



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ÇOCUK SAĞLIĞI VE HASTALIKLARI
ANABİLİM DALI

Prof. Dr. Savaş Kansoy

SAĞ VENTRİKÜL ÇIKIŞ YOLU REKONSTRÜKSİYONU
UYGULANAN FALLOT TETRALOJİLİ OLGULARDA VENTRİKÜL
FONKSİYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

PEDİATRİK KARDİYOLOJİ YANDAL UZMANLIK TEZİ

Uz. Dr. Murat Deveci

TEZ YÖNETİCİSİ
Doç. Dr. R. Ertürk Levent

İZMİR 2011

ÖNSÖZ

Eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerini paylaşan, yandal eğitimimde ve mesleğimi daha da sevmemde büyük katkıları bulunan hocam Prof. Dr. Ruhi Özyürek'e,

Hem iyi bir insan, hem de iyi bir hekim olmak için örnek alınacak kişi, kendisinden çok şey öğrendiğim, tez hocam Doç. Dr. Ertürk Levent'e,

Eğitim süresi boyunca bana hem kıdemlilik, hem de arkadaşlık eden hocam Doç. Dr. Zülal Ülger'e,

Yandal eğitimim sırasında, her konuda destek ve yardımlarını eksik etmeyen Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Savaş Kansoy'a ve tüm Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Pediyatrik Kardiyoloji yandal eğitiminin önemli bir parçası olan, konjenital kalp cerrahi ekibi hocalarım Prof. Dr. Alp Alayunt ve Prof. Dr. Yüksel Atay'a, Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı'nda çalışan tüm öğretim üyesi, uzman, asistan, hemşire ve personele,

Birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum Uz. Dr. Orhan Bulut, Uz. Dr. Sibel Bozabalı ve Dr. Gunel Gafarly Isayeva'ya,

Çocuk Kardiyoloji Bilim Dalı çalışanları sayın Nazife Alabaş, Nurdan Tekeli ve Nilhan Kök'e,

Mensubu olmaktan onur duyduğum Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı'nda çalışan tüm uzman, asistan, hemşire ve personele,

Destekleri ve güvenlerini daima hissettiğim tüm dostlara,

Canım ailem, sevgili eşim Füsun ve oğlum K. Devin'e,

TEŞEKKÜR EDER, SONSUZ SAYGILARIMI SUNARIM.

Dr. Murat Deveci

İzmir, 2011

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Fallot Tetralojisi	3
2.1.1. Cerrahi Tedavi	5
2.1.1.1 Transannüler Yama	6
2.1.1.2 Contegra®	7
2.1.2. İzlem ve Sorunlar	9
2.2. Sağ Ventrikül ve Ekokardiyografik Değerlendirme	13
2.2.1. Konvansiyonel Ekokardiyografi	13
2.2.2. Doku Doppler Ekokardiyografi	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1. Çalışma Populasyonu	22
3.2. Çalışma Düzeni	23
3.3. Ekokardiyografik Değerlendirme	24
3.4. İstatistiksel Analiz	31
4. BULGULAR	32
5. TARTIŞMA	49
6. SONUÇLAR	68
7. ÖZET	73
8. ABSTRACT	75
9. KAYNAKLAR	77

KISALTMALAR

A: Atrial kontraksiyon ile oluşan geç diastolik dalga

AT: Akselerasyon zamanı

DDE: Doku doppler ekokardiyografi

DT: Deselerasyon zamanı

E: Hızlı ventriküler doluş ile oluşan erken diastolik dalga

EF: Ejeksiyon fraksiyonu

ET: Ejeksiyon zamanı

EKG: Elektrokardiyografi

EKO: Ekokardiyografi

FT: Fallot Tetralojisi

HV: Hepatik ven

HVSFF: Hepatik ven sistolik doluş fraksiyonu

IVA: Doku doppler ile ölçülen izovolemik kasılma sırasında akselerasyon

IVCT: Doku doppler ile ölçülen izovolemik kontraksiyon zamanı

IVRT: Doku doppler ile ölçülen izovolemik relaksasyon zamanı

IVS: İnterventriküler septum

IVV: Doku doppler ile ölçülen izovolemik kasılma sırasında zirve miyokardiyal hız

LA: Sol atriyum

LAA: Sol atrium alanı

LV: Sol ventrikül

LVEDA: Sol ventrikül diyastol sonu alanı

LVEDV: Sol ventrikül diyastol sonu hacmi

LVEDVI: Sol ventrikül diyastol sonu hacim indeksi

LVEF: Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu

LVESA: Sol ventrikül sistol sonu alanı

LVPWD: Sol ventrikül arka duvar çapı

MBT: Modifiye Blalock-Taussing

MPA: Ana pulmoner arter

MPI: Pulsed doppler ile ölçülen miyokard performans indeksi

PDDD: Pulsed dalga doku doppler

PS: Pulmoner stenoz

PY: Pulmoner yetmezlik

RA: Sağ atrium

RAA: Sağ atrium alanı

RV: Sağ ventrikül

RVAWD: Sağ ventrikül ön duvar çapı

RVEDA: Sağ ventrikül diyastol sonu alanı

RVEDV: Sağ ventrikül diyastol sonu hacmi

RVEDVI: Sağ ventrikül diyastol sonu hacim indeksi

RVEF: Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu

RVESA: Sağ ventrikül sistol sonu alanı

RVFAC: Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi

RVOT: Sağ ventrikül çıkış yolu

TAPSE: Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi

TY: Triküspit yetmezliği

VSD: Ventriküler septal defekt

VCI: Vena kava inferior

VCI CI: Vena kava inferior kollapsibilite indeksi

A': Doku doppler pik erken diastolik hız

E': Doku doppler pik geç diastolik hız

MPI': Doku doppler ile hesaplanan miyokard performans indeksi

S': Doku doppler pik sistolik miyokardiyal hız

ŞEKİL DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 1. Sığır juguler veninden elde edilen kapaklı konduit (Contegra®)	8
Şekil 2. RV diastol sonu alanı (RVEDA) ve sistol sonu alanı (RVESA) ve RFAC hesabı	15
Şekil 3. M-mode trase ile TAPSE ölçümü	16
Şekil 4. PW doppler ile triküspit ve pulmoner akım örnekleri ve MPI hesabı	17
Şekil 5. Doku doppler ekokardiyografisinde saptanan zaman aralıklarının şematik görünümü ve miyokard performans indeksi (MPI) hesabı	20
Şekil 6. PDDD kullanılarak izovolemik akselerasyon (IVA) hesabı	21
Şekil 7. Apikal dört boşluktan sağ ventrikül çaplarının ölçülmesi	26
Şekil 8. Parasternal kısa eksen; A) RVOT proksimal çapı, B) RVOT distal ve PA çapı	26
Şekil 9. TAPSE ölçümü	27
Şekil 10. Konvansiyonel ekokardiyografide MPI hesaplanması [$MPI = (a-b) / b$]	28
Şekil 11. PW doku doppler ekokardiyografide miyokardiyal hızların kaydedildiği segmentlerin şematik görünümü	29
Şekil 12. Pulsed dalga doku doppler (PDDD) ekokardiyografide izovolemik kasılma zamanı (IVCT), izovolemik relaksasyon zamanı (IVRT) ve Ejeksiyon zamanı (ET) ölçümleri	30
Şekil 13. PDDD ekokardiyografide izovolemik kasılma sırasında zirve miyokardiyal hız (IVV) ve akselerasyon zamanı (AT) ölçümü ile izovolemik akselerasyon (IVA) hesabı	30
Şekil 14. Üç grupta TAPSE-yaş ilişkisi	36
Şekil 15. Her iki grupta PY derecesine göre hastaların dağılımı	38
Şekil 16. Üç grupta DDE ile hesaplanan RV izovolemik akselerasyon (IVA) değerleri	48

TABLO DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa No:</u>
Tablo 1. Postoperatif FT’de yapısal ve fonksiyonel anormallikler	10
Tablo 2. Çalışma populasyonunun genel özellikleri	32
Tablo 3. Hasta gruplarının klinik özellikleri	33
Tablo 4. Hasta ve kontrol gruplarında sol ventrikül, sol atrium, interventriküler septum ve aorta ait M- mode ve 2D ekokardiyografik ölçümler	34
Tablo 5. Hasta ve kontrol gruplarında sağ ventrikül, sağ atrium, ve pulmoner artere ait 2D ekokardiyografik ölçümler	35
Tablo 6. Kontrol ve hasta gruplarında TAPSE değerlerinin karşılaştırılması	36
Tablo 7. Hasta gruplarında renkli doppler ve pulsed dalga doppler ekokardiyografi ile pulmoner ve triküspit kapağın değerlendirme sonuçları	37
Tablo 8. Hasta gruplarında PY derecesi ile M-mode ve 2D ekokardiyografik ölçümlerden elde edilen değişkenler arasındaki ilişki	39
Tablo 9. Hasta ve kontrol gruplarında VCI ve HV’e ait ekokardiyografik ölçümler	40
Tablo 10. RA, VCI ve HV’e ait ekokardiyografik ölçümler ile TY derecesi arasındaki ilişki	41
Tablo 11. Hasta ve kontrol gruplarında standart pulsed doppler ekokardiyografi ile mitral akımın değerlendirilmesi ve hesaplanan LV MPI	41
Tablo 12. Hasta ve kontrol gruplarında standart pulsed doppler ekokardiyografi ile triküspit akımının değerlendirilmesi ve hesaplanan RV MPI	42
Tablo 13. Hasta ve kontrol gruplarında sol ventrikülden (mitral lateral anülüs) pulsed dalga doku doppler ekokardiyografi ile elde edilen veriler	43
Tablo 14. Hasta gruplarında sol ventrikülden pulsed dalga ve doku doppler ekokardiyografi yoluyla elde edilen bulguların PY derecesi ile karşılaştırılması	43
Tablo 15. Hasta ve kontrol gruplarında interventriküler septumdan pulsed dalga doku doppler ekokardiyografi ile elde edilen veriler	44

Tablo 16. Hasta ve kontrol gruplarında sağ ventrikülden (triküspit lateral anulus) pulsed dalga doku doppler ekokardiyografi ile elde edilen veriler	45
Tablo 17. Hasta gruplarında sağ ventrikülden pulsed dalga ve doku doppler ekokardiyografi yoluyla elde edilen bulguların PY derecesi ile karşılaştırılması	46
Tablo 18. Hasta ve kontrol gruplarında TAPSE z skoru ile RV'ye ait diğer ekokardiyografik ölçümler arasındaki ilişki	47
Tablo 19. Hasta ve kontrol gruplarında triküspit lateral anülustan elde edilen sistolik dalga (S') ile RV'ye ait diğer ekokardiyografik ölçümler arasındaki ilişki	47
Tablo 20. Hasta ve kontrol gruplarında triküspit lateral anülustan hesaplanan MPI' ile diğer ekokardiyografik ölçümler arasındaki ilişki	48

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Fallot Tetralojisi (FT) tüm doğumsal kalp hastalıklarının %7-10'unu oluşturur ve siyanotik kalp hastalıkları içinde en sık görülenlerden birisidir. Günümüzde tedavisi tam düzeltme operasyonudur ve kronik hipokseminin neden olduğu olumsuz etkilerden kaçınmak için ameliyat zamanı yaşamın ilk yılı, hatta ilk aylarına kadar erkene alınmıştır (1,2). FT'nin cerrahi olarak düzeltilmesi, sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT) darlığının mümkünse tamamının giderilmesi ve ventriküler septal defektin blok oluşturulmadan kapatılması amacını taşır (3). Pulmoner anülüs hipoplazisi için transanüler yama uygulaması ve seçilmiş olgularda kapaklı kondüit implantasyonu gerekebilmektedir. Operasyon yaşının erkene kayması ve çoğu olguda anülüs hipoplazisi varlığı, transanüler yama uygulamasını gerektirmektedir ve bu durum da opere FT'li olgularda değişen derecelerde pulmoner kapak yetersizliği (PY)'nin sık görülmesine yol açmaktadır. Başlangıçta iyi tolere edilen ve masum kabul edilen PY, kronik volüm yüküne bağlı olarak ileride sağ ventrikül fonksiyonlarını bozmakta ve olguların önemli bir kısmı pulmoner kapak replasmanı için aday olmaktadır (4,5). Bu nedenle, anülüs hipoplazili olgularda, valvuler stenoz da belirgin ise başlangıçta kapaklı kondüit replasmanı ile tam düzeltme uygulaması gerekebilmektedir. Ancak kondüitin dejenerasyonu ve çocuğun büyümesiyle birlikte reimplantasyon gereksinimi tartışmalara yol açmaktadır. Kapaklı kondüit kullanılması gereken olgularda tercih edilen kriyoprezerve homogrefttir. Ne var ki, tüm dünyada ve ülkemizde, çocuklara uygun ebatta homogreft temininde ciddi sıkıntı vardır. Sığır juguler veninden elde edilmiş kapaklı bir heterogreft olan Contegra®'nın, RVOT rekonstrüksiyonunda kullanımına ilişkin erken ve orta dönem sonuçlar, homogreftlere iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir (6,7).

Doku doppler ekokardiyografi (DDE), çeşitli miyokardiyal segmentlerdeki hızları kantitatif olarak analiz ederek hem sistolik hem de diastolik kardiyak fonksiyonların araştırılmasını sağlayan yeni ve popüler bir ekokardiyografik tekniktir. Özellikle konjenital kalp hastalıklarında sağ ventrikül geometrisinin daha da karmaşıklaştığı düşünülürse, konvansiyonel ekokardiyografik değerlendirme yetersiz kalabilmektedir. DDE ile elde edilen triküspit lateral anülüs hızları, ölçülen sistolik-diastolik zaman intervalleri, hesaplanan miyokardiyal performans indeksi (MPI) ve son dönemde ön ve art yükten bağımsız güvenilir bir parametre olarak geliştirilen izovolemik akselerasyon (IVA)'nın, sağ ventrikül hakkında oldukça güvenilir ve pratik bilgiler verdiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (8). Konvansiyonel ekokardiyografi ile erişkin hastalarda sağ ventrikül (RV) sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, triküspit anülüsünün sistolde apikale yer değiştirmesi (TAPSE) ile sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi (RVFAC) arasında pozitif korelasyon bildirilmektedir. Ancak çocuklarda TAPSE'nin normal değerleri yaş ile değişmektedir ve sağlıklı çocuklarda referans değerleri içeren bir çalışma kısa süre önce yayınlanmış olup pediatrik yaş grubundaki hastaları içeren çalışmalar çok sınırlıdır (9).

Bu çalışmada amacımız; FT tam onarımı için transanüler yama (TAP) kullanılan olgular ile kapaklı kondüit olarak heterogreft (Contegra) kullanılan olguların ventrikül fonksiyonlarının yeni ekokardiyografik parametreler kullanılarak karşılaştırılması ve pulmoner yetersizlik derecesi ile ventrikül fonksiyonları arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Fallot Tetralojisi

Fallot tetralojisi (FT), ilk kez 1888 yılında, Fransız hekim Arthur Louis Etienne Fallot tarafından tanımlanmış olup süt çocukluğu döneminden sonra en sık rastlanılan konjenital siyanotik kalp hastalığıdır. Tüm doğumsal kalp hastalıklarının %7-10'unu oluşturmaktadır olup insidansı milyon canlı doğumda 356'dır (1,10,11). Tetralojinin klasik komponentleri şunlardır: 1) Ventriküler septal defekt (VSD) 2) Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT) obstrüksiyonu 3) Aortanın dekstropozisyonu ve ventriküler septumun üzerinde *overriding* yapması 4) Sağ ventrikül hipertrofisi. Van Praagh'a göre, infundibuler septumun öne ve sola doğru yer değiştirmesi ile birlikte septoparietal trabekülasyonların anormal ilişkisinin yol açtığı subpulmonik darlık, patolojinin temelini oluşturmaktadır (12,13)

İlk sistemik-pulmoner şant ameliyatı 1945 yılında Blalock ve arkadaşları tarafından, ilk tam düzeltme ameliyatı 1955 yılında Lillehei ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır (14). Günümüzde FT'nin onarımı %2-3 mortalite ile 1 yaş öncesinde yapılabilmektedir. Seçilmiş hastalarda şant, başlangıç prosedürü olarak halen uygulanmaktadır. Uzun süreli yaşam yüzdeleri %90'lara ulaşmıştır (15,16).

Fallot tetralojisine eşlik eden anomaliler; atriyal septal defekt (ASD), sağ aortik ark, koroner anomali (en sık sağ koroner arterden sol inen dal arterinin çıkışı), ilave VSD varlığı ve triküspit kapağın *straddling* ya da *overriding* yapmasıdır (1).

Hastalığın anatomik varyantları tanımlanmıştır:

1) Pulmoner atrezi ve Fallot tetralojisi: İnfundibular septum deviasyonunun en uç formu olup genelde distal pulmoner yatak da hipoplaziktir. Tüm FT'lilerin %15'inde görülür. Multiple aortopulmoner kollateral arterler (MAPCA) sıktır (2).

2) Pulmoner kapak yokluğu sendromu (*Absent pulmonary valve*): Pulmoner kapak ağır displastik ve rudimente olup belirgin genişlemiş pulmoner arterler mevcuttur. Tüm FT'li olguların %3-5'inde görülür ve dilate pulmoner arterlerin bronşlara basısına bağlı solunum sıkıntısı ön plandadır (17).

3) Atrioventriküler septal defekt (AVSD) ile birlikte Fallot tetralojisi: Tüm FT'lerin %2'sinde görülür ve cerrahi riski daha fazladır (18).

4) Çift çıkışlı sağ ventrikül (DORV): Aortik overriding ileri düzeyde olduğunda aort daha çok sağ ventrikül (RV) ile ilişkili olur. Fizyoloji çok değişmemekle birlikte bu hastalarda, cerrahi açıdan, VSD'nin aort solda kalacak şekilde kapatılmasıyla rekonstrükte edilen sol ventrikül çıkış yolunun obstrüksiyon riski fazladır (10).

Klasik Fallot tetralojisinde semptom ve bulguların şiddetini sağ ventrikül çıkış yolu obstrüksiyonu (RVOTO)'nun derecesi belirlemektedir. RVOT, sağ ventrikül ve pulmoner arter bifurkasyonu arasında yer alan bölüm olup sağ ventrikülün infundibulum kısmı, pulmoner anülüs, pulmoner kapak ve ana pulmoner arteri (MPA) içerir. FT'de infundibuler stenozun yanı sıra valvuler stenoz da sık görülmekte, pulmoner anülüs ve MPA da genelde hipoplazik olmaktadır. Akciğere kan akımındaki obstrüksiyonun şiddetine göre yenidoğan döneminde duktus açıklığını devam ettirmeyi gerektirecek kadar ağır siyanozlu olgular olabildiği gibi, süt çocukluğu ya da nadiren daha sonrasında üfürüm ve hafif siyanozla tanı alan olgular da görülebilmektedir.

2.1.1. Cerrahi tedavi

Ameliyatın ne zaman yapılacağı ve seçilecek teknik konusunda tartışmalar halen sürmektedir. Hipersiyanotik atakları olan ya da ağır siyanozlu semptomatik olgularda, başlangıç olarak, subklavian arter ile PA arasına tüp greft yerleştirilerek uygulanan modifiye Blalock-Taussig (MBT) şantı (iki-aşamalı tamir) tercih eden merkezler varken, bu çocuklarda da acil tam düzeltme ameliyatını (tek-aşamalı tamir) savunan ve uygulayan merkezler vardır. Tartışma, asemptomatik FT'li çocuklarda cerrahi zamanlama konusunda da devam etmektedir. Bu hastalarda, elektif tamirin neonatal dönemden itibaren uygulanmasını savunan merkezler bulunurken, 1 yaşına kadar beklemeyi savunanlar da vardır. Çoğu cerrah, asemptomatik FT'li infantları 4-6 ay arası tam düzeltme ameliyatına almaktadır. Sağ ventrikülün uzun süreli yüksek basınca maruz kalması ile; fibrozis, sistolik ve diyastolik fonksiyonlarda bozulma gibi miyokardiyal değişiklikler görülebilir. Bu durum miyokardiyal performansın bozulmasına ve ventriküler aritmilere yol açabilmektedir. FT'nin tam düzeltme yaşı geciktikçe, sol ventrikül (LV) fonksiyonları da etkilenmektedir (3). Tam düzeltme ameliyatının erken yapılması sayesinde bir yandan uzun süreli hipokseminin ortaya çıkarabileceği serebral abse, inme gibi komplikasyonlar önlenir, diğer yandan RV fonksiyonları korunur, ayrıca çocuğun mental ve fizik gelişiminin geri kalmaması sağlanır. Tek aşamalı tamir tercih edilerek MBT şantın neden olacağı pulmoner arter distorsiyonu, ventriküle ilave volum yükü, torakotomi ile oluşan cerrahi risk, progresif vasküler hastalık gibi potansiyel risklerden de kaçınılmış olur (1,10).

