS, Tongson JM, Polepalli S, Curry B, Jordan R, Wagner T. The clinical anatomy of the crista terminalis, pectinate muscles and the teniae sagittalis. *Ann Anat* 2008; 190: 81–87. DOI: 10.1016/j.aanat.2007.05.002
10. Monfredi O, Dobrzynski H, Mondal T, Boyett MR, Morris GM. The anatomy and physiology of the sinoatrial node - a contemporary review. *PACE - Pacing and Clinical Electrophysiology* 2010; 33: 1392–406. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2010.02838.x
11. Vikse J, Henry BM, Roy J, Ramakrishnan PK, Hsieh WC, Walocha JA, et al. Anatomical variations in the sinoatrial nodal artery: A meta-analysis and clinical considerations. *PLoS One* 2016; 5;11(2):e0148331. DOI: 10.1371/journal.pone.0148331.
12. Klimek-Piotrowska W, Hołda MK, Koziej M, Hoyda J, Piatek K, Tyrak K, et al. Clinical anatomy of the cavotricuspid isthmus and terminal crest. *PLoS One* 2016; 28; 11(9):e0163383. DOI: 10.1371/journal.pone.0163383.

13. Becker AE, Anderson RH, Durrer D, Wellens HJ. The anatomical substrates of wolffparkinson- white syndrome. A clinicopathologic correlation in seven patients. *Circulation* 1978; 57(5): 870-9.
14. Ho SY, Anderson RH. How constant anatomically is the tendon of Todaro as a marker for the triangle of Koch. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000; 11(1): 83-9.
15. Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum's echocardiography. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2005.
16. Anderson RH, Cook AC. The structure and components of the atrial chambers. *Europace* 2007; 9(6): 3-9. DOI: 10.1093/europace/eum200.
17. Steding G, Jinwen X, Seidl W, Manner J, Xia H. Developmental aspects of the sinus valves and the sinus venosus septum of the right atrium in human embryos. *Anat Embryol (Berl)* 1990; 181: 469–75.
18. D'Cruz IA, Shirwany A. Update on echocardiography of coronary sinus anatomy and physiology *Echocardiography* 2003; 20(1): 87-95.
19. Alonso C, Leclercq C, d'Allonnes FR, Pavin D, Victor F, Mabo P, et al. Six year experience of transvenous left ventricular lead implantation for permanent biventricular pacing in patients with advanced heart failure: technical aspects. *Heart* 2001; 86: 405-10.
20. Grzybiak M. Morphology of the CS and contemporary cardiac electrophysiology. *Folia Morphol (Warsz)* 1996; 55: 272-3.
21. Abraham WT, Fisher WG, Smith AL, Delurgio DB, Leon AR, Loh E, et al. Cardiac resynchronization in chronic heart failure. *N Engl J Med* 2002; 346: 1845–53.
22. Asirvatham S. Anatomy of the CS. In: Cheuk-Man Y (ed). *Cardiac Resynchronization Therapy*. Oxford: Blackwell Publishing 2006; 211-38.
23. Moore K, Persaud T. *Before We are Born: Essentials of Embryology and Birth Defects*. 7th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier 2003.
24. Karaca M, Dinçkal H. Koroner sinüs anatomisi ve klinik önemi. *Türk Kardiyoloji Derneği Arş* 2007; 35(7): 436-40.
25. Ortale JR, Gabriel EA, Iost C, Márquez CQ. The anatomy of the coronary sinus and its tributaries. *Surg Radiol Anat* 2001; 23: 15-21.
26. Mlynarski R, Mlynarska A, Tendera M, Sosnowski M. Coronary sinus ostium: the key structure in the heart's anatomy from the electrophysiologist's point of view. *Heart Vessels* 2011; 26: 449-56.
27. Ludinghausen M, Ohmachi N, Boot C. Myocardial coverage of the CS and related veins. *Clin Anat* 1992; 5: 1-15.

28. Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, et al, editors. Angiology. In: Gray's anatomy. 38th ed. New York: Churchill Livingstone 1995; 621-2.