Fallot tetralojisinin cerrahi onarımında amaç; RVOT darlığının, pulmoner kapak fonksiyonlarını olabildiğince koruyarak giderilmesi ve VSD'nin blok oluşturulmadan kapatılmasıdır. Kardiyopulmoner by-pass altında median sternotomi ile transatrial ya da transventriküler yaklaşım uygulanır. Transatrial yaklaşım ile VSD tamiri ve kas bantlarının rezeksiyonu mümkündür. İfundibulumdan sağ ventrikülotomi ile gerçekleştirilen

transventriküler yaklaşım, VSD tamarine ve infundibuler insizyonun yama ile kapatılmasına olanak tanır ve yaygın endokardiyal skar oluşumuna yol açan agresif kas rezeksiyonu yapmadan hipoplastik infundibulum genişletilebilir. Ayrıca triküspit kapağa ve ileti demetine zarar verebilecek triküspit anülusunun aşırı traksiyonuna gerek kalmadan VSD kapatılmış olur. Transventriküler yaklaşımda da dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Bunlar; hem ventrikülotomi sırasında hem de dikiş esnasında koroner arterlere zarar verilmemesi, ventrikülotomi uzunluğunun sınırlı tutulması, VSD kapatılırken triküspit kapak kordasının korunması ve infundibuler kas bantlarının divizyonu sırasında moderator banda zarar verilmemesi olarak sıralanabilir (3). RVOTO'nun giderilmesi işlemi; kas bantlarının rezeksiyonunu, infundibuler yama uygulamasını, transanüler yama kullanılmasını, pulmoner valvotomi ya da valvektomi, MPA ve dallarına arterioplastiyi ve RV-PA arasına kapaklı kondüit implantasyonunu kapsayabilmektedir. Anülüs ve pulmoner arter genişliği yeterli ise sadece sağ ventrikülotomiye yapay yama eklenir ve pulmoner kapak fonksiyonları mümkün olduğunca korunur. Ciddi RVOTO'lu, pulmoner anülusu ağır hipoplazik ve displastik kapaklı olgularda RVOT rekonstrüksiyonu tartışmalıdır. Kapak koruyucu tamir şansı olmayan çocuklarda iki seçenek vardır; transanüler yama ya da kapaklı kondüit yerleştirilmesi.

2.1.1.1. Transanüler Yama (TAP)

Anülusu belirgin dar olan olgularda, ventrikülotomi insizyonu anülusu geçerek pulmoner artere kadar ilerletilir ve ventrikülden MPA'daki darlığın ötesine kadar transanüler yama yerleştirilir. Pulmoner arterde darlık devam ediyorsa insizyon sol-sağ pulmoner arter içine doğru ve darlığın ötesine kadar uzatılarak rekonstrüksiyon yapılır. Sağ ventrikülden sol-sağ pulmoner artere (LPA-RPA) kadar olan insizyon transanüler olarak yama ile genişletilerek kapatılır. Transanüler yamanın yerleştirilmesine, pulmoner anülüs ve kapağın görüntüsüne ve cerrahın operasyon sırasındaki izlenimine göre karar verilir (1,10). Kirklin ve arkadaşları, pulmoner anülüs için operasyon öncesi z değerinin -2 ya da daha az olması ile

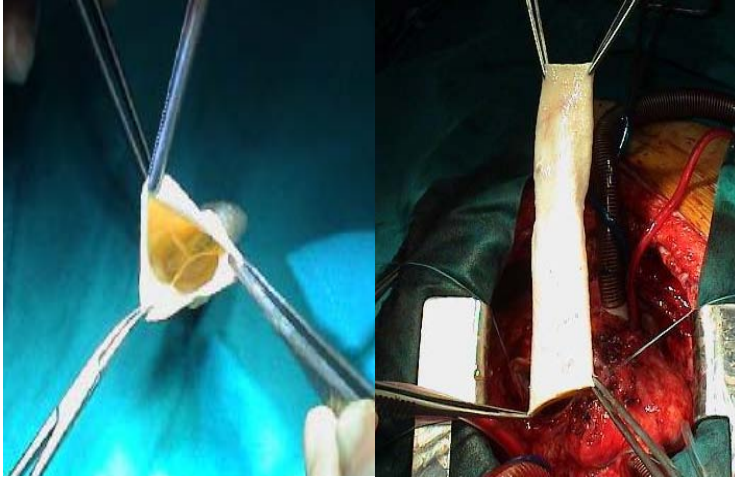
operasyon sonrası RV/LV basınç oranlarının artması arasında ilişki bulmuş ve pulmoner anülüs hipoplazisi olan hastalar için transanüler yama (TAP) kullanılmasını önermişlerdir (19). Pompa çıkışında, sağ ventrikül ve aort sistolik basınçları ölçülür. Oranın 0.6'nın altında olması idealdir. 0.8'in üzerinde ise 15-20 dakika sonra tekrar basınçlar ölçülmeli ve aynı düzeyde devam ediyorsa transanüler yama konulmalıdır. Eğer yama varsa, gereken uzatma veya ilave ile basınç düşecek kadar genişletme yapılmalıdır. Bu şekilde transanüler yama ile rekonstrüksiyon, pompa süresini uzatmasına ve değişen derecelerde pulmoner yetersizlik (PY) yapmasına rağmen, RV/aorta basınç oranını düşürerek mortaliteyi azaltmasından dolayı önemli bir tercih nedeni haline gelmiştir. TAP ile düzetme uygulanan FT'li olgularda, operasyon sonrası PY hastaların %60-90'ında bulunmakta, genellikle uzun süre iyi tolere edilmektedir. Ancak zamanla PY şiddeti artmakta, RV'de dilatasyon ve disfonksiyona yol açmakta ve aritmi, ani ölüm ya da konjestif kalp yetersizliği gibi nedenlerle morbidite ve mortaliteyi arttırmaktadır. Sonuçta olguların önemli bir kısmı pulmoner kapak replasmanı için aday olmaktadır (4,5).

2.1.1.2. Contegra®

RVOT rekonstrüksiyonu; sağ ventrikül ve pulmoner arter devamlılığının anatomik, morfolojik, hemodinamik olarak yeniden yapılandırılmasıdır. Fallot tetralojisi dışında; pulmoner stenoz veya atrezinin eşlik ettiği diğer konjenital anomaliler (VSD ile birlikte büyük arter transpozisyonu, trunkus arteriozus, DORV gibi), pulmoner kapağın aort kapak hastalıklarında otograft olarak kullanılması şeklinde pulmoner kapak replasmanı (Ross prosedürü) ve endokardit gibi nedenler RVOT rekonstrüksiyonunun yapıldığı durumlardır. Fallot tetralojisinde; ciddi pulmoner anülüs hipoplazisi ve displastik kapağı olan, birkaç seviyede stenozu bulunan, koroner anomali eşlik eden, VSD yamasının çıkımı daralttığı olgularda, TAP uygulamasıyla PY'nin belirgin olacağı da öngörüldüğünde, kapaklı konduit ile tam düzeltme yapılmaktadır.

RVOT rekonstrüksiyonunda kullanılacak ideal kondüit henüz bulunamamıştır. Günümüzde bu amaçla en yaygın kullanılan kondüit kriyoprezerve homogreftlerdir. Homogreftler, RVOT tamirlerinde ve yeniden yapılandırılmasında altın standart olarak tanımlanmaktadır. Ancak ilerleyici yapısal dejenerasyon ve kalsifikasyon, özellikle küçük çocuklar için kolay temin edilememesi, homogreftlerin dezavantajlarını oluşturmaktadır (20).

Contegra® (Minneapolis, MN Medtronic Inc.), içerisinde doğal olarak 3 venöz kapakçık bulunan sığır juguler veninden elde edilen bir heterogreft (ksenogreft) bioprotezdir. (Şekil 1). Kapak ve kondüit, düşük basınç altında (<3 mmHg) %0.25'lik gluteraldehid solüsyonu ile fikse edilmiş ve son olarak da gluteraldehid, izopropilalkol ve bazı ek bileşikler içeren bir çözelti ile sterilize edilmiştir. Greftler 12 mm'den 22 mm'ye kadar olan boyutlarda mevcuttur. Boyu 7 cm olan 12 mm çapındaki kondüit haricinde, greftin uzunluğu standart olarak 10 cm'dir ve kapak tam ortasında yer alır. Materyalin kullanılmadan önce 15 dk serum fizyolojik içerisinde yıkanması gerekir (21).



Şekil 1. Sığır juguler veninden elde edilen kapaklı kondüit (Contegra®)

Sığır juguler veninin klinik avantajları; aynı kalitede pediatrik ve erişkin boylara kolay ulaşılabilir olması ve proksimal RVOT rekonstrüksiyonun ilave materyale gerek kalmadan yapılabilmesi, geniş rekonstrüktif cerrahiler için yeterince proksimal ve distal kısmın

bulunması, kapak ve kondüit arasında doğal devamlılığın bulunmasıdır. Bunun yanında, oldukça yumuşak ve katlanabilir juguler ven dokusu, implantasyon ve sütür hattı hemostazını pulmoner homogreft kullanımına benzer şekilde kolay hale getirmektedir (6). RVOT rekonstrüksiyonunda Contegra greft performansı ve dayanıklılığı ile ilgili çeşitli raporlar mevcuttur. Çalışmaların çoğunda erken ve orta dönem kondüit fonksiyonları iyi bulunmuş; bununla birlikte erken kapak yetmezliği, anevrizma oluşumu, supralvuler fibrotik stenozların daha fazla görüldüğünü bildiren çalışmalar da yayınlanmıştır (7,22). Fallot tetralojili çocuklarda komplet onarım sırasında Contegra kullanımı; güvenli ve tam olarak kompetan bir pulmoner kapak sağlamakla birlikte, tüm kapaklı kondüitlerde olduğu gibi, gerek çocuğun büyümesi gerekse kalsifikasyon ve dejenerasyon nedeniyle ilerleyici stenoza eğilim olmakta ve eninde sonunda kondüit reimplantasyonu gerekmektedir.

2.1.2. İzlem ve sorunlar

Cerrahi yaklaşımda tecrübelerin artması, infantlardaki kardiyopulmoner bypass tekniklerinin ve postoperatif yoğun bakım koşullarının iyileşmesi ile opere FT'li olguların erken ve geç dönem mortalitesi çok düşmüş ve günümüzde beklenen yaşam süresi sağlıklı kontrollere yaklaşmıştır (23). Ancak opere FT'li olguların her geçen gün sayılarının artması, bu hasta grubunda görülebilen erken ve geç dönem komplikasyonların erken tanınarak müdahale edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. FT'nin cerrahi onarımı hastaların önemli bir kısmında anatomik ve fonksiyonel anormalliklere yol açar (Tablo 1). Pulmoner yetersizlik ve sonucunda sağ ventrikülde volüm yükü, rezidüel VSD, triküspit yetersizliği (TY), RVOT yamasında anevrizma, pulmoner arter stenozu bu hastalarda sık karşılaşılan sorunlardan bazılarıdır (24).

Tablo 1. Postoperatif FT’de yapısal ve fonksiyonel anormallikler

Yapısal Anormallikler	Fonksiyonel Anormallikler
<u><i>FT onarımının doğal sonuçları</i></u>	<u><i>Sağ ventrikül volüm yükü</i></u>
Pulmoner kapak dokusunun çıkarılması	Pulmoner yetersizlik
İfundibulotomi skarı	Triküspit yetersizliği
RV/infundibuler kas bantlarının rezeksiyonu	Soldan-sağa şant
Sağ atriotomi skarı	VSD / ASD
VSD yaması	Aorto-pulmoner kollateraller
<u><i>Rezidüel lezyonlar</i></u>	<u><i>Basınç Yükü</i></u>
RVOT obstruksiyonu	Ana veya dal pulmoner arter stenozu
PA stenozu	Pulmoner vasküler hastalık
VSD / ASD	Pulmoner venöz HT (LV disfonksiyonu)
<u><i>Sonradan gelişebilen lezyonlar</i></u>	<u><i>RV sistolik disfonksiyonu</i></u>
Triküspit kapak anormallikleri	<u><i>RV diastolik disfonksiyonu</i></u>
RVOT anevrizması	<u><i>LV disfonksiyonu</i></u>
RV fibrozisi (siyanoz, basınç/volüm yükü, cerrahi insizyon, koroner arter hasarına bağlı)	<u><i>LV-RV etkileşimi</i></u> <u><i>Aritmiler</i></u>

Bu anormalliklere bağlı hemodinamik yük, çocukluk ve ergenlik çağlarında belirgin kısıtlılık yapmadan iyi tolere edilse de postoperatif üçüncü dekat sırasında ve sonrasında aritmi, egzersiz intoleransı, kalp yetmezliği ve ölüm insidansı artmaktadır (16, 25).

Opere FT’li olgularda, RV dilatasyonu ve yetmezliğinin önemli ve tedavi edilebilir bir nedeni olarak kronik pulmoner yetersizlik, son yıllarda pek çok çalışmanın konusu olmuştur (24). Borowski ve arkadaşları, ameliyattan sonra ciddi PY gelişme süresini 3–27 yıl arasında saptamışlar, diğer araştırmacılar da benzer süreler bildirmişlerdir (4). Pulmoner kapak replasmanının (PVR) zamanlaması ve spesifik endikasyonları konusunda tartışmalar devam

etmektedir. Erişkinlerde, çok uzun süreli PY'nin ardından yapılan PVR'nin RV'ye ait indeksleri geri döndürmediği, ancak egzersiz kapasitesini arttırdığı bildirilmekte, kapak replasmanının geri dönüşümsüz hasar gelişmeden yapılması önerilmektedir. Ancak erken çocukluk döneminde yapılacak bir kapak cerrahisi ile iyi sonuçlar alınsa da, erişkin yaşlarda reoperasyon neredeyse kaçınılmazdır.

Opere FT'li olgularda PVR için önerilen endikasyonlar şunlardır:

- Kardiyak manyetik rezonans (MR) ile ölçülen regurjitasyon fraksiyonu ≥ 25 olduğu orta veya ağır PY ile birlikte aşağıdaki kriterlerden 2 ya da daha fazlasının varlığı:
 1. RV diastol sonu volüm indeksi (RVEDVI)'nin ≥ 160 ml/m²
 2. RV sistol sonu volüm indeksi (RVESVI)'nin ≥ 70 ml/m²
 3. LV diastol sonu volüm indeksi (LVEDVI)'nin ≤ 65 ml/m²
 4. RV ejeksiyon fraksiyonu (RVEF)'nin ≤ 45
 5. RVOT anevrizması
 6. Klinik kriterler; egzersiz intoleransı, kalp yetmezliği semptom ve bulguları, kardiyak medikasyonlar, senkop, ventriküler taşikardi
- Orta-ağır PY'si olan olgularda; rezidüel ASD/VSD, orta-ağır TY, ciddi aort yetmezliği (AY) gibi hemodinamik olarak önemli lezyonların varlığı cerrahiye refere edilmelerine yol açabilir. Ancak, yukarıdaki 1-6 kriterin olmadığı durumlarda, PVR kararı olgu bazında tek tek düşünülmelidir.

- FT tam düzeltme ameliyatı 3 yaş ve sonrasında yapılmış olgularda olumsuz seyir riski fazla olduğundan, PVR daha erken, RV dilatasyonu ve disfonksiyonu daha hafif iken yapılabilir (24).

Sağ ventrikül dört kas bandı ile sol ventriküle bağlanır. Bunlar; bulbo-spiral yüzeyel ve derin adaleler ile sino-spiral süperiyor ve derin adalelerdir. Süperiyor kas bandları sol ventrikül ile, derin adale bandları septum ile devam eder. Bu yapı özelliği ventriküllerin etkileşiminde önem taşır (26). Günümüzde sistol ve diyastolde ventriküler etkileşimin önemi üzerinde durulmaktadır. Ortak interventriküler septum ve perikard nedeniyle RV çapı ve fonksiyonundaki değişiklikler LV diyastolik performansını etkilemektedir (27). Deneysel çalışmalarda akut sağ ventrikül basınç ve volüm yükünün sol ventrikül basınç-volüm eğrisini yukarı ve sola kaydıracağı gösterilmiştir. Komplianstaki bu azalma septal hareketlerdeki değişikliklerle ilişkili bulunmuştur (28). Schamberger ve ark.'nın yaptığı çalışmada, ameliyat edilmiş 21 hastanın sağ ve sol ventrikül fonksiyonları 10 yıl ara ile değerlendirilmiş, pulmoner yetersizliğin uzun dönemde RV ve LV fonksiyon bozukluğuna yol açtığı gösterilmiştir (29). Diğer bir çalışmada LV fonksiyon bozukluğunun, PY'ye bağlı olarak RV'nin genişlemesi sonucunda meydana geldiği öne sürülmüştür (30).

Opere FT'li olgularda ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde ekokardiyografi noninvaziv ve pratik yöntemlerdir. Sağ ventrikülün özel geometrik yapısı ve kas kitlesi nedeniyle ekokardiyografi ile değerlendirilmesi güç olup özellikle iki boyutlu (2D) ekokardiyografi ile volüm ve ejeksiyon fraksiyonu (EF) hesabı, manyetik rezonans inceleme (MRI)'ye kıyasla duyarlı değildir. MRI her iki ventrikül diyastol ve sistol sonu volümleri, EF ve miyokardiyal kitlenin ölçülmesi, pulmoner akım ve yetersizlik hacimlerinin gösterilmesinde kullanılmakta, opere FT'li hastaların izlemi, PVR zamanına karar verilmesi ve sonrasındaki takibinde önem taşımaktadır (31,32). Ancak geliştirilen yeni indeksler ve

özellikle doku doppler ekokardiyografideki ilerlemeler, RV fonksiyonlarının değerlendirilmesi için rutinde ekokardiyografinin önemini arttırmaktadır (33,34).

2.2. Sağ Ventrikül ve Ekokardiyografik Değerlendirme

Sağ ventrikül çoğunlukla sternum altındadır. Boşluk biçimi düzensiz olup endokardi da trabeküllerden dolayı düzgün yüzeyli değildir. Ayrıca göğüs boşluğundaki yeri pozisyona bağlı olarak değişkendir. Sağ ventrikül, anatomi ve fonksiyonunun karmaşıklığından dolayı olabildiğince çok planda incelenmelidir. En çok parasternal uzun ekseninde sağ ventrikül inflow ve outflow kesitlerden, parasternal kısa aks, apikal dört boşluk ve subkostal dört boşluktan değerlendirme yapılır. İki boyutlu inceleme bulguları *pulsed wave (PW)*, *continuous wave (CW)*, renkli akım doppler (RD) bulgularıyla birleştirilerek morfolojik yapı yanında fonksiyonel bilgiler de elde edilir. Böylece sağ ventrikülün şekil ve büyüklüğü ile birlikte sistolik ve diyastolik fonksiyonları da değerlendirilmiş olur. Çeşitli ölçüm yöntemlerinden yararlanılır (35-37).

2.2.1. Konvansiyonel ekokardiyografi

Sağ ventrikül, normalde kalbin apeksine kadar uzanmamaktadır ve tabanı triküspit anülüs düzlemi olan RV'nin, sol ventrikülün uzun eksen uzunluğunun 2/3'ünü geçmemesi gerekir. Sağ atriyum da normalde sol atriyum boyutlarını aşmamalıdır. Normal kalbin transvers kesitinde, LV'deki daha yüksek basınç nedeniyle sol ventrikülün dairesel şekli tüm kalp döngüsü boyunca korunmaktadır. Sağ ventrikül basıncı arttıkça septumun bu normal kurvatürü değişerek düzleşmekte ve LV'ye doğru yer değiştirmektedir. Bu yer değiştirme, artan sağ ventrikül basınçları ile paralel şekilde artmaktadır. LV'nin şekli, sferik görünümünden

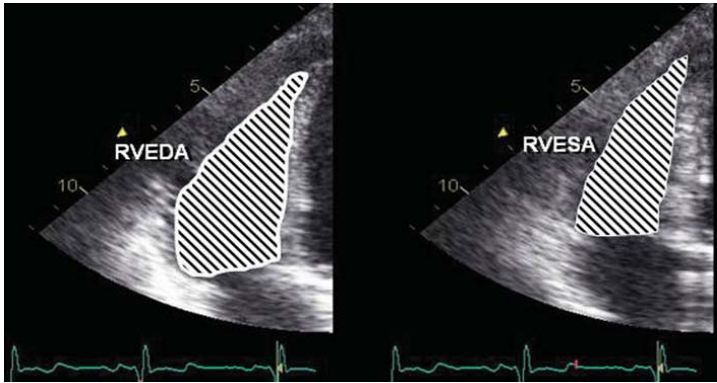
“D” harfinin şekline benzer bir görünüm alır. Sağ ventrikülde basınç yükü durumunda bu septal yer değiştirme ve şekil bozukluğu (düzleşme) tüm kalp döngüsü boyunca, yani hem sistol hem diyastolde sürmektedir. Sağ ventrikül volüm yüklenmesinde ise septumdaki şekil değişikliği ve sola yer değiştirme yalnızca diyastolde olmaktadır. Bu özellik, sağ ventrikülün basınç ve hacim yüklenmelerinin ayırıcı tanısında önemli yer tutmaktadır (38,39).

Sağ ventrikül boyutlarının değerlendirilmesinde kullanılan kantitatif 2D yöntemler, duvar kalınlığının ve kavite çaplarının ölçülmesine dayanır. Modifiye parasternal uzun eksen pencerede sağ ventrikül inflow görüntüde ya da subkostal uzun eksen de yapılan ölçümle, sağ ventrikül ön (lateral) duvar kalınlığının (RVAWD) 5 mm’yi aşması sağ ventrikül hipertrofisi olarak değerlendirilmektedir (8). RV’de basınç yükü varlığı, sağ ventrikülün lateral duvarı gibi, interventriküler septumda da hipertrofi ile sonuçlanır. Sağ ventrikül kavite çaplarının ölçümünde apikal dört boşluk görüntüde; triküspit kapak düzeyinden septum ile sağ ventrikül serbest duvarı arası (bazal çap), mid-septum ile mid-serbest duvar arası (mid kaviter çap) ve triküspit kapak düzeyi ile apex arasından (longitudinal çap) ölçüm yapılır (8). Sağ ventrikül çıkış yolu, parasternal kısa eksen de aortik kapak düzeyinden (RVOT proksimal) ve pulmoner kapak düzeyinden (RVOT distal) değerlendirilir. Pulmoner arter çapları da bu pencereden ölçülmektedir (41).

Sağ ventrikülün, önden bakıldığında triangüler görünümlü ve transvers kesitte sol ventrikülü saracak şekilde yarımay şeklinde olan kompleks morfolojik yapısı; herhangi bir geometrik modele oturtulamamasına ve hacim hesaplarının sorunsuz yapılamamasına neden olmaktadır. İki boyutlu ekokardiyografi ile volüm ve ejeksiyon fraksiyonunu (EF) belirlemede; disklerin sumasyonu (biplan Simpson) ve uzunluk-alan (ellipsoidal shell) hesaplamaları gibi yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin MRI ve radyonüklid ventrikülografi ile korelasyonu orta düzeydedir (42). Bu nedenle, hataya açık ve uygulanması zor olan bu yöntem yerine daha basit ve hataya yatkın olmayan teknikler araştırılmaktadır.

Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi (RVFAC) ve TAPSE (*tricuspid annular plane systolic excursion*) RV sistolik fonksiyonlarını değerlendirmede önerilen yöntemlerdir (40,41,43).

RVFAC, apikal dört boşluktan ölçülen bir parametre olup sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının belirlenmesinde oldukça güvenilir olduğu belirtilmektedir. MRI ve radyonüklid ventrikülografi ile ölçülen sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (RVEF) ile oldukça iyi korele olduğu bildirilmiştir (44-46). Ancak, ölçümünde iki ayrı sağ ventrikül alanı kullanılması, sağ ventrikül endokardının çok iyi takip edilmesi zorunluluğu gibi nedenlerle, biplan Simpson metodu ile ölçülen RVEF kadar olmasa da, hatalara açık ve dikkat gerektiren bir yöntemdir. RV diastol sonu alanı (RVEDA) ve sistol sonu alanı (RVESA) ölçümleri kullanılarak hesaplanır (Şekil 2).

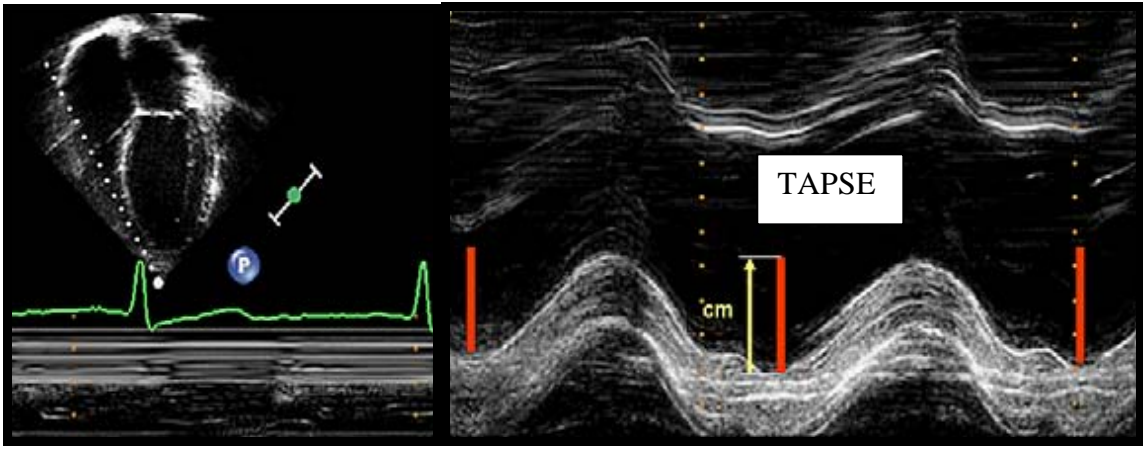


$$\text{RVFAC (\%)}: \\ 100 \times \frac{(\text{RVEDA} - \text{RVESA})}{\text{RVEDA}}$$

Şekil 2. RV diastol sonu alanı (RVEDA) ve sistol sonu alanı (RVESA)

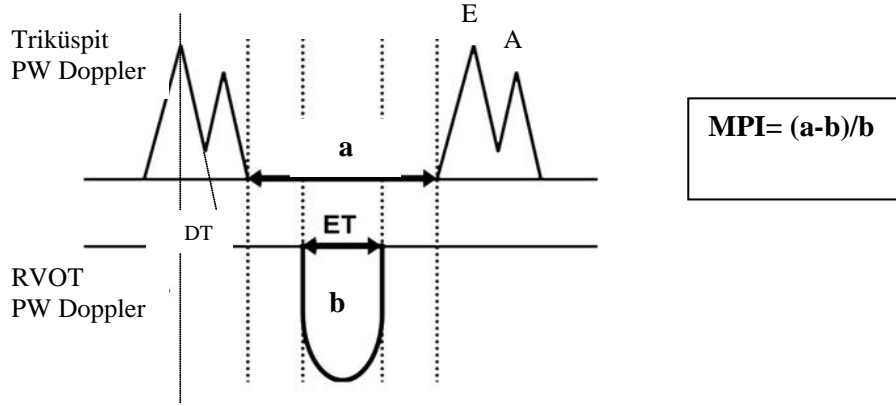
Triküspitin Anüler Planda Sistolik Hareketi (TAPSE), apikal dört boşluk görüntüde, triküspit anülusunun lateral serbest duvar ile birleştiği noktadan M-mod trase elde edilerek apekse doğru sistolik hareketin ölçümüne dayanmaktadır (Şekil 3). RV hareketinin büyük kısmının, ince sağ ventrikül duvarında longitudinal olarak yerleşen subendokardiyal miyokardiyal lifler vasıtasıyla olduğu ve bu nedenle uzun eksenle anüler düzlem ile apeks arasında meydana gelen triküspit anülüs hareketinin global sağ ventrikül fonksiyonları hakkında bilgi verdiği düşüncesine dayanan bu ölçümün, RV sistolik fonksiyonları hakkında

doğrudan bilgi verdiği ve RVEF ile korelasyonunun iyi olduğu gösterilmiştir (8). Uygulanması kolay, hızlı, hataya açık olmayan bu parametre, sağ ventrikül sistolik fonksiyonları açısından standart ekokardiyografik inceleme ile ölçülen diğer parametrelere göre daha çok tercih edilmektedir. Erişkinlerde ≥ 15 mm alt sınır olup çocuklarda normal değerleri yaş ile artış göstermektedir (9). Kalp yetmezliği ve pulmoner hipertansiyonda prognostik önemi gösterilmiştir (47).



Şekil 3. M-mode trase ile TAPSE ölçümü

Konvensiyonel doppler ekokardiyografi (DE) ile sağ ventrikül diyastolik doluş parametrelerini elde etmek için triküspit kapak uçlarına PW dopplerin örnekleme volümü konulur ve elde edilen doppler trasesinden erken hızlı doluş dalga (E) hızı, deselerasyon zamanı (DT) ve atriyal kontraksiyon dalga (A) hızı ölçülebilir, miyokard performans indeksi (MPI) hesaplanabilir (Şekil 4). RV'de relaksasyon bozukluğu durumunda E amplitüdü azalmış, A amplitüdü artmış, $E/A < 1$ dir. Hepatik ven (HV) ve vena cava inferior (VCI) akımlarında sistolik komponent artmış, diyastolik komponent azalmıştır. Restriktif doluş bozukluğu varlığında E dalga amplitüdü artmış, A dalga amplitüdü azalmış, $E/A > 2$ dir. HV ve VCI akımlarında sistolik komponent azalmış, diyastolik komponent artmıştır.



Şekil 4. PW doppler ile triküspit ve pulmoner akım örnekleri ve MPI hesabı

2.2.2. Doku doppler ekokardiyografi

Doku doppler ekokardiyografi (DDE), hareket eden dokudan gelen bilgilerin kodlanmasını sağlayan yeni geliştirilmiş bir yöntemdir. Miyokardiyal hızları analiz ederek kardiyak fonksiyonların araştırılmasını sağlar. Doku doppler görüntülemesi konvansiyonel dopplerin modifiye şeklidir. Konvansiyonel doppler tekniğinde kalp içerisinde yüksek hız ve düşük amplitüd ile hareket eden kanın akım hızı elde edilirken, düşük hız ve yüksek amplitüdü olan duvar hareketleri filtre edilmektedir. Doku doppler görüntülemesi ile bu filtrasyon en alt düzeye indirilerek ve kazanç ayarı kan akım sinyalleri kaybolana kadar düşürülerek, miyokarda ait olan yüksek amplitüd ve düşük hızlı hareketler görüntülenmektedir (48). Doku doppler görüntüleme ile elde edilen hızlar, sadece miyokard kasılması ve gevşemesinden değil, aynı zamanda kalbin rotasyonundan da etkilenir. Ancak uzun aks boyunca ventriküllerin rotasyonu minimaldir ve apeks kalp siklusu boyunca sabittir. Bu yüzden DDE ile anülüs hareketlerin izlenmesi bize global ventrikül fonksiyonu hakkında bilgi sağlar. Doku doppler görüntüleme ile miyokard segmentlerinin incelenmesi ventrikülün bölgesel fonksiyonları hakkında bilgi verirken, mitral ve triküspit anülüs hızlarının ölçümü

ventrikülün global fonksiyonu hakkında bilgi verir. Sonuç olarak miyokard hareketlerinin global veya bölgesel olarak, hem kalitatif hem de kantitatif açıdan değerlendirmek mümkün hale gelmiştir (49).

Temelde aynı prensip olmasına rağmen DDE tekniği iki ayrı kategoride incelenir:

1. Renkli Doku Doppler (RDD): Bu teknik ile miyokardın hareket hızları renklendirilebilir ve bu renklendirme hem iki boyutlu, hem de M-mode görüntü üzerine yerleştirilebilir. Duvar hareketleri hız ve yönlerine göre farklı renklerle kodlanırlar. Transdusere doğru hareket eden kardiyak dokular kırmızı-sarı, transduserden uzaklaşan dokular ise mavi-yeşil renkle kodlanırlar, hareketsiz noktalar renklendirilmez. Elde edilen görüntünün kaydı yapılarak daha sonra doku hızları kantitatif olarak değerlendirilir (50).

2. Pulsed Dalga Doku Doppler (PDDD): Örnek volüm, miyokarda incelenecek segment üzerine yerleştirilerek kayıt yapılır. Sistolde ve diyastolde örnek olarak alınan miyokard duvar segmentinin hareket yönüne göre pozitif ve negatif doppler dalgaları elde edilir. Elde edilen veriler sadece örnek volümün yerleştirildiği bölgeye ait olduğu için miyokardın sistolik ve diyastolik fonksiyonları her segment için ayrı ayrı değerlendirilebilir. Doppler dalgalarının ölçümü yapılarak miyokardın hareketi kantitatif olarak değerlendirilebilir (51).

PDDD tekniği ile miyokarda ait sistolik ve diyastolik dalgalar elde edilir. Hareketin yönü ile doppler sinyalleri arasındaki açı diğer doppler tekniklerinde olduğu gibi PDDD için de önemlidir. Fakat bu teknik açığa daha az bağımlıdır. İncelemenin yapıldığı pencereye göre kalbin uzun eksen veya kısa eksen boyunca olan hareketi değerlendirilir. Parasternal pencereden yapılan incelemede sadece ön septum ve arka duvarın kısa eksen boyunca olan hareketleri doppler dalgalarına paraleldir. Bu nedenle parasternal pencereden sadece bu iki duvarın kısa eksen üzerindeki hareketleri değerlendirilebilir. Uzun eksen boyunca olan

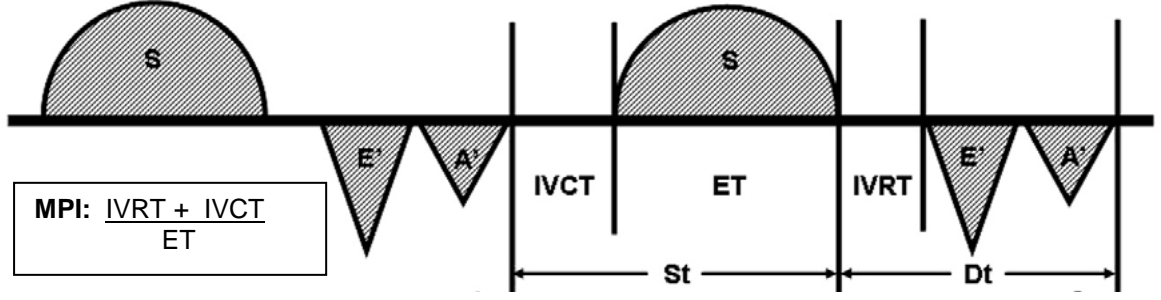
hareketlerin değerlendirilmesi ise apikal dört boşluk görüntüsünden yapılır. Apikal pencerede kalbin uzun eksen boyunca olan hareketleri doppler dalgalarına paraleldir. Apikal dört boşluk görüntülemede, tüm ventrikül duvarlarının, mitral ve trikuspit anulusun uzun eksen boyunca olan hareketleri değerlendirilebilir. Bu değerlendirmeler bazal ve orta segmentlerde yapılabilir. Ancak kardiyak siklus boyunca sol ventrikül apeksinin pozisyonu rölatif olarak sabit olduğu için apikal segmentlere ait hareket hızlarının elde edilmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır (48).

PDDD kaydında, sistol sırasında ventrikül merkezine doğru yönelmiş bir sinyal vardır (S'). Diyastolde ise ventrikül merkezinden uzaklaşan iki ayrı sinyal vardır (E' ve A'). Bunlardan E'; erken diyastolde, atriyoventriküler kapakların açılması ile oluşan erken hızlı doluş fazında meydana gelen hareketin oluşturduğu dalgadır. İzovolumik gevşemeyi takiben başlar. Elektrokardiyografide (EKG) T dalgasından sonra kaydedilir. PDDD'de ilk dominant negatif dalgadır. E' sonrasında ventriküler doluşun durduğu veya oldukça yavaşladığı diyastaz fazında ise miyokarda herhangi bir hareket oluşmadığı için PDDD ile herhangi bir dalga elde edilemez. A' ise geç diyastolde izlenir. Diyastaz fazından sonra ventrikül doluşunun son dönemi olan atriyal kontraksiyona ait doluş başlar. Bu dönem PDDD ile ikinci negatif dalga olarak görülür. A' dalgası EKG'de P dalgasından sonra gelir.

İzovolemik kontraksiyon zamanı (IVCT), diastol sonundan (A' dalgası bitiminden) S' dalgası başlangıcına kadar geçen süredir. İzovolemik relaksasyon zamanı (IVRT) ise sistolik hareketin sonunda başlar ve erken diyastolik akım öncesinde sonlanır. Miyokard performans indeksi (MPI= Tei indeksi): Sistolik ve diyastolik zaman aralıklarını kullanarak global olarak ventrikül performansını değerlendirir (şekil 5).

Sistolik fonksiyonlardaki bozulmalar, izovolemik kontraksiyon zamanında uzama ve ejeksiyon zamanında kısılma oluşturur. Sistolik ve diyastolik fonksiyonların her ikisinin

birlikte bozulması ise miyokard relaksasyonunda anormallik oluşturarak izovolemik relaksasyon süresini uzatır. Miyokard performans indeksi dilate kardiyomyopati, kardiyak amiloidoz, konjenital kalp hastalığı gibi birçok hastalıkta ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (52, 53).

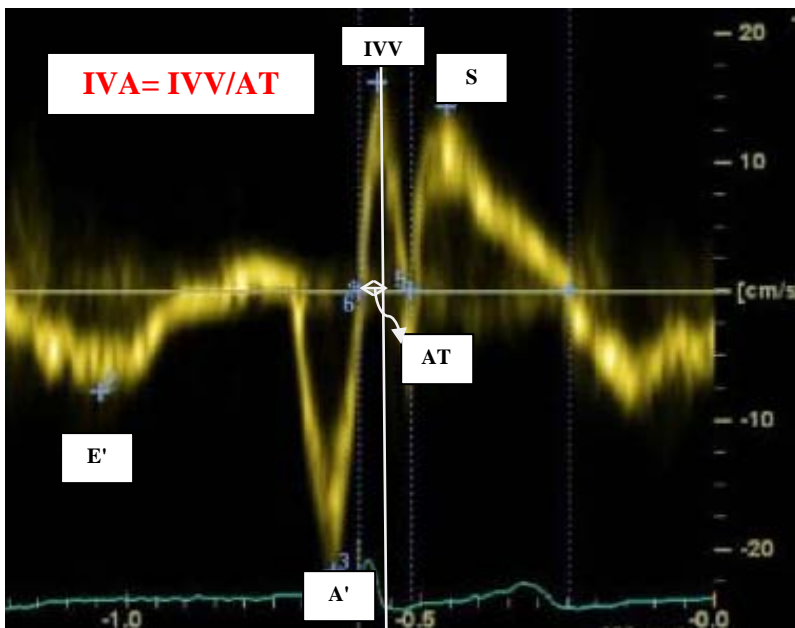


Şekil 5. Doku doppler ekokardiyografide saptanan zaman aralıklarının şematik görünümü ve miyokard performans indeksi (MPI) hesabı. (S': Sistolik dalga, E': Erken diyastolik dalga, A': Geç diyastolik dalga, ET: Ejeksiyon zamanı, IVCT: İzovolemik kontraksiyon zamanı, IVRT: İzovolemik relaksasyon zamanı, St: Sistol zamanı, Dt: Diastol zamanı)

Sağ ventrikül (triküspit lateral anülüs) diyastolik hızları, önyük değişikliklerinden, geleneksel PW dopplere göre daha az etkilenir ve ventrikül relaksasyonunu, katılığını ve doluş basıncını değerlendirmek amacıyla ölçülür. Bu parametreler sadece tanı amaçlı değil, prognozu tahmin etmek ve tedavinin etkinliğini değerlendirmek için de kullanılır. Doku doppler ile alınan triküspit anulus kayıtlarında; erken diyastolik velosite ve E'/A' oranının, göreceli önyükten bağımsız olduğu ve sağ ventrikül diyastolik fonksiyonları değerlendirmede güvenilir parametreler olduğu gösterilmiştir (8). Sağlıklı genç bireylerde E'/A' oranı daima 1'den büyüktür. Yaşlanma ile birlikte E' ve E'/A'nin küçüldüğü, bölgesel IVRT'nin uzadığı gösterilmiştir. Triküspid anulus sistolik hızı (S'), sağ ventrikül sistolik fonksiyonunun bir göstergesidir. Radyonüklid ventrikülografi kullanılarak ölçülen RVEF ile S arasında iyi bir korelasyon vardır. Sistolik anüler hızın 11,5 cm/sn nin altında olması % 90 duyarlılık % 85 özgüllükle sağ ventrikül EF'sinin % 50'nin altında olduğunu gösterir (54).