29. Gami AS, Edwards WD, Lachman N, Friedman PA, Talreja D, Munger TM, et al. Electrophysiological anatomy of typical atrial flutter: the posterior boundary and causes for difficulty with ablation. *Cardiovasc Electrophysiol* 2010; 21: 144–9. DOI: 10.1111/j.1540 8167.2009.01607.x
30. Hołda MK, Klimek-Piotrowska W, Koziej M, Mazur M. Anatomical variations of the coronary sinus valve (Thebesian valve): implications for electrocardiological procedures. *Europace* 2015; 17: 921–27. DOI: 10.1093/europace/euu397
31. Anderson RC, Adams P Jr., Burke B. Anomalous inferior vena cava with azygos continuation (infrahepatic interruption of the inferior vena cava). Report of 15 new cases. *J Pediatr* 1961; 59: 370-83. PubMed PMID: 13683264
32. Shah SS, Teague SD, Lu JC, Dorfman AL, Kazerooni EA, Agarwal PP. Imaging of the coronary sinus: normal anatomy and congenital abnormalities. *Radiographics* 2012; 32: 991-1008.
33. Saremi F, Muresian H, Sánchez-Quintana D. Coronary veins: comprehensive CT-anatomic classification and review of variants and clinical implications. *Radiographics* 2012; 32: 1-32.
34. Aronson RS, Cranefield PF, Wit AL. The effects of caffeine and ryanodine on the electrical activity of the canine CS. *J Physiol* 1985; 368: 593–610.
35. Olgin JE, Jayachandran JV, Engesstein E, Groh W, Zipes DP. Atrial macroreentry involving the myocardium of the CS: a unique mechanism for atypical flutter. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1998; 9: 1094–9.
36. Takatsuki S, Mitamura H, Ieda M, Ogawa S. Accessory pathway associated with an anomalous coronary vein in a patient with Wolff–Parkinson–White syndrome. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001; 12: 1080–2.
37. Volkmer M, Antz M, Hebe J, Kuck KH. Focal atrial tachycardia originating from the musculature of the CS. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2002; 13: 68–71.
38. Sun Y, Arruda M, Otomo K, Beckman K, Nakagawa H, Calame J et al. CS-ventricular accessory connections producing posteroseptal and left posterior accessory pathways: incidence and electrophysiological identification. *Circulation* 2002; 106: 1362–7.
39. Doğanay S, Karaman A, Gündoğdu F, Duran C, Yalçın A, Kantarcı M. Usfulness of multidetector computed tomography coronary venous angiography examination before cardiac resynchronization therapy. *Jpn J Radiol* 2011; 29: 342-7.
40. Burkhardt JD, Wilkoff BL. Interventional electrophysiology and cardiac resynchronization therapy: delivering electrical therapies for heart failure. *Circulation* 2007; 115: 2208-20.

41. Arıncı K, Elhan A (yazarlar). Anatomi, Ankara: Güneş Kitabevi, 1997: 7-9.
42. Çimen A (yazar). Anatomi, Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi, 1994: 195-8.
43. Otto M. Echocardiographic Findings in Acute and Chronic Pulmonary Disease. Otto M. (ed). The Practice of Clinical Echocardiography (second edition). WB Saunders Co., Philadelphia 2002; 33: 739-57.
44. Weyman AE, Jiang L, Wieggers S. Right Ventricle. Weyman AE (ed). Principles and Practice of Echocardiography (second edition). Lea & Febiger Philadelphia 1994; 28: 901-19.
45. Burgess MI, Bright-Thomas RJ, Ray SG. Echocardiographic evaluation of right ventricular function. Eur J Echocardiogr 2002; 3: 252-62.
46. Kosinski A, GRZybiak M, Dubaniewicz A, Kedziora K, Marakewicz W, Kozłowski D. False chordate tendinae in right ventricle of adult human hearts-morphological aspects. Arch Med Sci 2012; 8: 834-40.
47. Goor DA, Lilehei CW. Congenital malformations of the heart. 1st Ed. New York: Grune and Stratton 1975; 1-37.
48. Anderson RH, Cook A, Hlavacek J, Muresian H, Spicer D. Normal cardiac anatomy. In: da Cruz EM et al., editors. Pediatric and Congenital Cardiology, Cardiac Surgery and Intensive Care. London: Springer-Verlag 2014; 17-46.
49. Restivo A, Smith A, Wilkinson JL, Anderson RH. The medial papillary muscle complex and its related septomarginal trabeculation. A normal anatomical study on human hearts. J Anat 1989; 163: 231-42.