DDE ile belirlenen izovolemik akselerasyonun (IVA), sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde ön ve ard yük değişikliklerinden bağımsız, güvenilir bir parametre olduğu ortaya çıkmıştır. İzovolemik akselerasyonun azalmasının RV sistolik disfonksiyonun özellikle erken belirteci olduğu çalışmalarla gösterilmiştir. Vogel ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, IVA'nın sağ ventrikül sistolik fonksiyonunu göstermede basınç ve volüm yüklenmesinden etkilenmediğini göstermişlerdir. Bunu konjenital kalp hastalıklarından düzeltilmiş büyük arter transpozisyonunda yaptığı çalışma ile de desteklemiştir (55). Tayyareci ve arkadaşları mitral darlıklı olgularında sağ ventrikül sistolik fonksiyon bozukluğunun erken teşhisinde IVA'nın önemine dikkat çekmişlerdir (56).

Apikal dört boşluk görüntüde PDDD örnek volüm sağ ventrikül serbest duvar-triküspit anülüs bileşkesine konularak ölçülür. IVA (m/sn^2), EKG'de R dalgasının pikinden hemen önce ortaya çıkan ve doku doppler trasesindeki sistolik dalganın önünde yer alan izovolemik kasılma sırasında zirve miyokard hızın (IVV m/sn), izovolemik kasılma sırasında bazal çizgi-pik velosite zamanına (akselerasyon zamanı - AT msn) bölünmesi ile hesaplanır (Şekil 6).



Şekil 6. PDDD kullanılarak izovolemik akselerasyon (IVA) hesabı.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Populasyonu

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahi Anabilim Dalı'nda, Ocak 2003 - Aralık 2010 tarihleri arasında, Fallot Tetralojisi nedeniyle transanüler yama veya kapaklı ksenogreft (Contegra®) kullanarak tam düzeltme ameliyatı olmuş ve Pediatrik Kardiyoloji Bilim Dalı Polikliniği'nde izlenmekte olan çocuklarda yapıldı. Yaşları 18 ay – 18 yıl arasında olan ve operasyonun üzerinden en az 6 ay geçmiş toplam 64 çocukta vaka kontrollü izlem çalışması şeklinde gerçekleştirildi. Çalışma grubu RVOT genişletilmesi için uygulanan tekniğe göre 2 gruba ayrıldı: 1. Transanüler yama (TAP) kullanılanlar (n=41) 2. Kapaklı heterogreft (Contegra) kullanılanlar (n=23).

Kontrol grubu olarak; Şubat-Mayıs 2011 tarihleri arasında üfürüm, presenkop, göğüs ağrısı gibi nedenlerle Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Pediatrik Kardiyoloji Polikliniği'ne yönlendirilen ve fizik muayene, EKG ve ekokardiyografik değerlendirmelerinde patolojik bulgu saptanmayan, çalışma grubu ile benzer yaş ve cinsiyetlerdeki sağlıklı 40 çocuk alındı.

3.1.1. Çalışmaya dahil olma kriterleri

*Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı'nda Fallot tetralojisi nedeniyle transanüler yama ya da kapaklı heterogreft (Contegra) kullanılarak tam düzeltme ameliyatı yapılmış, Pediatrik Kardiyoloji Bilim Dalı tarafından takipli ve operasyonun üzerinden en az 6 ay geçmiş olması

*18 ay-18 yaş arasında olmak

*Ameliyat notuna, preop (McGoon indeksi, pulmoner z değeri gibi) ve postop ilk ekokardiyografik verilere (pulmoner yetersizlik derecesi gibi) ulaşılabilme

*Eşlik eden kronik veya konjenital hastalığının olmaması

*Ailenin çalışmaya gönüllü onam vermesi

3.1.2. Çalışma dışı bırakılma kriterleri

*Ocak 2003 tarihinden önce opere olunması ya da operasyonun üzerinden 6 aydan daha az bir süre geçmesi

*Tam düzeltme ameliyatında RVOT rekonstrüksiyonu için transannüler yama veya Contegra kullanılmaması (sadece infundibuler rezeksiyon, pulmoner valvotomi)

*Başka bir merkezde opere olmuş ancak takiplerini kliniğimizde yaptırın olgular

*Fallot tetralojisi tam düzeltme ameliyatından sonra herhangi bir nedenle (kapak yetersizliği, stenoz veya septumdaki yamada kaçak) yeniden ameliyat edilen (redo) olgular

*Fallot tetralojisine ilave kardiyak patoloji (endokardiyal yastık defekti, pulmoner atrezi, absent pulmoner valv) olması

*Eşlik eden kronik veya konjenital hastalığının olması

*Aileden gönüllü onam alınamaması

3.2. Çalışma Düzeni

Çalışma ve kontrol grubunda bulunan tüm olguların ayrıntılı anamnezleri alınarak boy, ağırlık, arterial kan basıncı ölümleriyle birlikte detaylı fizik bakıları yapıldı. İzlem dosyalarından; operasyon tarihi, cerrahi teknik ve kullanılan heterogreft çapının bulunduğu

ameliyat notu, preop MBT şant yapılıp yapılmadığı, intraoperatif hesaplanan pulmoner z değeri, post-op ilk EKO'daki ölçümler gibi bulgulara ulaşıldı. Hastaların klinik durumları ve fonksiyonel kapasiteleri New York Heart Association (NYHA) sınıflamasına göre değerlendirildi. Tüm hastalara istirahatte 12 lead EKG çekilerek değerlendirildi ve disritmi, dal bloğu olanlar not edildi.

Çalışmaya alınan tüm olguların anamnez, özgeçmiş, soygeçmiş ile ilgili bilgileri, antropometrik ölçümleri, arteriyel kan basıncı ölçümleri ile laboratuvar bulguları daha önce basılmış ve üzerinde hastanın demografik bilgilerinin de bulunduğu formlara kaydedildi. Standart ekokardiyografi ve doku doppler ekokardiyografi ile elde edilen veriler ise ekokardiyografi formlarına kaydedildi. Tüm olguların, arteriyel kan basıncı ölçümü, elektrokardiyografi, standart ekokardiyografi ve doku doppler ekokardiyografi değerlendirmeleri aynı pediatrik kardiyolog tarafından yapıldı.

Çalışmaya alınan tüm çocuklar ve aileleri çalışma hakkında bilgilendirildikten sonra ebeveynlerinden izin alınarak onam formu imzalatıldı. Yerel etik kurulundan ilaç dışı araştırma onayı alındı.

3.3. Ekokardiyografik Değerlendirme

Ekokardiyografik çalışmalar GE Vingmed Vivid Pro 7 (GE Vingmed Ultrason, Horten, Norway) Eko cihazı ile 3 MHz ve 7 MHz prob kullanılarak yapıldı. İnceleme esnasında hastaların sırtı üstü yatar veya sol lateral pozisyonda ve sakin olmaları sağlandı. Ekokardiyografik değerlendirme Amerikan Ekokardiyografi Derneği'nin son kılavuz ve önerileri dikkate alınarak gerçekleştirildi (41,43,44).

3.3.1. Standart ekokardiyografik değerlendirme

Standart ekokardiyografik değerlendirme; M-mode, 2D (iki boyutlu), *pulsed wave (PW)*, *continuous wave (CW)* ve renkli akım doppler ekokardiyografiden oluşuyordu. Hastalara ve kontrol grubuna parasternal uzun eksen, apikal dört boşluk, kısa eksen, subkostal ve suprasternal çalışmalar yapıldı. Doppler kayıtları 100 mm/sn kayıt hızında, eşzamanlı tek derivasyonlu EKG kaydı ile gerçekleştirildi. Bütün ölçümler birbirini takip eden üç siklуста yapıldı ve bunların ortalamaları kaydedildi. Tüm doppler ölçümleri, akım parametrelerinin solunumdan etkilenmemesi ve daha tutarlı olması nedeniyle ekspirium sonunda gerçekleştirildi. Kazanç ayarı (*gain setting*) spektral görüntü ve endokardiyal sınırlar optimal görüntülenecek şekilde yapıldı.

VCI ve hepatic vene ait ölçümler subkostal uzun kesitte gerçekleştirildi. VCI ölçümü ekspirium sonunda ve inspiriumda, RA'ya giriş yerinin 1 cm proksimalinden, hepatic venin birleştiği bölgenin hemen bitişinden yapıldı ve kollapsibilite indeksi (VCI CI) hesaplandı:

$$\text{VCI CI (\%)} = 100 \times [(\text{ekspirium sonu \u00e7ap} - \text{inspirium sonu \u00e7ap}) / \text{ekspirium sonu \u00e7ap}]$$

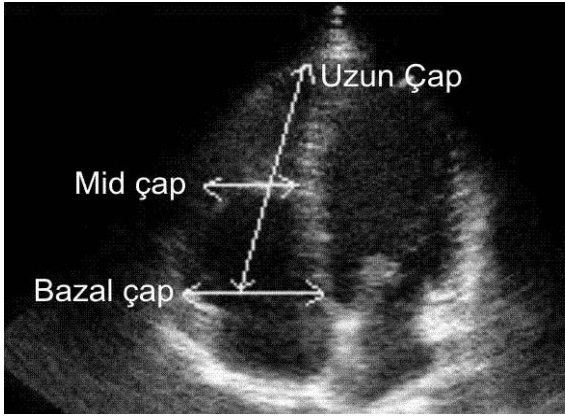
Hepatic venden ise sistolik akım velositesi (V_s) ve diastolik akım velositesi (V_d) ölçülerek hepatic ven sistolik dolum fraksiyonu (HVSFF) hesaplandı:

$$\text{HVSFF (\%)} = 100 \times [V_s / (V_s + V_d)]$$

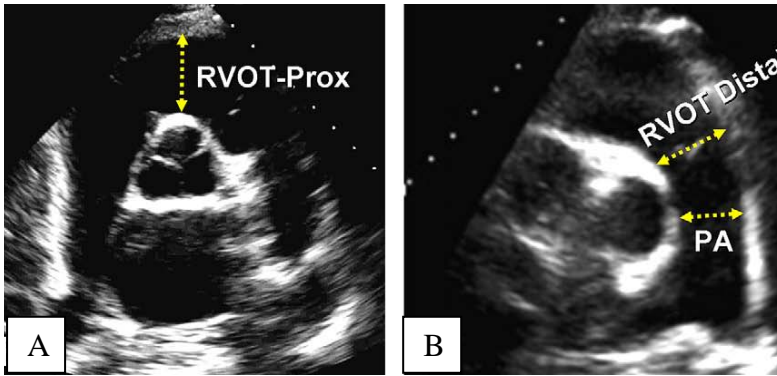
Sol atrium ve sağ atrium alanları apikal 4 boşluk görüntüden sistol sonunda ölçüldü.

Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu parasternal uzun eksenden M-mode ve 2D ekokardiyografi ile Teicholz metodu kullanılarak ve 2D görüntüde apikal dört boşluk pozisyonundan modifiye Simpson yöntemi ile ölçüldü.

Sağ ventrikül ön duvar kalınlığı subkostal kesitten ve diastol sonunda ölçüldü. Sağ ventrikül boyutları açısından lineer çap ölçümleri bazal, mid ve longitudinal olmak üzere apikal 4 boşluktan diastol sonunda gerçekleştirildi (Şekil 7). Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT) ve pulmoner arter çapları için parasternal kısa eksen den değerlendirme yapıldı. Aortik kapak seviyesinden (RVOT proksimal) ve pulmoner anulusun hemen proksimalinden (RVOT distal) ölçümler alındı (Şekil 8).



Şekil 7. Apikal dört boşluktan sağ ventrikül çaplarının ölçülmesi



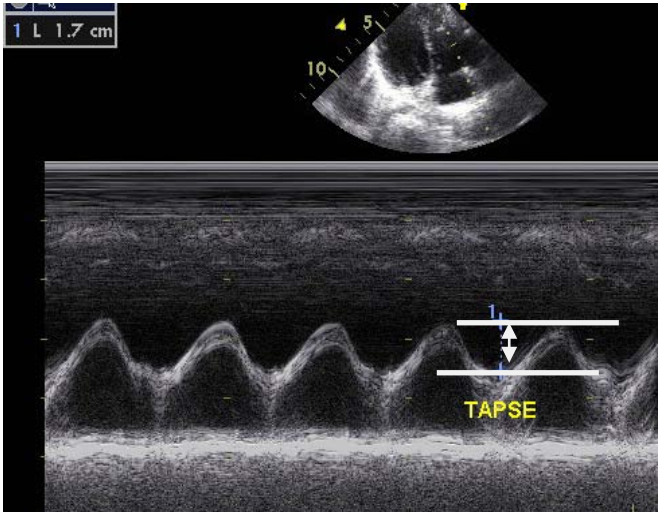
Şekil 8. Parasternal kısa eksen de; A) RVOT proksimal çapı, B) RVOT distal ve PA çapı

Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun hesaplanmasında daha önce tarif edilmiş 'ellipsoidal shell' modeli kullanıldı (57). Buna göre apikal 4 boşluk görüntüden ölçülen sağ ventrikül alanının 2/3'ü ile subkostal sagittal kesitten sağ ventrikül ayçası çapının (sağ ventrikül serbest duvarının triküspit bileşkesi ile çıkış yolu-pulmoner kapak birleşim yeri arası) çarpımı ile sağ ventrikül volümünü hesaplandı. Hastanın diastol sonu volümü ile sistol

sonu volümü kullanılarak sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu hesaplandı [EF= 100 x (diyastol volümü-sistol volümü) / diyastol volümü]. Sol ve sağ ventriküle ait volüm ölçümlerinin vücut yüzey alanına göre sistolik ve diastolik indeksleri hesaplandı. Ayrıca modifiye apikal 4 boşluk görüntüsünden elde edilen sağ ventrikül diastol sonu ve sistol sonu alanı kullanılarak sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi (RVFAC) hesaplandı:

$$\text{RVFAC (\%)} = 100 \times [(\text{diastol sonu alan} - \text{sistol sonu alan}) / \text{diastol sonu alan}]$$

M-mode ekokardiyografik yöntem kullanılarak apikal 4 boşluk görüntüden “Triküspitin Anüler Planda Sistolik Hareketi” (TAPSE) ölçümü yapıldı. Bunun için triküspit anülüs laterali ile RV serbest duvarın birleştiği noktadan elde edilen M-mode trasede apekse doğru maksimum sistolik hareket kaydedilerek ölçüldü (Şekil 9).



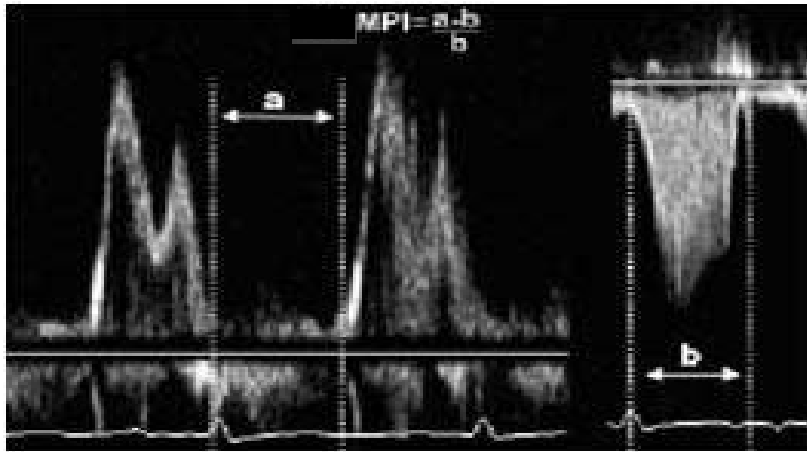
Şekil 9. TAPSE ölçümü

Pulmoner yetersizlik derecesini saptamak için parasternal kısa ekseninde, sağ ventrikül çıkış yolundan elde edilen pulse dalga (PW) doppler ve renkli doppler çalışmaları kullanıldı. Diyastolik retrograd akım pulmoner kapak düzeyinden ya da hemen altından başlıyorsa *hafif* (1. derece) pulmoner yetersizlik, ana pulmoner arterden başlıyorsa *orta* (2. derece), pulmoner arter dallarından başlıyorsa *ağır* (3. derece) yetersizlik olarak kabul edildi.

Sağ ventrikül çıkış yolundaki sistolik basınç farkını belirlemek için akım hızı ölçüldü, tepe ve ortalama gradientler kaydedildi. Akım hızı 2 m/sn'den fazla ise devamlı dalga (CW) doppler ekokardiyografi kullanıldı.

Triküspid yetersizliği derecelendirilirken; renkli doppler ekokardiyografi ile regurjitan jet akımının alanı, $<2 \text{ cm}^2$ ise 1. derece, $2-4 \text{ cm}^2$ ise 2. derece, $4-10 \text{ cm}^2$ ise 3. derece olarak sınıflandırıldı.

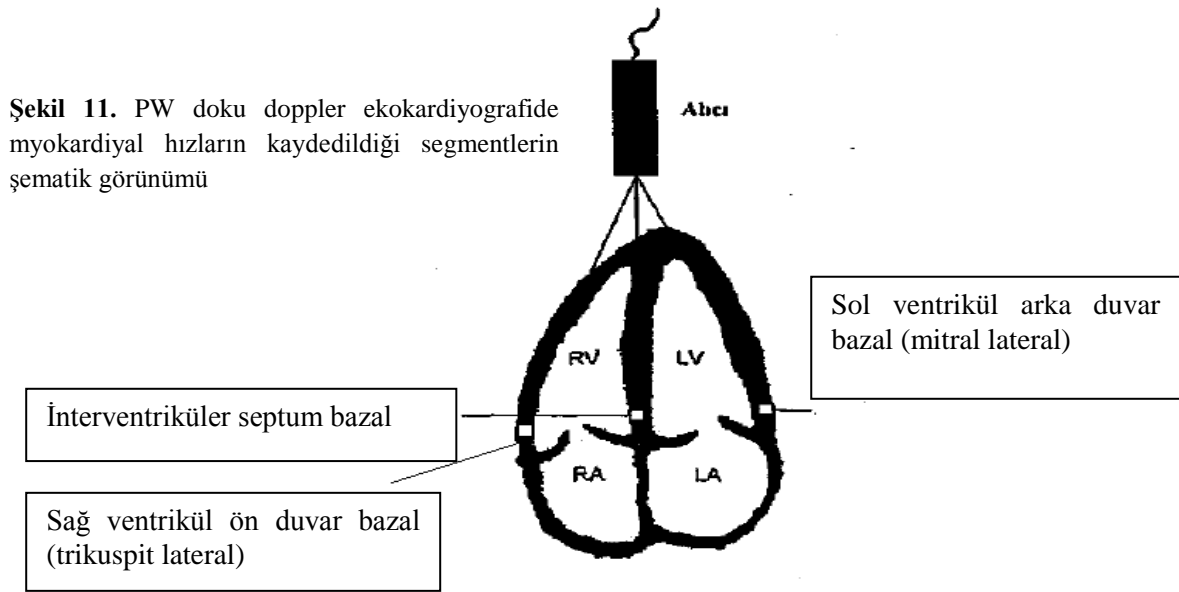
Her iki ventrikül diyastolik fonksiyonları değerlendirilirken, apikal dört boşluk pozisyonunda, PW doppler kullanılarak örnek volüm AV kapağın tepe noktasına, akıma paralel düşülecek şekilde konularak ventrikül giriş akımları kaydedildi. Elde edilen kayıtlardan erken diyastolik akım (E dalgası), geç diyastolik akım (A dalgası) hızları, deselerasyon zamanı (DT), A dalgası sonundan E dalgası başlangıcına kadar geçen süre (a) ölçüldü, E/A oranı hesaplandı. Ayrıca her iki ventrikül çıkış yolu PW doppler kayıtlarında sistolik akımın başlangıcından sonlanmasına kadar geçen süre (ejeksiyon zamanı - b) belirlenerek MPI hesaplandı (Şekil 10).



Şekil 10. Konvansiyonel ekokardiyografide MPI hesaplanması [$MPI = (a-b) / b$]

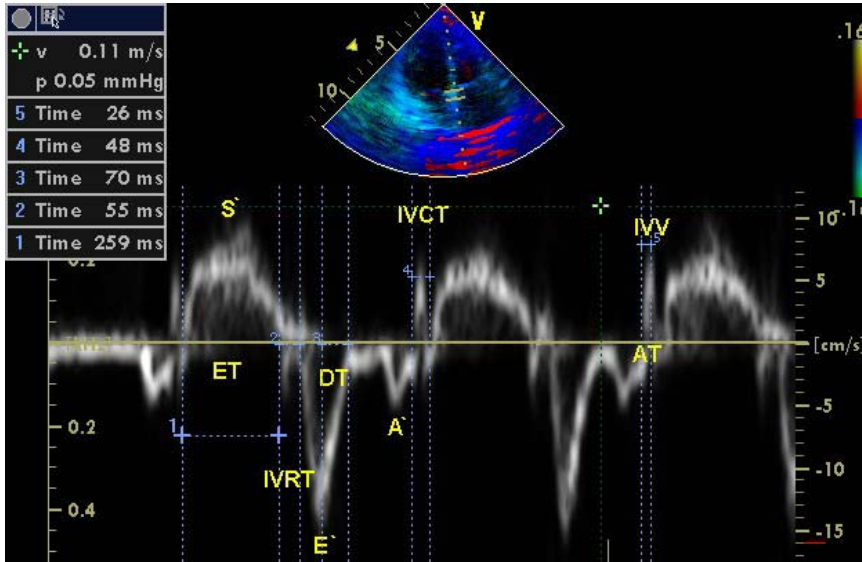
3.3.2. Doku doppler ekokardiyografik değerlendirme

Standart ekokardiyografik çalışmadan sonra aynı cihazın doku doppler fonksiyonu aktive edilerek doku doppler ekokardiyografik ölçümler apikal dört boşluk görüntüsünden yapıldı. Sol ventrikül arka duvarı-mitral anülüs laterali, interventriküler septum ve sağ ventrikül ön duvarı-triküspit anülüs lateralinde üç miyokardiyal segmente kursor yerleştirildi. Her birinin bazal segmentleri düzeyinde pulsed dalga (PW) doku doppler yerleştirilerek miyokardiyal doku hızları kaydedildi (Şekil 11). Doppler dalgalarının sağlıklı elde edilebilmesi için her bir miyokardiyal duvar hareketine mümkün olduğu kadar paralel olunmaya çalışıldı.

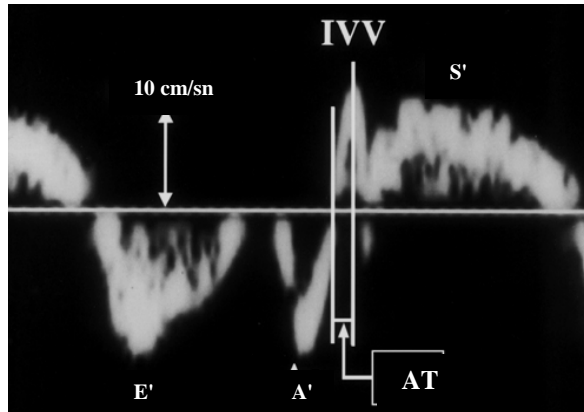


Miyokardiyal hareketin hızları alıcıya yaklaşıyorsa pozitif, alıcıdan uzaklaşıyorsa negatif olarak belirlendi. Sistol süresince alıcıya doğru hareket eden bir pozitif ve diyastol süresince alıcıdan uzaklaşan iki negatif dalga kaydedildi. Sistol süresince kaydedilen en yüksek miyokardiyal hız S', erken diyastol süresince kaydedilen en yüksek miyokardiyal hız E' ve geç diyastol süresince kaydedilen en yüksek miyokardiyal hız A' olarak kaydedildi.

Şekil 12’de gösterildiği şekilde pulsed dalga doku doppler ekokardiyografide izovolemik kasılma zamanı (IVCT), izovolemik relaksasyon zamanı (IVRT) ve ejeksiyon zamanı (ET) ölçümleri yapıldı ve bu ölçümler kullanılarak, miyokard performans indeksi (MPI) hesaplandı [$MPI=(ICT+IRT)/ET$]. EKG’deki R dalgasının pikinden hemen önce ortaya çıkan ve doku doppler trasesindeki sistolik dalganın önünde yer alan dalga olan izovolemik kasılma sırasındaki zirve miyokard hızının (IVV), zirve hızına ulaşma zamanına (akselerasyon zamanı - AT) bölünmesiyle her 3 miyokardiyal segment için izovolemik akselerasyon (IVA) hesaplandı (Şekil 13).



Şekil 12. Pulsed dalga doku doppler (PDDDD) ekokardiyografide izovolemik kasılma zamanı (IVCT), izovolemik relaksasyon zamanı (IVRT) ve Ejeksiyon zamanı (ET) ölçümleri



Şekil 13. PDDDD ekokardiyografide izovolemik kasılma sırasında zirve miyokardiyal hız (IVV) ve akselerasyon zamanı (AT) ölçümü ile izovolemik akselerasyon (IVA) hesabı.

$$(IVA= IVV/AT)$$

3.4. İstatistiksel Analiz:

Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS 15.0) paket programından yararlanıldı. Sonuçlar ortalama \pm standart sapma (ort \pm SD) olarak verildi. İki hasta grubuna ait sürekli değişkenlerin karşılaştırılmasında Student t testi kullanılırken kontrol grubuyla birlikte 3 gruba ait sürekli değişkenler Oneway ANOVA testi ile analiz edildi. Multiple karşılaştırmalar için post hoc testlerden Bonferroni kullanıldı. Aynı değişkene ait zaman içindeki verilerin (post-op ilk ölçülen RV-PA gradienti ile son kontrolde ölçülen RV-PA gradienti gibi) karşılaştırılmasında paired t testi kullanıldı. Pulmoner yetersizlik derecesi ile diğer değişkenler arasındaki ilişki için Spearman korelasyon analizi kullanılırken iki nümerik değişken (TAPSE ile yaş gibi) arasındaki ilişki için Pearson korelasyon analizinden faydalanıldı. Cinsiyet farkı analizi gibi kategorik veya kesikli değişkenlerin değerlendirilmesi için Ki-Kare testine başvuruldu. Bağımlı bir değişkenle korelasyonda diğer değişkenlerin etkileşiminin (PY derecesi ve TY derecesinin RA çapıyla korelasyonunda birbirleriyle etkileşimi gibi) değerlendirilmesinde genel lineer model kullanıldı. Pearson ve Spearman korelasyon analizlerinde korelasyon katsayısı (r değeri) 0’dan 1’e doğru artan oranda pozitif korelasyonu ve 0’dan -1’e doğru artan oranda negatif korelasyonu göstermekte idi. Tüm istatistiksel analizlerde p : 0.05 değeri anlamlılık sınırı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Çalışma ve Kontrol Grubunun Özellikleri

Çalışma grubunda yer alan toplam 64 olgunun 41'ini transanüler yama (TAP) kullanılan grup, 23'ünü ise kapaklı kondüit (Contegra®) kullanılan grup oluşturmaktaydı. Kontrol grubunda yer alan 40 olgunun 19'u (%47.5) kız, 21'i (%52.5) erkek iken TAP grubunda 18 (%44) kız, 23 (%56) erkek, Contegra grubunda ise 12 (%52) kız ve 11 (%23) erkek yer almıştı. Kontrol grubunun yaş ortalaması 6.11 ± 3.46 yıl, TAP ve Contegra gruplarının ise sırasıyla 6.26 ± 3.35 yıl ve 6.19 ± 3.81 yıl idi. İki hasta grubu arasında cinsiyet ve yaş açısından istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (sırasıyla $p: 0.815$ ve $p: 0.980$). Tüm gruplar yaş, cinsiyet, ağırlık, boy, kan basıncı (TA) ve kalp hızı açısından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklılık bulunmadı (Tablo 2).

Tablo 2. Çalışma popülasyonunun genel özellikleri (ort \pm SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
Yaş (yıl)	6.26 \pm 3.35	6.19 \pm 3.81	6.11 \pm 3.46	0.980
Cinsiyet (K/E)	18/23	12/11	19/21	0.815
Ağırlığı (kg)	21.9 \pm 9.9	21.7 \pm 10.5	23.05 \pm 11.3	0.856
Boy (cm)	112.7 \pm 19.5	112.9 \pm 21.5	114.1 \pm 21.8	0.953
TAs (mmHg)	100.6 \pm 10.5	102.4 \pm 10.3	100.8 \pm 10.2	0.732
TAd (mmHg)	63.4 \pm 7.6	64.9 \pm 6.8	61,8 \pm 7.2	0.614
Kalp Hızı (/dk)	92.0 \pm 15.8	90.6 \pm 17.5	92.6 \pm 15.9	0.897

Çalışmada yer alan opere FT tanılı olgulardan TAP grubundakilerin ortalama operasyon yaşı 31.24 ± 20.1 ay iken Contegra grubundakilerin 40.70 ± 30.4 ay idi. Post-op izlem süreleri TAP grubunda 43.98 ± 30.2 ay, Contegra grubunda ise 33.70 ± 20.4 ay idi. İki grup arasında operasyon yaşı ve izlem süresi değişkenleri açısından fark istatistiksel anlamlı değildi (sırasıyla $p: 0.147$ ve $p: 0.112$).

Tüm hastaların fonksiyonel kapasitesi, NYHA sınıflamasına göre, 'Evre 1' bulundu. Olguların tamamının EKG'si sinüs ritminde ve %84'ünün komplet sağ dal bloğu ile uyumlu idi. Hasta grupları arasında operasyon ağırlığı, pre-op hesaplanan pulmoner z değeri ve McGoon indeksi, MBT şant varlığı, post-op RV-PA arası gradient (ilk PS) ve ilk PY dereceleri açısından istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (Tablo 3).

Tablo 3. Hasta gruplarının klinik özellikleri (ort \pm SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	P
Operasyon yaşı (ay)	31.24 \pm 20.1	40.70 \pm 30.4	0.147
Operasyon ağırlığı (kg)	11.52 \pm 3.0	12.87 \pm 3.8	0.490
Post-op izlem süresi (ay)	43.98 \pm 30.2	33.70 \pm 20.4	0.112
Mc Goon indeksi	1.85 \pm 0.18	1.77 \pm 0.17	0.834
Pulmoner Z değeri	-2.92 \pm 1.21	-3.34 \pm 1.49	0.893
MBT Şant (yok/var)	30/11	14/9	0.308
Postop ilk PS (mmHg)	8.10 \pm 3.73	11.15 \pm 4.51	0.174
Postop ilk PY derecesi [n(%)]	0	16 (39.0)	13 (56.5)
	1	23 (56.1)	9 (39.1)
	2	2 (4.9)	1 (4.3)
	3	0 (0)	0 (0)

4.2. Ekokardiyografik Değerlendirmeler

4.2.1. Standart ekokardiyografik inceleme

M-mode ve iki boyutlu ekokardiyografi kullanılarak yapılan değerlendirmede interventriküler septum diastol sonu çapı açısından 3 grup arasında fark anlamlı bulunurken ($p<0.001$), TAP ve Contegra grubu arasındaki fark anlamlı değildi (independent t test ile $p: 0.090$). Aortik anülüs çapında da gruplar arası farklılık mevcut idi ($p<0.001$). Bu değişken açısından da TAP ve Contegra grubu arasında fark bulunmadı ($p: 0.182$). Sol atrium alanı ve sol ventriküle ilişkin çap, alan, volüm ve EF sonuçlarına bakıldığında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (Tablo 4).

Tablo 4. Hasta ve kontrol gruplarında sol ventrikül, sol atrium, interventriküler septum ve aorta ait M- mode ve 2D ekokardiyografik ölçümler (ort±SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
LVPWd (mm)	6.1±1.1	6.4±1.3	5.9±0.9	0.147
LVEDD (mm)	33.1±6.5	31.8±6.4	31.2±5.2	0.403
IVSDd (mm)	6.8±1.6	7.3±1.2	6.1±1.1	0.001
LVEDA (cm ²)	16.2±4.5	16.6±6.2	16.4±3.7	0.953
LVEDVI (ml/m ²)	58.6±10.1	59.7±7.5	61.3±16.1	0.629
LVEF (%)	67.2±8.9	68.7±9.2	70.1±6.8	0.410
LAA (cm ²)	6.6±2.5	6.5±2.3	6.4±1.9	0.994
Ao (mm)	17.7±2.6	18.9±3.4	16,3±2.4	0.001

Sağ ventriküle ait incelemede; RV uzunlamasına çapı ($p: 0.054$) ve RVOT distal çapı ($p: 0.052$) dışındaki tüm çap, alan ve hacim ölçümleri, hasta gruplarında anlamlı yüksek tespit edildi. Sağ atrium alanı için tüm gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı fark mevcut

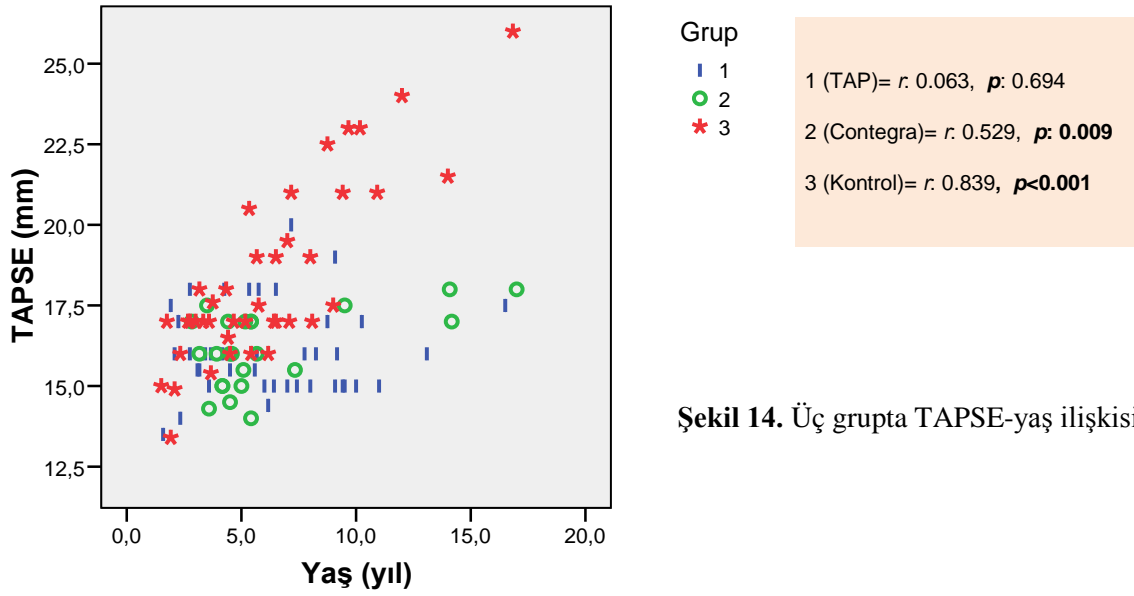
idi ($p: 0.001$). RVEF ve RVFAC açısından bakıldığında ise, hasta gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı azalma saptandı (Tablo 5). TAP ve Contegra grupları arasında, tüm değişkenler için yapılan karşılaştırmaların sonucunda anlamlı fark bulunmadı ($p > 0.05$).

Tablo 5. Hasta ve kontrol gruplarında sağ ventrikül, sağ atrium, ve pulmoner artere ait 2D ekokardiyografik ölçümler (ort±SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
RVAWD (mm)	6.3±1.7	7.1±1.6	3.3±0.5	<0.001
RV bazal (mm)	32.7±5.8	30.7±8.3	26.4±4.2	<0.001
RV mid (mm)	24.8±5.9	23.9±5.8	20.6±3.7	0.002
RV longitudinal (mm)	53.3±10.9	51.1±14.4	47.6±6.9	0.054
RVEDA (cm ²)	19.2±10.2	18.4±8.8	13.4±3.3	0.004
RVESA (cm ²)	11.4±7.0	11.1±6.6	7.1±2.0	0.001
RVFAC (%)	41.1±7.1	41.8±8.3	46.8±7.5	0.002
RVEDVI (ml/m ²)	69.4±22.9	68.4±23.4	42.8±8.1	<0.001
RVESVI (ml/m ²)	35.2±18.5	34.9±17.4	17.2±5.1	<0.001
RVEF (%)	50.8±11.8	48.3±9.1	64.1±6.2	<0.001
RAA (cm ²)	8.9±3.7	8.7±5.2	6.0±1.8	0.001
RVOT proksimal (mm)	26.2±7.4	25.1±7.2	19.7±3.6	<0.001
RVOT distal (mm)	19.3±4.6	19.0±4.2	17.1±3.3	0.052
MPA (mm)	18.0±4.6	17.1±3.9	18,1±3.1	0.579

Triküspit anülüs lateralinden gerçekleştirilen M-mode inceleme ile ölçülen TAPSE; transanüler yama uygulananlarda 16.12±1.39 mm ve Contegra kullanılanlarda 16.16±1.17 mm saptandı ($p: 0.591$). Yaşa göre hesaplanan z skoru TAP grubunda -1.97±1.36, Contegra

grubunda ise -2.07 ± 0.88 bulundu ($p: 0.728$). Kontrol grubunda ise TAPSE 18.29 ± 2.75 mm ve TAPSE z skoru ise -0.39 ± 1.13 ölçüldü. Her bir değişken açısından 3 grup karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı farklılık saptandı (Tablo 6). TAPSE, sağlıklı çocuklarda yaş ile kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken Contegra grubunda orta düzeyde korelasyon vardı. TAP grubunda ise anlamlı ilişki yoktu (Şekil 14).



Tablo 6. Kontrol ve hasta gruplarında TAPSE değerlerinin karşılaştırılması (ort±SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
TAPSE (mm)	16.12±1.39	16.16±1.17	18.29±2.75	<0.001
TAPSE z skor	-1.97±1.36	-2.07±0.88	-0.39±1.13	<0.001

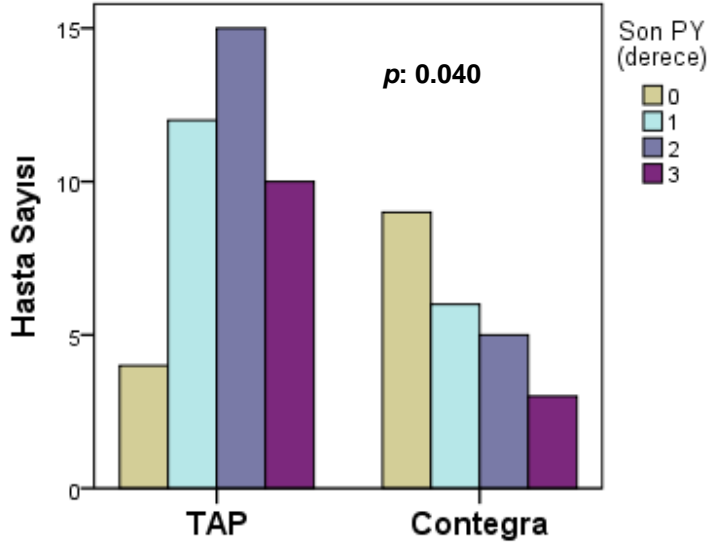
Standart pulsed doppler ve renkli doppler ekokardiyografik değerlendirmeyeyle TAP ve Contegra gruplarında RV-PA arası gradient (son PS) sırasıyla 15.72 ± 7.7 mmHg ve 21.36 ± 8.8 mmHg saptandı ve fark istatistiksel anlamlı değildi ($p: 0.29$). TAP'lı olguların %63.4'ünde 1.

derece TY izlenirken Contegra kullanılanlarda bu oran %69.6 idi (Tablo 7). Pulmoner yetersizlik derecesi (son PY) açısından karşılaştırıldığında iki grup arasında anlamlı farklılık bulundu (Tablo 7, Şekil 15).

Tablo 7. Hasta gruplarında renkli doppler ve pulsed dalga doppler ekokardiyografi ile pulmoner ve triküspit kapağın değerlendirme sonuçları (ort±SD)

		TAP (n=41)	Contegra (n=23)	P
Son PS (mmHg)		15.72±7.7	21.36±8.8	0.291
TY (cm/sn)		282.39±51.23	311.39±29.24	0.021
Son PY (cm/sn)		194.27±35.3	212.57±39.05	0.974
TY derecesi [n(%)]	0	10 (24.4)	5 (21.7)	0.863
	1	26(63.4)	16 (69.6)	
	2	5(12.2)	2 (8.7)	
PY derecesi [n(%)]	0	4 (9.8)	9 (39.1)	0.040
	1	12 (29.2)	6 (26.1)	
	2	15 (36.6)	5 (21.7)	
	3	10 (24.4)	3(13.1)	

Her iki grupta da PY derecesi ile operasyon yaşı arasında ilişki saptanmadı (TAP grubunda r : 0.140, p : 0.270 ve Contegra grubunda r : 0.046, p : 0.774). Post-op izlem süresi ile PY derecesi arasında TAP grubunda (r : 0.352, p : 0.024) anlamlı pozitif korelasyon mevcut iken Contegra grubunda (r : 0.291, p : 0.178) istatistiksel anlamlı ilişki bulunmadı.