50. Gonzalez-Lavin L, Geens M, Ross DN. Pulmonary valve autograft for aortic valve replacement. J Thorac Cardiovasc Surg 1970; 60: 322-30.
51. Foale R, Nihoyannopoulos P, McKenna W, Kleinebenne A, Nadazdin A, Rowland E, et al. Echocardiographic measurement of the normal adult right ventricle. Br Heart J 1986; 56: 33-44.
52. Muresian H. The vascularization of particular cardiac areas In: The clinical anatomy of the coronary arteries. An anatomical study on 100 human heart specimens. Bucharest: Ed. Enciclopedica 2009; 140-63.
53. Redington AN. Right ventricular function. Cardiology Clin 2002; 20: 341-9.
54. Hoffman D, Sisto D, Frater RW, Nikolic SD. Left-to-right ventricular interaction with a noncontracting right ventricle. J Thorac Cardiovasc Surg 1994; 107: 1496-502.
55. Koçak G, Atalay S, Tutar HE, Gümüş H, İmamoğlu A. Pulmoner hipertansiyonda sağ ventrikül diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesi. Ankara Üniv Tıp Fak Mec 2000; 53: 3.

56. Malik SB, Kwan D, Shah AB, Hsu JY. The Right Atrium: Gateway to the Heart Anatomic and Pathologic Imaging Findings. *Radiographics* 2015; 35(1): 14–31. DOI: 10.1148/rg.351130010
57. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of the American Society of Echocardiography* 2010; 23 (7): 685-713; quiz 786-688.
58. Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T (eds). *Feigenbaum's Echocardiography* Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins 2005; 202-10.
59. Kaul S, Tei C, Hopkins JM, Shah PM. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984; 107: 526-31.
60. Tamborini G, Pepi M, Galli CA, Maltagliati A, Celeste F, Muratori M, et al. Feasibility and accuracy of a routine echocardiographic assessment of right ventricular function. *Int J Cardiol* 2007; 115: 86-9.
61. Ozben B, Basaran Y. Pulmoner arteriyel hipertansiyonda ekokardiyografi ve diğer görüntüleme yöntemleri. *Anadolu Kardiyol Derg* 2010; 10: Suppl 1; 27-35.
62. Yeo TC, Dujardin KS, Tei C, Mahoney DW, McGoon MD, Seward JB. Value of a Doppler-derived index combining systolic and diastolic time intervals in predicting outcome in primary pulmonary hypertension. *Am J Cardiol* 1998; 81: 1157-61.
63. Cohen BE, Winer HE, Kronzon I. Echocardiographic findings in patients with left superior vena cava and dilated coronary sinus. *Am J Cardiol* 1979; 44: 158-61.
64. Turkevich D, Groves BM, Micco A, Trapp JA, Reeves JT. Early partial systolic closure of the pulmonic valve relates to severity of pulmonary hypertension. *Am Heart J* 1988; 115: 409-18.
65. Tahara M, Tanaka H, Nakao S, Yoshimura H, Sakurai S, Tei C, et al. Hemodynamic determinants of pulmonary valve motion during systole in experimental pulmonary hypertension. *Circulation* 1981; 64(6): 1249.
66. McGoon M, Guterman D, Steen V, Barst R, McCrory DC, Fortin TA, et al. American College of Chest Physicians. Screening, early detection, and diagnosis of pulmonary arterial hypertension: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2004; 126: 14-34.
67. McQuillan BM, Picard MH, Leavitt M, Weyman AE. Clinical correlates and reference intervals for pulmonary artery systolic pressure among echocardiographically normal subjects. *Circulation* 2001; 104(23): 2797-802.

68. Mahan G, Dabestani A, Gardin J, Allfie A, Burn C, Henry W. Estimation of pulmonary artery pressure by pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* 1983; 68: 367.
69. Chan KL, Currie PJ, Seward JB, Hagler DJ, Mair DD, Tajik AJ. Comparison of three Doppler ultrasound methods in the prediction of pulmonary artery pressure. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 549-54.
70. Moreno FL, Hagan AD, Holmen JR, Pryor TA, Strickland RD, Castle CH. Evaluation of size and dynamics of the inferior vena cava as an index of right-sided cardiac function. *Am J Cardiol* 1984; 53: 579-85.