Şekil 15. Her iki grupta PY derecesine göre hastaların dağılımı

Son PS ile operasyon yaşı ilişkisi değerlendirildiğinde; TAP'lı olgularda pozitif korelasyon saptanırken ($r: 0.315$, $p: 0.045$), Contegra kullanılanlarda anlamlı ilişki bulunmadı ($r: 0.276$, $p: 0.170$). Post-op izlem süresi ile PS değişkenleri arasındaki ilişki açısından ise TAP grubunda korelasyon saptanmazken ($r: 0.017$, $p: 0.914$), Contegra grubunda pozitif bir ilişki vardı ($r: 0.425$, $p: 0.043$).

Hastalar PY derecesi ile Mc Goon indeksi ilişkisi açısından irdelendiğinde, ne TAP grubunda ($r: -0.110$, $p: 0.495$) ne de Contegra ($r: 0.102$, $p: 0.643$) kullanılan grupta korelasyon izlenmedi. Pulmoner stenoz ile McGoön indeksi ilişkisi açısından bakıldığında, TAP grubunda anlamlı bir negatif korelasyon ($r: -0.360$, $p: 0.021$) gözlenirken Contegra grubunda ilişki yoktu ($r: 0.241$, $p: 0.268$).

Pulmoner z değeri ile PY derecesi değerlendirildiğinde iki grupta da bu açıdan bir ilişki bulunmadı (sırasıyla $r: -0.094$, $p: 0.560$ ve $r: -0.232$, $p: 0.286$). Pulmoner z değeri ile PS arasında da her iki grup için korelasyon saptanmadı (sırasıyla $r: -0.203$, $p: 0.204$ ve $r: 0.189$, $p: 0.389$).

MBT şant varlığı ve PY derecesi karşılaştırıldığında iki grup için de istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (sırasıyla p : 0.602 ve p : 0.506). TAP grubunda, MBT şant olanlarda olmayanlara göre PS açısından anlamlı fark saptanırken Contegra kullanılanlarda farklılık yoktu (sırasıyla p : 0.036 ve p : 0.281).

Post-op ilk PY derecesi ile son PY dereceleri açısından her iki grup için de istatistiksel anlamlı farklılık vardı (sırasıyla p : 0.005 ve p : 0.041). Hem TAP ($p < 0.001$) hem de Contegra ($p < 0.001$) grubunda pulmoner stenoz derecesi açısından zaman içinde anlamlı artış mevcuttu.

Contegra kullanılan hastalarda, kullanılan greft büyüklüğü ile PY derecesi arasındaki ilişki incelendiğinde anlamlı korelasyon saptanmadı (r : 0.334, p : 0.119). Greft çapının pulmoner stenoz ile arasında da ilişki bulunmadı (r : 0.292, p : 0.176).

Her iki grupta da PY derecesi; RA alanı ve RVEDVI ile pozitif korele iken RVFAC, RVEF ve TAPSE z skoru ile negatif korele idi. Sol atrium ve sol ventriküle ilişkin değişkenler ile PY derecesi arasında ilişki saptanmadı (Tablo 8).

Tablo 8. Hasta gruplarında **PY derecesi** ile M-mode ve 2D ekokardiyografik ölçümlerden elde edilen değişkenler arasındaki ilişki

		RAA (cm ²)	RVFAC (%)	RVEF (%)	TAPSE z skor	RVEDVI (ml/m ²)	LAA (cm ²)	LVEF (%)	LVEDVI (ml/m ²)
TAP (n=41)	<i>r</i>	0.545	-0.687	-0.632	-0.539	0.323	0.265	-0.237	0.051
	<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.040	0.094	0.135	0.751
Contegra (n=23)	<i>r</i>	0.398	-0.790	-0.686	-0.715	0.476	0.371	-0.374	0.211
	<i>p</i>	0.040	<0.001	<0.001	<0.001	0.022	0.081	0.079	0.334

TAP ve Contegra grubundaki olgular VCI çapı ile hepatik vene ait sistolik (HV_s) ve diastolik (HV_d) akım örnekleri ve elde edilen indeksler açısından karşılaştırıldığında hiçbir değişken için anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$). Kontrol grubu dahil edildiğinde ise HVSFF ($p: 0.051$) dışındaki tüm değişkenler için fark istatistiksel anlamlı idi (Tablo 9).

Tablo 9. Hasta ve kontrol gruplarında VCI ve HV'e ait ekokardiyografik ölçümler (ort±SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
VCI exp (mm)	9.19±2.09	8.05±2.16	8.10±1.75	0.024
VCI insp (mm)	3.42±1.07	2.75±0.92	2.64±0.67	<0.001
VCI CI (%)	62.8±8.3	65.8±7.1	67.0±6.7	0.040
HV _s (cm/sn)	45.5±9.8	51.2±13.2	43.5±9.8	0.024
HV _d (cm/sn)	29.9±8.9	36.6±18.5	26.3±7.2	0.003
HVSFF (%)	60.7±4.2	59.7±6.5	62.5±3.5	0.051

TAP grubunda PY derecesi ile hem VCI kollapsibilite indeksi ($r: -0.451, p: 0.003$) hem de HVSFF ($r: -0.464, p: 0.002$) arasında istatistiksel anlamlı negatif korelasyon mevcuttu. Contegra grubunda ise VCI CI ($r: -0.465, p: 0.025$) ile PY derecesi arasındaki ilişki anlamlı bulunurken HVSFF ($r: -0.284, p: 0.190$) ile istatistiksel anlamlı korelasyon yoktu. VCI CI ile HVSFF'nin birbiriyle arasındaki ilişki incelendiğinde TAP grubunda anlamlı korelasyon saptanırken ($r: 0.351, p: 0.024$) Contegra grubunda anlamlı ilişki bulunmadı ($r: 0.388, p: 0.067$).

TY derecesi ile RA alanı, VCI CI ve HVSFF arasındaki ilişki irdelendiğinde; yalnızca TAP grubunda, HVSFF ile RAA arasında anlamlı negatif korelasyon bulundu (Tablo 10).

Tablo 10. RA, VCI ve HV'e ait ekokardiyografik ölçümler ile TY derecesi arasındaki ilişki

		RAA (cm ²)	VCI CI (%)	HVSFF (%)
TAP (n=41)	<i>r</i>	0.301	-0.257	-0.343
	<i>p</i>	0.056	0.105	0.028
Contegra (n=23)	<i>r</i>	0.340	-0.280	-0.269
	<i>p</i>	0.112	0.195	0.214

Her iki grupta genel lineer model kullanılarak RA alanıyla korelasyonda PY derecesi ve TY derecesi arasındaki etkileşime bakıldığında istatistiksel anlamlı etki saptanmadı (TAP grubunda *p*: 0.657, Contegra grubunda *p*: 0.876).

Doppler ekokardiyografik değerlendirmede mitral akım parametreleri ve hesaplanan LV MPI açısından gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmadı (Tablo 11). Triküspit akımın incelenmesi sonucunda TAP ve Contegra grubu arasında hiçbir değişken için anlamlı fark bulunmazken (*p*>0.05) kontrol grubuyla yapılan 3'lü analizde tüm parametreler için fark istatistiksel anlamlıydı (Tablo 12).

Tablo 11. Hasta ve kontrol gruplarında standart pulsed doppler ekokardiyografi ile **mitral** akımın değerlendirilmesi ve hesaplanan **LV MPI** (ort±SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
E (cm/sn)	94.4±12.9	96.0±13.6	93.4±16.1	0.788
A (cm/sn)	57.1±13.5	54.8±10.5	52.5±9.2	0.209
E/A	1.78±0.63	1.81±0.40	1.80±0.30	0.969
DT (msn)	144.7±27.5	139.2±24.9	138.9±28.0	0.567
LV MPI	0.31±0.24	0.32±0.12	0.26±0.08	0.244

Tablo 12. Hasta ve kontrol gruplarında standart pulsed doppler ekokardiyografi ile **triküspit** akımının değerlendirilmesi ve hesaplanan **RV MPI** (ort±SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
E (cm/sn)	55.8±13.0	57.7±11.1	64.1±10.7	0.006
A (cm/sn)	64.6±15.6	63.3±14.9	44.9±7.2	<0.001
E/A	0.89±0.23	0.96±0.29	1.44±0.24	<0.001
DT (msn)	133.7±18.2	135.9±22.6	126.4±26.7	0.048
RV MPI	0.54±0.19	0.49±0.20	0.27±0.11	<0.001

4.2.2. Pulsed dalga doku doppler ekokardiyografik inceleme

Mitral anülüs lateralinden gerçekleştirilen doku doppler ekokardiyografik (DDE) incelemede hiçbir değişken açısından TAP ve Contegra grubu arasında farklılık saptanmadı ($p>0.05$). Kontrol grubu dahil edildiğinde yapılan karşılaştırmada hasta gruplarında; IVCT, MPI' ve AT anlamlı yüksek, IVA ise anlamlı düşük bulundu (Tablo 13). Bulguların PY derecesi ile karşılaştırılması sonucunda; TAP grubunda mitral E/E' ve IVA ile negatif korelasyon varken E'/A' ve MPI' ile pozitif korelasyon vardı. Contegra grubunda PY derecesi arttıkça, IVA ve ET azalmakta iken E'/A' artmakta idi (Tablo 14).

Septumun DDE ile değerlendirilmesi sonucunda; iki hasta grubunda E', St/Dt, IVRT, IVCT, MPI' değişkenlerinin ortalamaları arasında gözlenen fark istatistiksel anlamlı değildi (sırasıyla $p: 0.109$, $p: 0.168$, $p: 0.090$, $p: 0.316$ ve $p: 0.138$). Kontrol grubu ile birlikte yapılan analizde S', E', IVRT, IVCT, ET, MPI', IVV, AT ve IVA değişkenleri açısından gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark bulundu. Opere FT'li olgularda septal S', ET, IVV ve IVA azalmış iken IVRT, IVCT ve MPI' artmış saptandı (Tablo 15).

Tablo 13. Hasta ve kontrol gruplarında sol ventrikülden (**mitral lateral anülüs**) pulsed dalga doku doppler ekokardiyografi ile elde edilen veriler (ort±SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
S' (cm/sn)	8.76±1.77	8.57±2.39	8.93±1.99	0.787
E' (cm/sn)	15.83±3.59	14.13±3.62	15.58±3.58	0.177
A' (cm/sn)	7.98±1.50	8.09±1.44	8.73±3.64	0.383
E'/A'	2.01±0.46	1.77±0.44	1.89±0.33	0.077
E/E'	6.20±1.70	6.84±1.53	6.26±1.52	0.274
R-R time (msn)	670.8±113.5	688.3±147.2	666.7±116.6	0.789
Sistol (msn)	309.9±27.1	310.6±31.0	302.6±22.8	0.371
Diastol (msn)	360.9±95.4	377.7±121.3	364.1±94.4	0.809
St/Dt	0.90±0.20	0.87±0.17	0.86±0.15	0.592
IVRT (msn)	44.78±13.40	41.39±10.29	43.07±4.85	0.432
IVCT (msn)	52.44±16.43	51.70±14.46	42.55±4.51	0.001
ET (msn)	257.49±20.79	258.92±21.10	256.54±19.11	0.904
MPI'	0.37±0.09	0.35±0.06	0.33±0.02	0.016
IVV (cm/sn)	7.63±1.98	6.97±1.55	7.55±2.06	0.375
AT (msn)	27.95±6.57	25.65±7.12	18.53±2.93	<0.001
IVA (m/sn ²)	2.84±0.92	2.92±1.04	4.06±0.84	<0.001

Tablo 14. Hasta gruplarında **sol ventrikülden** pulsed dalga ve doku doppler ekokardiyografi yoluyla elde edilen bulguların **PY derecesi** ile karşılaştırılması

		E/A	E/E'	DT (msn)	LV MPI	S' (cm/sn)	E'/A'	ET (msn)	MPI'	IVA (m/sn²)
TAP (n=41)	<i>r</i>	-0.035	-0.334	0.016	0.179	-0.048	0.315	-0.044	0.588	-0.579
	<i>p</i>	0.828	0.033	0.923	0.269	0.768	0.045	0.786	<0.001	<0.001
Contegra (n=23)	<i>r</i>	-0.134	-0.332	0.222	0.391	0.023	0.544	0.509	0.360	-0.636
	<i>p</i>	0.542	0.121	0.309	0.065	0.917	0.007	0.013	0.092	0.001

Tablo 15. Hasta ve kontrol gruplarında **interventriküler septumdan** pulsed dalga doku doppler ekokardiyografi ile elde edilen veriler (ort±SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
S' (cm/sn)	6.07±1.58	6.35±1.92	7.88±2.73	0.001
E' (cm/sn)	12.37±2.52	10.78±1.80	12.78±2.71	0.009
A' (cm/sn)	6.34±1.52	5.91±1.24	6.93±2.18	0.080
E'/A'	2.02±0.53	1.87±0.36	1.90±0.26	0.268
R-R time (msn)	670.8±113.5	688.3±147.2	666.7±116.6	0.789
Sistol (msn)	294.4±31.0	289.9±31.2	301.1±22.6	0.285
Diastol (msn)	376.4±108.6	398.4±139.8	365.6±94.5	0.531
St/Dt	0.87±0.36	0.80±0.24	0.86±0.15	0.599
IVRT (msn)	54.80±20.96	47.83±11.48	44.17±5.51	0.006
IVCT (msn)	66.22±22.67	60.39±18.05	41.05±4.65	<0.001
ET (msn)	228.15±27.43	229.48±31.32	257.31±18.47	<0.001
MPI'	0.54±0.21	0.48±0.15	0.33±0.17	<0.001
IVV (cm/sn)	6.49±1.56	6.83±1.33	7.68±2.60	0.028
AT (msn)	27.37±10.14	26.43±7.59	18.55±3.37	<0.001
IVA (m/sn ²)	2.57±0.82	2.72±0.68	4.10±1.06	<0.001

Septal DDE bulgularının PY derecesi ile ilişkisinin incelenmesinde; her iki grupta da S' ve E'/A' ile PY derecesi arasında anlamlı ilişki bulunmadı ($p>0.05$). Contegra grubunda ET ($r: -0.520, p: 0.011$), MPI' ($r: 0.586, p: 0.003$), ve IVA ($r: -0.596, p: 0.003$) değişkenleri ile PY derecesi arasında anlamlı korelasyon saptandı. TAP'lılarda ise MPI' ($r: 0.489, p: 0.001$) ve IVA ($r: -0.608, p<0.001$) ile anlamlı korelasyon varken ET ile PY ilişkisi istatistiksel anlamlı değildi ($r: -0.300, p: 0.056$).

Triküspit lateralinden gerçekleştirilen DDE incelemesinde; TAP ve Contegra grubunda, IVV ($p: 0.009$) dışındaki değişkenler açısından istatistiksel anlamlı fark yoktu ($p>0.05$). Kontrol grubu ile birlikte yapılan analizde, opere FT'li olgularda saptanan S', E', A', ET, IVV ve IVA'daki azalma ile IVRT, IVCT, MPI' ve AT'daki artış istatistiksel anlamlı bulundu (Tablo 16).

Tablo 16. Hasta ve kontrol gruplarında sağ ventrikülden (**triküspit lateral anülüs**) pulsed dalga doku doppler ekokardiyografi ile elde edilen veriler (ort \pm SD)

	TAP (n=41)	Contegra (n=23)	Kontrol (n=40)	P
S' (cm/sn)	9.44 \pm 1.70	9.91 \pm 2.86	13.08 \pm 2.13	< 0.001
E' (cm/sn)	14.37 \pm 2.48	14.09 \pm 2.39	17.10 \pm 3.69	< 0.001
A' (cm/sn)	7.90 \pm 1.77	8.00 \pm 1.73	10.15 \pm 2.94	< 0.001
E'/A'	1.81 \pm 0.43	1.78 \pm 0.19	1.73 \pm 0.26	0.516
E/E'	3.99 \pm 1.11	4.19 \pm 0.97	3.90 \pm 0.95	0.555
R-R time (msn)	670.8 \pm 113.5	688.3 \pm 147.2	666.7 \pm 116.6	0.789
Sistol (msn)	303.3 \pm 51.6	298.2 \pm 45.6	298.3 \pm 21.9	0.829
Diastol (msn)	367.46 \pm 104.1	390.1 \pm 126.9	368.3 \pm 95.2	0.676
St/Dt	0.90 \pm 0.35	0.82 \pm 0.23	0.85 \pm 0.15	0.417
IVRT (msn)	66.83 \pm 23.64	66.96 \pm 21.93	42.54 \pm 5.55	< 0.001
IVCT (msn)	84.85 \pm 23.21	76.39 \pm 29.33	40.76 \pm 5.44	< 0.001
ET (msn)	218.54 \pm 44.04	221.83 \pm 44.79	255.39 \pm 17.36	< 0.001
MPI'	0.72 \pm 0.24	0.68 \pm 0.30	0.32 \pm 0.02	< 0.001
IVV (cm/sn)	8.15 \pm 2.02	6.96 \pm 1.46	10.90 \pm 1.48	< 0.001
AT (msn)	35.24 \pm 9.70	30.74 \pm 13.13	25.80 \pm 6.01	< 0.001
IVA (m/sn ²)	2.49 \pm 1.01	2.60 \pm 0.99	4.38 \pm 0.91	< 0.001

Triküspit akımına ait standart doppler ekokardiyografi ve lateral anülüsüne ait DDE bulguları ile PY derecesi arasındaki ilişki incelendiğinde; TAP ve Contegra grubunun her ikisinde de DT, RV MPI ve MPI' ile anlamlı pozitif korelasyon saptanırken ET ve IVA ile negatif korelasyon saptandı. Contegra grubunda E/A ile anlamlı negatif ilişki varken, TAP'lı olgularda S' ile istatistiksel anlamlı negatif ilişki mevcut idi (Tablo 17).

Tablo 17. Hasta gruplarında sağ ventrikülden pulsed dalga ve doku doppler ekokardiyografi yoluyla elde edilen bulguların PY derecesi ile karşılaştırılması

		E/A	E/E'	DT (msn)	RV* MPI	S' (cm/sn)	E'/A'	ET (msn)	MPI'	IVA (m/sn ²)
TAP (n=41)	<i>r</i>	-0.292	-0.117	0.718	0.659	-0.513	0.079	-0.346	0.693	-0.670
	<i>p</i>	0.064	0.466	<0.001	<0.001	0.001	0.625	0.027	<0.001	<0.001
Contegra (n=23)	<i>r</i>	-0.470	-0.223	0.629	0.625	-0.377	0.191	-0.497	0.642	-0.757
	<i>p</i>	0.024	0.307	0.001	0.001	0.076	0.383	0.016	0.001	<0.001

* Konvansiyonel PW doppler ekokardiyografi ile hesaplanan RV'ye ait MPI.

Sağlıklı çocuklarda TAPSE z skoru ile RV sistolik fonksiyonlarını gösteren diğer değişkenler arasında istatistiksel anlamlı korelasyon mevcut idi. Hem TAP hem de Contegra grubunda S' ve IVV değişkenleri açısından bu korelasyon bozulmuş izlendi (Tablo 18).

Sağ ventrikülden DDE ile elde edilen sistolik maksimum velosite (S') ile RV fonksiyonlarını değerlendirmede kullanılan diğer değişkenlerin ilişkisi karşılaştırıldığında sağlıklı çocukların aksine, iki grupta da RVFAC ve TAPSE z skoru ile istatistiksel anlamlı korelasyon yoktu. Contegra grubunda yalnızca IVV ile pozitif ilişki saptanırken TAP grubunda RVEF ile de korelasyon vardı (Tablo 19).

Tablo 18. Hasta ve kontrol gruplarında TAPSE z skoru ile RV'ye ait diğer ekokardiyografik ölçümler arasındaki ilişki

		RVFAC (%)	RVEF (%)	RVEDVI (ml/m ²)	S' (cm/sn)	IVCT (msn)	MPI'	IVV (cm/sn)	IVA (cm/sn ²)
TAP (n=41)	<i>r</i>	0.643	0.655	-0.569	0.150	-0.549	-0.439	-0.166	0.325
	<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001	0.349	<0.001	0.004	0.299	0.038
Contegra (n=23)	<i>r</i>	0.794	0.387	-0.453	0.143	-0.419	-0.599	-0.070	0.448
	<i>p</i>	<0.001	0.068	0.030	0.514	0.046	0.003	0.750	0.032
Kontrol (n=40)	<i>r</i>	0.770	0.481	-0.174	0.724	0.403	0.421	0.496	0.017
	<i>p</i>	<0.001	0.002	0.283	<0.001	0.010	0.007	0.001	0.916

Tablo 19. Hasta ve kontrol gruplarında triküspit lateral anülustan elde edilen sistolik dalga (S') ile RV'ye ait diğer ekokardiyografik ölçümler arasındaki ilişki

		RVFAC (%)	RVEF (%)	RVEDVI (ml/m ²)	TAPSE z skor	IVCT (msn)	MPI'	IVV (cm/sn)	IVA (cm/sn ²)
TAP (n=41)	<i>r</i>	0.222	0.354	0.126	0.150	-0.328	-0.513	0.584	0.634
	<i>p</i>	0.163	0.023	0.432	0.349	0.036	0.001	<0.001	<0.001
Contegra (n=23)	<i>r</i>	0.227	0.204	-0.271	0.143	-0.118	-0.454	0.587	0.184
	<i>p</i>	0.297	0.351	0.211	0.514	0.593	0.004	0.003	0.400
Kontrol (n=40)	<i>r</i>	0.635	0.445	-0.131	0.724	0.596	0.523	0.685	-0.050
	<i>p</i>	<0.001	0.004	0.420	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.758

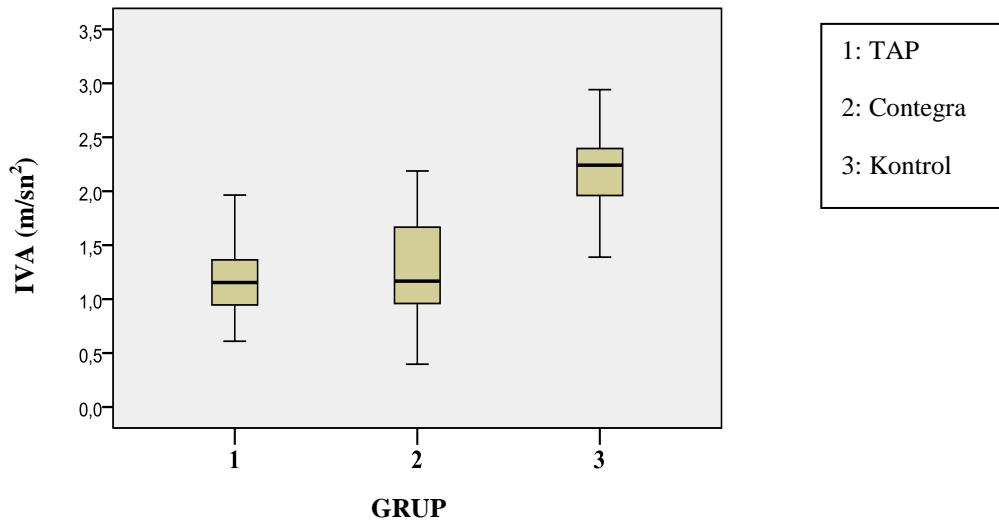
Triküspit MPI' ile RV fonksiyonlarını gösteren diğer değişkenlerin ilişkisi araştırıldığında her 3 grupta da IVA ile istatistiksel anlamlı negatif korelasyon saptandı. Kontrol grubunda E/E' değişkeni ile olan negatif korelasyon her iki hasta grubunda da bulunmadı (Tablo 20). Triküspit MPI' değişkeni her 3 grupta da hem mitral MPI' hem de septal MPI' ile anlamlı pozitif ilişkili bulundu ($r>0.450$, $p<0.05$).

Tablo 20. Hasta ve kontrol gruplarında **triküspit** lateral anülustan hesaplanan **MPI**' ile diğer ekokardiyografik ölçümler arasındaki ilişki

		RVFAC (%)	RV* MPI	HVSFF (%)	DT (msn)	E/A	E/E'	IVV (cm/sn)	IVA (cm/sn²)
TAP (n=41)	<i>r</i>	-0.437	0.643	-0.393	0.492	-0.317	-0.098	0.228	-0.626
	<i>p</i>	0.004	<0.001	0.011	0.001	0.044	0.544	0.157	<0.001
Contegra (n=23)	<i>r</i>	-0.723	0.664	-0.319	0.727	-0.479	-0.343	-0.158	-0.670
	<i>p</i>	<0.001	0.001	0.138	<0.001	0.021	0.109	0.473	<0.001
Kontrol (n=40)	<i>r</i>	0.087	0.256	0.153	-0.034	-0.265	-0.568	0.228	-0.534
	<i>p</i>	0.591	0.111	0.346	0.837	0.099	<0.001	0.157	<0.001

* Konvansiyonel pulsed dalga doppler ekokardiyografi ile hesaplanan RV'ye ait MPI.

Triküspit IVA değişkeni kontrollere göre Contegra grubunda ve TAP'lı olgularda giderek azalmakta idi (Şekil 16). Kontrol grubunda Triküspit IVA ile mitral IVA ve septal IVA değişkenleri arasında anlamlı korelasyon yok iken ($p>0.05$) her iki hasta grubunda da 3 değişken arasında istatistiksel anlamlı ilişki mevcut idi ($r>0.450$, $p<0.05$).



Şekil 16. Üç grupta DDE ile hesaplanan RV izovolemik akselerasyon (IVA) değerleri.

5. TARTIŞMA

Fallot tetralojisinde tam düzeltme ameliyatı, siyanoz ve kronik hipokseminin uzun dönemde yol açacağı olumsuz etkilerden kaçınmak amacıyla, yaşamın ilk ayları kadar erken dönemde ve oldukça iyi sonuçlarla yapılmaktadır. Ancak bu durum, %90'a yaklaşan (%20-80) oranlarda transanüler yama (TAP) kullanımına ve sonuçta opere FT'li olgularda değişik derecelerde pulmoner yetersizliğin (PY) sık görülmesine yol açmaktadır (4,58). Başlangıçta iyi tolere edilse de, PY zamanla ilerlemekte, uzun dönemde sağ ventrikül (RV) dilatasyon ve disfonksiyonuna yol açmakta ve gittikçe daha fazla hasta pulmoner kapak replasmanı (PVR) adayı olmaktadır (24). Bu nedenle, TAP'a alternatif olarak kapaklı kondüit kullanımı gündeme gelmiştir. Ancak zamanla ortaya çıkan dejenerasyon ve kalsifikasyon, çocuğun büyümesi ile reimplantasyon gereksinimi gibi olumsuzluklar, kondüit kullanım endikasyonlarının sınırlı tutulmasına yol açmaktadır.

Pulmoner atrezi ya da pulmoner kapak yokluğu (*absent pulmonary valv*) dışında; ciddi pulmoner anülüs hipoplazisi ve displastik kapağı olan, birkaç seviyede stenozu bulunan, koroner anomali eşlik eden, VSD yamasının çıkımı daralttığı olgularda, TAP uygulamasıyla PY'nin belirgin olacağı da öngörüldüğünde kapaklı kondüit ile tam düzeltme gerekebilmektedir. Özellikle küçük boyutlardaki homogreftlerin temin edilmesindeki zorluk ve konjenital kalp cerrahisindeki gelişmeler doğrultusunda kapaklı kondüitlere artan talep yeni arayışlara yol açmıştır. Sığır juguler veninden elde edilen kapaklı bir ksenogreft olan Contegra®, RVOT rekonstrüksiyonunda altın standart olan kriyoprezerve homogreftlere alternatif olarak geliştirilmiştir (6). Sierra ve arkadaşları, RVOT rekonstrüksiyonu için homogreft (n=88) ve Contegra (n=50) kullanılan, 1 ay – 15 yaş arası hastaları değerlendirdikleri çalışmalarında, ABO kan grubu uyumlu kriyoprezerve homogreftler ile

Contegra greftlerin postoperatif 7 yıl boyunca oldukça benzer performans gösterdiklerini bildirmişlerdir (59). Genellikle erken ve orta dönem cerrahi sonuçlara ilişkin olgu serilerinden oluşan mevcut çalışmaların önemli bir kısmında; daha önce herhangi bir nedenle RVOT rekonstrüksiyonu uygulanmış ve izlemde PVR gereksinimi ortaya çıkan redo vakalar ile FT'nin primer tam düzeltme operasyonu yapılan olgular, Contegra kullanılan hasta gruplarının çoğunluğunu oluşturmaktadır (21,59-61). Bizim kliniğimizde de PVR gereken redo vakalar ile Fallot tetralojisi, Contegra greftin en sık kullanıldığı iki hasta grubunu oluşturmaktadır.

Çalışmamıza yaklaşık 8 yıllık süre içerisinde transanüler yama (n= 41) ve Contegra (n=23) kullanılarak opere edilmiş FT'li toplam 64 hasta dahil edildi ve olabildiğince homojen iki grupta karşılaştırma amaçlandı. Kliniğimizde endikasyon olduğu düşünülen FT'li olgularda, Contegra greft 2003 yılından itibaren kullanıldığından, çalışmaya hasta alımı bu tarihten sonra opere olan olgular ile sınırlandırıldı. Bu süre içerisinde ameliyat edilmiş olan pulmoner atrezili FT (n=9), pulmoner kapak yokluğu (n=4), AVSD ile birlikte FT (n=5) ve Fallot benzeri DORV (n=7)'lu olgular çalışma dışı bırakıldı. Aynı süre içerisinde hasta grubumuzun da içinde bulunduğu "pulmoner stenozlu FT" olarak tanımlanabilecek, toplam 102 olgu opere edildi. 2003 yılından sonra ameliyat olup çalışma grubu dışında kalan 38 olgunun 18'i TAP ya da Contegra kullanımını gerektirmeyen ve sadece muskuler rezeksiyon/infundibuler yama ± pulmoner valvulotomi/valvuloplasti yapılan olgulardan, 7'si tam düzeltme sırasında kapaklı kondüit olarak homogreft kullanılanlardan ve 7'si redo vakalardan oluşmakta idi. TAP uygulanan 5 hasta ve Contegra kullanılan 1 hasta; başka şehirde ikamet, kontollere gelmeme ve kronik hastalık gibi nedenlerle çalışma dışı bırakıldı. Homogreft kullanılan hastalar, az sayıda ve ortalama yaşlarının büyük (11.9±3.60 yıl; minimum 9, maksimum 17.5 yıl) olmaları nedeniyle araştırmaya dahil edilmedi. Redo vakalar ise 2003 yılından sonra tam düzeltme ameliyatı olmuş ve Aralık 2010 tarihinden önce yeniden

opere edilen olgulardan oluşmakta idi. Yedi hastanın 5'i TAP, 2'si ise Contegra kullanılarak tam düzeltme yapılmış ve PVR için yapılan 2. operasyonda homogreft (n=5) ve Contegra (n=2) implante edilmiş vakaları içermekte idi. Bu olgular da çalışma dışı bırakılarak reopere olmamış, çalışma kriterlerine uyan, sadece TAP ya da Contegra kullanılan iki hasta grubunda değerlendirme yapıldı.

FT'li olguların primer tam düzeltme operasyonu sırasında kapaklı kondüit kullanımı kadar olmasa bile, transanüler yamanın da ne zaman kullanılacağına ilişkin fikir birliği yoktur (62). TAP yapılacaklarda pulmoner anülüs çapı dikkate alınmakla birlikte kriterler net değildir. Stewart ve arkadaşları, anülüs z değeri -4 ve üzerinde ise kapak-koruyucu teknik kullanmışlarken, Kirklin ve Barratt-Boyes kritik z değerini -3 olarak kabul etmişler, Uebing ve arkadaşları ise z değeri -2 olduğunda uygun RV sistolik basıncı elde edildiğini bildirmişlerdir (5,14,63). İşlem sonunda ölçülen RV/LV basınç oranının 0.8'in altında olması gerektiği, eğer oran yüksek ise revizyonla transanüler yama yerleştirilmesi gerektiği de bildirilmiştir. Bizim çalışmamızdaki z değerleri; TAP grubunda -2.92 ± 1.21 , Contegra grubunda -3.34 ± 1.49 saptanmış olup fark istatistiksel anlamlı bulunmamıştır ($p: 0.893$). Genelde anülüs hipoplazisi arttıkça kondüit kullanma eğilimimiz artmakla birlikte, pulmoner kapağın yapısı (biküspit, fikse ya da kusp rezeksiyonu gerektiren displastik kapaklar) da tercihte önemlidir. Çalışmamızda, TAP ve Contegra gruplarının ikisinde de pulmoner z değeri ile PY derecesi arasında ilişki bulunmadığı gibi pulmoner z değeri ile son PS (RV-PA gradient) arasında da her iki grup için korelasyon saptanmadı.

Pulmoner yetersizlik, opere FT'li hastalarda sonuçların ve sorunların değerlendirildiği pek çok araştırmada en çok üzerinde durulan konudur. Pulmoner yetersizliğin derecesi ve süresi arttıkça, sağ ventrikülde dilatasyon ve disfonksiyon ortaya çıkmakta; aritmi, ani ölüm, konjestif kalp yetersizliği gibi nedenlerle morbidite ve mortalite artmaktadır (24). Transanüler yama kullanılan hastaların 22 yıllık izlemi sonucunda şiddetli PY insidansı %30

civarında bildirilmiş ve oranın hastaların yaşlarının ilerlemesiyle artacağı belirtilmiştir (4). Çalışmamızda; iki hasta grubunda da postop ilk PY derecesi bakımından fark olmamakla birlikte her iki grupta da zaman içerisinde PY derecesi artış göstermekte idi. TAP grubu ile Contegra kullanılanlar arasında, son PY derecesi açısından TAP grubu aleyhine anlamlı farklılık saptandı (p : 0.040). Ortalama izlem sürelerinin kısa olmasına rağmen (sırasıyla, 43.98 ± 30.2 ay ve 33.70 ± 20.4 ay); iki grup arasında izlem süreleri bakımından istatistiksel anlamlı fark saptanmadığı da düşünüldüğünde, TAP grubunda son PY derecesinin daha fazla olması önemlidir. Nitekim, postop izlem süresi ile PY derecesi arasında, TAP grubunda (r : 0.352, p : 0.024) pozitif korelasyon mevcut iken Contegra grubunda (r : 0.291, p : 0.178) korelasyon saptanmadı. Contegra grubundaki olguların greft büyüklüğü ile ne son PY derecesi ne de ölçülen son RV-PA gradienti arasında anlamlı ilişki bulunmadı.

Tek aşamalı tamirin 4-6 ay arasında yapılması pek çok merkez tarafından kabul görmeye birlikte, özellikle semptomatik olgularda MBT şant ile iki aşamalı tamir halen kullanılmaktadır (2). Yenidoğan döneminde ciddi pulmoner anülüs hipoplazisi, yetersiz pulmoner yatak, ventrikül kavitesinin küçük olması, sol anterior desendan arterin sağ koroner arterden aberran çıktığı hastalar dışında bu uygulama oldukça azalmış olmakla birlikte cerrahi ekibin tecrübesi ve merkezin donanımı gibi faktörler de kimi ülkelerde operasyon yaşını ve tamir tekniğini belirleyebilmektedir (15). Bu şekilde iki aşamalı tamirin olası dezavantajları; RV'nin maruz kaldığı basınç yüklenmesi ile persistan siyanoz ve hipokseminin, uzun dönemde kalp kası hücrelerinde dejenerasyon, interstisyel fibrozis, miyokard disfonksiyonu ve aritmilere yol açmasıdır. Öte yandan iki aşamalı tamirle erken bebeklik döneminde kardiopulmoner bypassın özellikle merkezi sinir sistemi ve diğer sistemler üzerine olan olumsuz etkilerinden kaçınılmış olur (5,64). Pulmoner arter yatağının yeterli olması, ameliyat sonrası erken mortaliteyi belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Anjiyografik ve ekokardiyografik olarak hesaplanan McGoon indeksi ile postoperatif erken mortalite arasında

ilişki bulunduğu uzun dönemden beri bilinmektedir. Çalışmamızda yer alan TAP grubundaki olgular ile Contegra grubundaki olguların McGoon indeksi ortalamaları sırasıyla 1.85 ± 0.18 ve 1.77 ± 0.17 olup iki grup arasında anlamlı fark saptanmadı. Ayrıca her iki grupta da McGoon indeksi ile PY derecesi arasında korelasyon yoktu. TAP grubunda MBT şant oranı %28 (11/41) iken Contegra grubunda bu oran %39 (9/23) idi ve iki grupta da PY derecesi ile MBT şant varlığı arasında korelasyon bulunmadı. Genel olarak tek aşamalı tamir tercihi etmemize rağmen şant oranımızın kısmen yüksek saptanması; çalışma popülasyonumuzda, pulmoner z değerleri ve McGoon indeksleri ile görüldüğü üzere, ağır anülüs ve pulmoner yatak hipoplazisi bulunması ile açıklanabilir. Ayrıca hastalarımızın ortalama operasyon yaşları, TAP grubunda 31.24 ± 20.1 yıl ve Contegra grubunda 40.70 ± 30.4 yıl olup iki grup arasında fark istatistiksel anlamlı olmasa da ($p: 0.147$) kondüit gerekenlerin biraz daha geç opere oldukları ortaya çıkmaktadır. Diğer çalışmalardakine benzer şekilde, bizim çalışmamızda da operasyon yaşı ile PY derecesi arasında korelasyon saptanmadı (65). Olguların operasyon amacıyla farklı merkezlerden ve diğer illerden gönderilmeleri, öncesinde şant gibi palyatif işlem yapılmış olması gibi nedenlerin ortalama operasyon yaşını yükselttiği kanısındayız.

Christensen ve arkadaşlarının RVOT rekonstrüksiyonu için Contegra kullanılan ve ortalama izlem süresi 64 ay olan 85 olguyu (38'i FT), ABO kan grubu uyumlu ve uyumsuz homogreft kullanılan toplam 120 olgu ile karşılaştırdıkları çalışmalarında, Contegra kullanılan olgularda 3 ay sonunda RV-PA ortalama gradienti 14.2 ± 9.5 mmHg (0-50 mmHg) saptanırken homogreft grubunda 12.6 ± 9.8 mmHg (0-49 mmHg) saptanmıştır. Sonraki izlem süresince Contegra grubunda 6 olguda reoperasyon gerekirken, homogreft grubunda 31 olguda reoperasyon gerekmiştir (60). Bizim çalışmamızda postop ilk ölçülen RV-PA gradienti bakımından iki grup arasında fark olmadığı gibi son ölçülen pik RV-PA gradienti; TAP grubunda 15.72 ± 7.7 mmHg iken Contegra grubunda 21.36 ± 8.8 mmHg olup fark istatistiksel anlamlı değildi ($p: 0.291$). Bununla birlikte her iki grupta da zaman içerisinde RV-PA

gradienti artış göstermekte idi. Çalışmamızda, Contegra grubunda postop izlem süresi ile RV-PA gradienti arasında pozitif ilişki saptandı. Öte yandan TAP grubunda, hem McGoon indeksi hem de MBT şant varlığı ile RV-PA gradienti arasında anlamlı ilişki mevcut idi. Ayrıca, çalışmamıza dahil edilmeyen redo vakalardan 2 tanesi literatürde sıkça dile getirilen, Contegra kullanımı sonrası distal anostomoz bölgesinde stenoz gelişen olgu idi.

FT'li hastaların tam düzeltme ameliyatlarından sonra fonksiyonel kapasiteleri çok iyidir. Hastaların büyük çoğunluğu, uzun süreli izlemde egzersiz kısıtlaması yapmadan günlük aktivitelerine devam edebilmektedir. Ciddi PY ya da ventrikül disfonksiyonu gelişmemiş hastaların efor kapasiteleri sağlıklı yaşlılarına yakındır. Operasyon sonrası gelişen bu bozukluklar ilerleyici bir tablo olduğu için, hastaların günlük yaşamına etkileri sonraki dekatlarda ortaya çıkmaktadır (10, 24). Çalışmamızda tüm hastaların fonksiyonel kapasiteleri NYHA Evre 1 olarak saptandı. Bu bulgu, hastalarımızın postop izlem sürelerinin kısa ve yaş ortalamalarının küçük olması nedeni ile tahmin edilebilen bir durumdur.