71. Weyman AE. Cross-sectional echocardiography. Philadelphia: Lea & Febiger; Philadelphia 1982; 12-13.
72. Ommen SR, Nishimura RA, Hurrell DG, Klarich KW. Assessment of right atrial pressure with 2-dimensional and Doppler echocardiography: a simultaneous catheterization and echocardiographic study. *Mayo Clin Proc* 2000; 75: 24-9.
73. Nagueh SF, Kopelen HA, Zoghbi WA. Relation of mean right atrial pressure to echocardiographic and Doppler parameters of right atrial and right ventricular function. *Circulation* 1996; 93: 1160-9.
74. Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *Am J Cardiol* 1990; 66: 493-6.
75. Pepi M, Tamborini G, Galli C, Barbier P, Doria E, Berti M, Guazzi M, Fiorentini C. A new formula for echo-Doppler estimation of right ventricular systolic pressure. *J Am Soc Echocardiogr* 1994; 7: 20-6.
76. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, Picard MH, Roman MJ, Seward J, Shanewise JS, Solomon SD, Spencer KT, Sutton MSJ, Stewart WJ, European Association of Echocardiography. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2005; 18: 1440-63.
77. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, Ronan A, Shah D, Vasaiwala S, Kirkpatrick JN, Spencer KT. Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20: 857-61.
78. Cruz K, Franklin C. The pulmonary artery catheter: uses and controversies. *Crit Care Clin* 2001; 17: 271-91.
79. Galiè N, Hoeper MM, Humbert M, Torbicki A, Vachiery JL, Barbera JA, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS),

- endorsed by the International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J* 2009; 30(20): 2493–537.
80. Mehra MR, Kobashigawa J, Starling R, Russell S, Uber PA, Parameshwar J, et al. Listing criteria for heart transplantation: international society for heart and lung transplantation guidelines for the care of cardiac transplant candidates—2006. *J Heart Lung Transplant* 2006; 25(9): 1024–42.
 81. Nossaman BD, Scruggs BA, Nossaman VE, Murthy SN, Kadowitz PJ. History of right heart catheterization: 100 years of experimentation and methodology development. *Cardiol Rev* 2010; 18: 94–101.
 82. Meyer JA. Werner Forssmann and catheterization of the heart, 1929. *Ann Thorac Surg* 1990; 49: 497–9.
 83. Lategola M, Rahn H. A self-guiding catheter for cardiac and pulmonary arterial catheterization and occlusion. *Proc Soc Exp Biol Med* 1953; 84: 667–8.
 84. Hoepfer M, Lee S, Voswinckel R, Palazzini M, Jais X, Marinelli A, et al. Complications of right heart catheterization procedures in patients with pulmonary hypertension in experienced centers. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48(12): 2546–52.
 85. American Collage of Cardiology / American Heart Association Ad Hoc Task Force on Cardiac Catheterization. ACC/AHA guidelines for cardiac catheterization and cardiac catheterization laboratories: American College of Cardiology/American Heart Association Ad Hoc Task Force on Cardiac Catheterization. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18: 1149–82.
 86. Yang CH, Guo GB, Yip HK. Bilateral cardiac catheterizations: the safety and feasibility of a superficial forearm venous and transradial arterial approach. *Int Heart J* 2006; 47: 21–7.
 87. Gilchrist IC, Moyer CD, Gascho JA. Transradial right and left heart catheterizations: a comparison to traditional femoral approach. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006; 67: 585–8.
 88. Hind R, Calvert N, McWilliams R, Paisley S, Beverley C, Thomas S. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ* 2003; 327(7411): 361.
 89. Sandham JD, Hull RD, Brant RF, Knox L, Pineo GF, Doig CJ, et al. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *N Engl J Med* 2003; 348: 5–14.
 90. Chatterjee NA, Lewis GD. Characterization of pulmonary hypertension in heart failure using the diastolic pressure gradient: limitations of a solitary measurement. *JACC Heart Fail* 2015; 3: 17–21.
 91. Kovacs G, Olschewski A, Berghold A, Olschewski H. Pulmonary vascular resistances during exercise in normal subjects: a systematic review. *Eur Respir J* 2012; 39(2): 319–28.

92. Mathier M. The nuts and bolts of interpreting hemodynamics in pulmonary hypertension associated with diastolic heart failure. *Adv Pulm Hypertens J* 2011; 10: 33–40.
93. Kovacs G, Avian A, Pienn M, Maeiöe R, Olschewski H. Reading pulmonary vascular pressure tracings. How to handle the problems of zero leveling and respiratory swings. *Am J Respir Crit Care Med* 2014; 190(3): 252–7.
94. Hoeper MM, Bogaard HJ, Condliffe R, Frantz R, Khanna D, Kurzyna M, et al. Definitions and diagnosis of pulmonary hypertension. *J Am Coll Cardiol* 2013; 62: (25 Suppl): D42–D50.
95. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med* 1970; 283(9): 447-51.
96. Shah MR, Hasselblad V, Stevenson LW, Binanay C, O'Connor CM, Sopko G, et al. Impact of the pulmonary artery catheter in critically ill patients: meta-analysis of randomized clinical trials. *JAMA* 2005; 294(13): 1664-70.
97. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22(2): 107-33.
98. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28: 1– 39.
99. Andrade JL, Somerville J, Carvalho AC, Campos O Jr, Mitre N, Martinez EE, et al. Echocardiographic routine analysis of the coronary sinus by an apical view: Normal and abnormal features. *Texas Heart Institute J* 1986; 13(2): 197–202.
100. Celebi Yamanoğlu NG, Yamanoğlu A, Parlak İ, Pinar P, Tosun A, Erkuran B, et al. The role of inferior vena cava diameter in volume status monitoring; the best sonographic measurement method? *Am J Emerg Med* 2015; 33: 433-438.
101. Tchernodriniski S, Lucas BP, Athavale A, Candotti C, Margeta B, Katz A, et al. Inferior vena cava diameter change after intravenous furosemide in patients diagnosed with acute decompensated heart failure. *J Clin Ultrasound* 2015; 43: 187-93.
102. Simonson JS, Schiller NB. Sonospirometry: A new method for noninvasive estimation of mean right atrial pressure based on two-dimensional echocardiographic measurements of the inferior vena cava during measured inspiration. *J Am Coll Cardiol* 1988; 11: 557-64.
103. Otto CM. *Textbook of Clinical Echocardiography*. Philadelphia: Elsevier Saunders, Inc, 2004, 131–65.

104. Arcasoy SM, Christie JD, Ferrari VA, Sulton MS, Zisman DA, Blumenthal NP, Pochettino A, et al. Echocardiographic assessment of pulmonary hypertension in patients with advanced lung disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 735–40.
105. Machraoui A, von Dryander S, Hinrichsen M, Jager D, Lemke B, Ulmer WT, et al. Two-dimensional echocardiographic assessment of right cardiac pressure overload in patients with chronic obstructive airway disease. *Respiration* 1993; 60(2): 65–73.
106. Lanzarini L, Fontana A, Lucca E, Campana C, Klersy C. Noninvasive estimation of both systolic and diastolic pulmonary artery pressure from Doppler analysis of tricuspid regurgitant velocity spectrum in patients with chronic heart failure. *Am Heart J* 2002; 144(6): 1087–94.
107. Cetin M, Cakıcı M, Zencir C, Tasolar H, Cil E, Yildiz E, et al. Relationship between severity of pulmonary hypertension and coronary sinus diameter. *Rev Port Cardiol* 2005; 34(5): 329-35.
108. Gunes Y, Guntekin U, Tuncer M, Kaya Y, Akyol A. Association of Coronary Sinus Diameter with Pulmonary Hypertension. *Echocardiography* 2008; 25(9): 935-40. doi: 10.1111/j.1540-8175.2008.00718.x
109. Mahmud E, Raisinghani A, Keramati S, Auger W, Blanchard DG, DeMaria AN. Dilation of the Coronary Sinus on Echocardiogram: Prevalence and Significance in Patients with Chronic Pulmonary Hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2001; 14(1): 44-9.
110. Kawata T, Daimon M, Lee SL, Mimura K, Sawada N, Chiang SJ, et al. Reconsideration of Inferior Vena Cava Parameters for Estimating Right Atrial Pressure in an East Asian Population, Comparative Simultaneous Ultrasound-Catheterization Study. *Circulation Journal* 2017; 81(3): 346-52.