Geçtiğimiz 20 yıl içerisinde iki boyutlu (2D) ekokardiyografi, doğumsal kalp hastalığı olan çocukların tanı ve izleminde kilit rol oynamıştır (33). MRI ve CT gibi diğer görüntüleme yöntemleri de seçilmiş olgularda ilave ve tamamlayıcı bilgi vermesi açısından oldukça değerlidir. Çocuklardaki ekokardiyografik incelemenin standartlarının belirlenmesi önemli bir sorun olmuştur. Pediatrik EKO uygulamasının standardizasyonuna ilişkin Amerikan Ekokardiyografi Derneği (ASE) tarafından yayınlanan kılavuz ve öneriler bu alanda kilometre taşıdır ve EKO laboratuvarları için referans olmuştur (43,44). Sağ ventrikülün, kompleks geometrik yapısı nedeniyle klasik ekokardiyografik yöntemlerle değerlendirilmesi zordur. Opere olgularda skar dokusu ve göğüs deformitesi nedeniyle iyi görüntü elde edebilmek daha da güçleşmektedir. Lai ve arkadaşları, sağ ventrikül için, 2D ekokardiyografik ölçümleri kardiyak MRI ile elde edilen volümetrik ölçümlerle karşılaştırdıkları çalışmalarında, EKO ile MRI bulgularının iyi korele olmadığını ve 2D ekokardiyografinin RV boyutlarını daha düşük

hesapladığını göstermişlerdir (66). Sağ ventrikül boyut ve yapısını ekokardiyografik değerlendirmede birçok kesitten sabırla ölçüm yapılmalıdır (8,36,40). FT'li hastalarda, tam düzeltme öncesi RVOT obstrüksiyonu nedeniyle RV hipertrofik olup volümü normaldir. Operasyon sonrasında, özellikle PY'nin etkisiyle diastol sonu volüm artarak ilerleyici bir fonksiyon bozukluğu geliştiği bilinmektedir (42,63). Çalışmamızda Contegra ve TAP grubu arasında RV'ye ait 2D ekokardiyografik ölçümler bakımından fark yoktu. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ise RV bazal, RV mid, RVOT proksimal çapları ile RV ön duvar kalınlığı anlamlı artmıştı (Tablo 5). Erişkin hastalarda, kardiyak MRI ile hesaplanan ve vücut yüzey alanına göre indekslenen RV diastol ve sistol sonu volümleri (RVEDVI ve RVESVI) PVR zamanlamasında en önemli kriterler arasındadır (24). Çalışmamızda 2D EKO ile hesaplanan bu iki parametre de kontrollere göre yüksek bulunmuş olup iki hasta grubunda da PY derecesi ile bu indeksler arasında pozitif korelasyon saptanmıştır.

Operate FT'li olgulardaki kronik pulmoner yetersizlik, RV sistolik fonksiyon bozukluğu gelişmesinde önemli bir faktördür. Bununla birlikte operasyon esnasında RVOT'a özellikle parieto-parietal ve parieto-septal kaslara yapılan rezeksiyonlar, konulan yamalar da erken dönemde RV dengesini bozmakta, infundibuler bölge kontrakte olamamakta, sistolik fonksiyonlar etkilenmektedir. Ayrıca cerrahinin daha ileri yaşlarda yapıldığı olgularda, miyokardın yüksek basınca ve hipoksemiye daha uzun süre maruz kalması sonucu gelişen fibrotik değişiklikler, sağ ventrikül fonksiyonlarının bozulmasına katkıda bulunmaktadır (27). Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi (RVFAC), sağ ventrikül alanının diastol sonu (RVEDA) ve sistol sonu (RVESA) değişim yüzdesi olup son kılavuzlarda RV sistolik fonksiyonunun değerlendirilmesi için önerilen 2D ekokardiyografik ölçümdür (40,41,43). Kardiyak MR kullanılarak volümetrik yöntemle ölçülen RVEF ile iyi korele olduğu ve diğer 2D ekokardiyografik yöntemlere üstün olduğu bildirilmektedir (45,67). Kolay uygulanabilir olması ve herhangi bir geometrik uyarılama gerektirmemesi avantaj oluşturmaktadır.

Anavekar ve arkadaşlarının miyokard enfarktüsli 522 olguyu irdelediği çok merkezli prospektif çalışmada, 3 yıllık mortalite; RVFAC ölçümleri <%35, %35-%39, %40-%45 ve >%45 olanlarda sırasıyla %44.4, %29.2, %11.7, ve %10.9 bulunmuş ve RVFAC'nin prognostik önemi olduğu bildirilmiştir (46). Ayrıca pulmoner embolide ve miyokard enfarktüsli hastalarda; kalp yetmezliği, inme ve ani ölümün bağımsız bir prediktörü olduğu belirtilmektedir (41). Bizim çalışmamızda hem RVFAC hem de RVEF değerleri açısından TAP ve Contegra gruplarında, kontrollere göre belirgin azalma saptandı. Ayrıca iki hasta grubunda da PY derecesi ile her iki parametre arasında negatif korelasyon saptandı (Tablo 5 ve Tablo 8).

Triküspitin Anüler Planda Sistolik Hareketi (TAPSE), sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını M-mode ekokardiyografi ile değerlendirmeyi sağlayan oldukça pratik bir yöntem olup özellikle radyonüklid yöntemle hesaplanan RVEF ile çok iyi koreledir. Standart ekokardiyografik incelemenin bir parçası olarak RV sistolik fonksiyonlarını değerlendirmede RVFAC ile birlikte TAPSE önerilmektedir (8,41,68). Erişkinlerde, pulmoner hipertansiyon ve kalp yetmezliğinde, azalmış TAPSE'nin kötü prognozla ilişkili olduğu gösterilmiş ve TAPSE<2 cm olduğunda RVEF'nin <%40 olduğu belirtilmiştir (47,69,70). Koestenberger ve arkadaşları, 2009 yılında yayınladıkları ve 0-18 yaş arası sağlıklı 640 çocukta TAPSE'nin normal değerlerini ve hesaplanan z skorlarını içeren çalışmalarıyla pediatrik yaş grubunda referans oluşturmuşlardır. TAPSE yaşla ve vücut yüzey alanı ile lineer olmayan bir şekilde artış göstermekte, -2 SDS değeri yenidoğanda 0.68 cm iken 18 yaşında 2.05 cm olmaktadır (9). TAPSE'nin kolay ölçülebilir bir parametre olması ve çocuklarda kalp hızının, atrioventriküler anülusun longitudinal hareketi üzerine etkisi olmadığının gösterilmesi pediatrik yaş grubunda TAPSE'nin uygulanabilirliğini arttırmaktadır. Konjenital kalp hastalıklı çocuklarda TAPSE değerlerine ilişkin çok az bilgi vardır. Geçtiğimiz aylarda yine Koestenberger ve arkadaşları, bu kez TAP uygulanarak opere edilmiş FT'li olgularda RV

sistolik fonksiyonlarının, EKO ile TAPSE ölçülerek ve MRI ile RVEF ve RVEDVI hesaplanarak karşılaştırıldığı çalışmalarını yayınladılar (71). FT'li 131 olguda ölçülen TAPSE ve 88 olgudaki MRI bulguları, TAPSE ile RVEF arasında pozitif bir korelasyon varlığını, RVEDVI ile TAPSE arasında ise negatif bir korelasyon varlığını ortaya koymakta idi. TAPSE değeri opere FT'li sütçocukları ve küçük çocuklarda kontrollere göre düşük olmamakla birlikte, düzeltme operasyonundan sonra zaman geçtikçe belirgin olarak azalmakta, cerrahiden 7 yıl sonra -2 SD'nin altına düşmekte idi. Bizim çalışmamızda hem TAP hem de Contegra grubunda, TAPSE ve hesaplanan TAPSE z skoru kontrol grubuna göre daha düşük bulundu. TAPSE, sağlıklı çocuklarda yaş ile kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken Contegra grubunda orta düzeyde korelasyon vardı. TAP grubunda ise anlamlı ilişki yoktu (Şekil 14). TAP grubunda saptanan bu bulgu, Koestenberger ve ark.'nın çalışması ile uyumlu idi. Ayrıca her iki grupta da PY derecesi arttıkça TAPSE z skoru anlamlı şekilde azalmakta idi (Tablo 8).

Sağ ventrikülün konvansiyonel ekokardiyografik yöntemler kullanılarak diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, PW doppler kullanılarak triküspit kapaktan elde edilen erken diyastolik akım hızı (E dalgası), geç diyastolik akım hızı (A dalgası – atrial kontraksiyon), deselerasyon zamanı (DT) ve E/A oranı kullanılmaktadır (43,67). Ayrıca RA boyutları ile VCI kollapsibilitesi ve HV akım paterni de diyastolik fonksiyonların değerlendirilmesinde önemlidir (40,41). Opere FT'li olgulardaki diyastolik fonksiyonlarda bozulma, sistolik fonksiyonlar bozulmadan ve RV dilatasyonu görülmeden önce başlamaktadır. Diyastolik fonksiyonların değerlendirilmesi bu fonksiyonları belirleyen çok sayıda ve kompleks etkenin varlığından ötürü zorluklar göstermektedir. Relaksasyon, pasif kompliyans, atriyumların kasılması, viskoelastik özellikler, ventriküllerin etkileşimi ve perikardın sınırlayıcı etkisi bu faktörlerden bazılarıdır. İspirasyon, E dalgasında, dolayısıyla E/A oranında artışa neden olur. Taşikardi, E dalgasında artışa yol açar, fakat A dalgasında daha fazla bir artışa neden olur ve nihayetinde bu durum, E/A oranında azalmayla sonuçlanır.

PW doppler ile değerlendirilen diyastolik fonksiyonlar ayrıca yaş, artyük ve önyük gibi değişkenlerden etkilenmektedir (41,72). Pulmoner yetersizliği olan opere FT'li olgularda, RV diyastolik disfonksiyonu daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (73,74). Ventrikül doluşunda restriktif fizyoloji yoksa erken diyastolik akım hızında (E) azalma, deselerasyon zamanında (DT) uzama ile birlikte olan bir relaksasyon bozukluğu vardır. Restriksiyon olduğunda ise E dalgası artar ve DT kısalır. Kompliansı azalmış, restriktif bir sağ ventrikülde azalmış bir A dalgası ile birlikte artmış E/A oranı saptanır. Cardosa ve arkadaşları, opere FT'li olgularda E/A oranını düşük, A dalgasını artmış bulmuşlardır (73). Andrea ve arkadaşları ise E ve A akım hızları, E/A oranı ve DZ arasında fark saptamamışlardır (74). Bizim çalışmamızda ise, RV'ye ilişkin PW doppler ile elde edilen değişkenler bakımından, TAP ve Contegra grubu arasında fark saptanmazken kontrol grubuna göre E ve A dalga velositeleri ile E/A oranı azalmış ve DT uzamış bulundu ve diyastolik disfonksiyon gösterilmiş oldu (Tablo 12). Ayrıca, her iki grupta da PY derecesi ile DT arasında anlamlı pozitif korelasyon saptandı. PY derecesi arttıkça E/A oranı iki grupta da azalmakla birlikte TAP grubundaki negatif korelasyon istatistiksel anlamlı değildi ($r: -0.292, p: 0.064$).

Sağ atrium (RA); triküspit kapak kapalı olduğunda sistemik venöz dönüş için bir rezervuar olarak, erken diyastolde triküspit kapak açıldığı zaman pasif bir kondüit görevi yaparak ve geç diyastolde atrial kontraksiyon sırasında aktif bir kondüit rolü üstlenerek sağ ventrikülün dolumuna yardımcı olmaktadır (75). Bugüne kadar çok az çalışmada, RA'nın hastalık süreçlerindeki rolü üzerinde durulmuştur. Primer pulmoner hipertansiyonlu 25 olguda yürütölen bir çalışmada, RA alanının (RAA) mortalite ya da transplantasyonla ilişkili olduğu belirtilmiştir (76). Opere FT'li hastalarda RA dilatasyonu ve performans bozukluğu gösterilmiş ve RA kaynaklı aritmilerin kateter ablasyonu sonrası düzelme bildirilmiştir (77, 78). Çalışmamızda yer alan opere FT'li olgulardaki RAA kontrollere göre anlamlı geniş

bulundu. Hem TAP hem de Contegra grubunda PY derecesi ile RAA arasında pozitif korelasyon vardı.

RA basıncı arttıkça, bu artış VCI'ya yansımakta, VCI'da dilatasyon ve inspiyumla gözlenen kollapsibilitede azalma olmaktadır. Erişkinlerde kollapsibilite indeksi (VCI CI) RA basıncıyla iyi koreledir (79). Solunum ile VCI çapında %50'den fazla azalma RA basıncının <10 mmHg olduğunu göstermektedir (8). İspirasyonla kollabe olmayan dilate bir VCI, sağ atrium basıncında belirgin bir artışın (>15 mmHg) işareti olup diğer faktörlerden bağımsız olarak kötü prognozla ilişkilendirilmiştir (80). Çalışmamızda her iki grupta da kollapsibilite indeksi %50'nin üzerinde bulundu, ancak kontrol grubu dahil edildiğinde anlamlı fark vardı. Düşük veya normal RA basıncı varlığında hepatik ven akım örneğindeki sistolik dalga velositesi (Vs) diastolik dalga velositesinden (Vd) yüksektir. RA basıncı çok arttığında Vs/Vd <1 olur. Hepatik ven sistolik doluş fraksiyonunun [HVSFF: $Vs/(Vs + Vd)$] RA basıncıyla korele olduğu gösterilmiş olup <%55 değeri artmış RA basıncının en sensitif ve spesifik işareti olduğu bildirilmiştir (40). Bizim hasta gruplarımızda HVSFF >%55 saptandı ve kontrol grubu katıldığında fark anlamlı değildi. TAP grubunda PY derecesi ile hem VCI kollapsibilite indeksi hem de HVSFF arasında istatistiksel anlamlı negatif korelasyon mevcuttu. Contegra grubunda ise VCI CI ile PY derecesi arasındaki ilişki anlamlı bulunurken HVSFF ile istatistiksel anlamlı korelasyon yoktu. VCI CI ile HVSFF'nin birbiriyle arasındaki ilişki incelendiğinde TAP grubunda anlamlı korelasyon saptanırken Contegra grubunda anlamlı ilişki bulunmadı.

Triküspit yetersizliği (TY), opere FT'li olguların önemli bir kısmında görülebilmekte ve zamanla ilerleyebilmektedir. En önemli nedenini RV dilatasyonu oluşturmakla birlikte, özellikle daha geç yaşta opere olanlarda uzun süre hipoksi ve yüksek basınca maruziyet, miyokardın yanısıra kapağın da fibrozisine yol açabilmektedir. Çalışmamızdaki her iki hasta grubunda da çoğunlukla hafif derecede TY saptandı ve iki grup arasında TY derecesi

açısından fark yoktu (Tablo 7). TY derecesi ile RAA, VCI CI ve HVSFF arasındaki ilişki irdelendiğinde; yalnızca TAP grubuyla HVSFF arasında anlamlı negatif korelasyon bulundu (Tablo 10).

Doku doppler ekokardiyografi (DDE), son yıllarda geliştirilen, ventrikül geometrisinden ve kısmen volum yükünden bağımsız olarak hem sistolik hem de diastolik fonksiyonların değerlendirilmesini sağlayan ve bu nedenle, konjenital kalp hastalıklı çocuklarda da kullanımı yaygınlaşan noninvazif, kolay uygulanabilir bir görüntüleme tekniğidir. Kan akımının değerlendirildiği konvansiyonel PW doppler incelemenin aksine, DDE ile miyokard hareketlerinin velosite, yön ve zamanlaması değerlendirilir (81). Son yıllarda, DDE ile ventrikül fonksiyonlarının değerlendirildiği çalışmalarda, normal değerler olarak çeşitli sayılardaki kontrol gruplarından elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Robertson ve arkadaşları, 1 gün – 18 yaş arası sağlıklı 634 çocukta pulsed dalga doku doppler ekokardiyografi (PDDDE) kullanılarak LV lateral duvar (mitral anülüs-lateral), İVS ve RV serbest duvar (triküspit anülüs-lateral) bazal segmentlerinden doku doppler velositelerini (E', A', S') ölçmüşler ve z skorları ile birlikte normal değerleri içeren önemli bir referans çalışma yayınlamışlardır. Ayrıca yaş, vücut yüzey alanı ve kalp hızı ile yapılan çoklu regresyon analizi sonucunda; S' ve E' ile yaş arasında kuvvetli korelasyon varken, A' ile kalp hızının en iyi korele olduğunu göstermişlerdir (82). Benzer şekilde, PDDDE ile ölçülen sistolik ve diastolik zaman aralıkları (IVRT, IVCT, ET) ve bu zaman aralıkları kullanılarak hesaplanan Tei indeksi (MPI) için z skorları ile birlikte normal değerleri içeren önemli bir referans çalışma kısa süre önce yayınlanmıştır (83).

Opere FT'li hastaların izlemlerinde; triküspit lateral anülüsünden erken diastolde (E'), atrial kontraksiyonda (A') ve sistolik harekette (S') kaydedilen velositelerde azalma ve ejeksiyon zamanında (ET) kısalma ile birlikte izovolemik relaksasyon zamanı (IVRT) ve izovolemik kontraksiyon zamanında (IVCT) uzama gösterilmiştir (84). Uzamış IVRT ve

azalmış E', RV relaksasyonunda gecikmenin göstergesidir. A' velositesinde azalma, restriktif sağ ventrikül fizyolojisinin işaretidir. IVCT'de uzama, sistolik aktivasyonda gecikmenin belirtisidir. S' velositesinde azalma ise anüler sistolik harekette deselerasyona işaret etmektedir (85). Bizim çalışmamızda da benzer bulgular mevcut idi (Tablo 16). Bunun yanında, bahsedilen tüm değişkenler bakımından, TAP ve Contegra grupları arasında fark yoktu. RV bazalinden konvansiyonel PW doppler ile elde edilen E dalgasının PDDDE ile ölçülen E' dalgasına oranının (E/E'), RV diastolik fonksiyonlarını ve RA basıncını değerlendirmede yeri olduğu bildirilmektedir (40,41). Nageh ve arkadaşları, E/E' >6 olduğunda, invazif olarak ölçülen ortalama RA basıncının %79 duyarlılık ve %73 özgüllük ile >10 mmHg olduğunu göstermişlerdir (86). Çalışmamızdaki hasta ve kontrol gruplarının tümünde E/E' <6 bulunmuş olup gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır.

DDE ile triküspit anülüs lateralinden elde edilen sistolik dalga (S'), RV sistolik fonksiyonunu değerlendirmede oldukça güvenilir ve kolay ölçülebilir bir parametredir. Erişkinlerde 10 cm/sn altındaki velosite RV disfonksiyonu ile ilişkilidir (41,67). Ancak, daha önce belirtildiği gibi, çocuklarda normal değerler yaşla değişmekte ve -2 SD değeri 5 yaşında 4 cm/sn iken 15 yaşında 8 cm/sn olmaktadır (82). Saxena ve arkadaşları, değişen derecede pulmoner hipertansiyonu bulunan 52 olguda RV sistolik fonksiyonlarını değerlendirmek için S' ile birlikte RVFAC ve TAPSE'yi kullanmışlar ve her 3 parametre arasında çok iyi korelasyon olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca anüler sistolik velositenin, pulmoner hipertansiyon derecesine bakılmaksızın, RV sistolik fonksiyonlarını değerlendirmede yararlı bir ölçüm yöntemi olduğunu bildirmişlerdir (87). Bizim çalışmamızda DDE ile elde edilen S', kontrollere göre hem TAP hem de Contegra grubunda düşük bulundu ve iki hasta grubu arasında bu değişken açısından fark yoktu. Ancak TAPSE z skoru ve RFAC ile korelasyon analizi sonucunda, sağlıklı çocuklarda her iki parametre ile S' arasında istatistiksel anlamlı

pozitif korelasyon saptanırken, ne TAP ne de Contegra gruplarında ilişki saptanmadı (Tablo 19).

Konvansiyonel *PW* doppler ile sistolik ve diyastolik zaman aralıkları kullanılarak hesaplanan MPI, global RV fonksiyonları hakkında bilgi veren güvenilir bir indekstir. IVRT ve IVCT toplamının ET'ye bölünmesi ile elde edilen bu indeks; geometrik anormallikler, kalp hızı, kan basıncı, triküspid yetersizliği ve pulmoner hipertansiyondan etkilenmemektedir (88). Harada ve arkadaşları, konvansiyonel doppler kullanılarak hesaplanan MPI ile doku doppler kullanılarak hesaplanan MPI' arasında iyi bir korelasyon elde etmişlerdir (89). Ancak, konvansiyonel *pulsed wave* doppler metodu ile RV MPI hesaplarırken ejeksiyon süresi ile izovolemik intervaller aynı kardiyak siklusta ölçülememektedir. *Pulsed wave* doku dopplerde ise sistolik ve diastolik zaman intervalleri aynı anda kaydedilmekte ve MPI' hesaplaması tek bir kardiyak siklustan yapılabilmektedir. Böylece kalp hızının değişken olduğu durumlarda bile, DDE ile güvenilir bir şekilde MPI' hesaplanabilmektedir. Sağ ventrikül disfonksiyonu olan hastalıklarda RV MPI artmaktadır. Abd El Rahman ve arkadaşları opere FT'li 52 olguda, konvansiyonel *PW* doppler kullanarak MPI ile RV fonksiyonlarını değerlendirmiş ve hastaların %76.5'inde MPI'yı düşük bulmuşlardır. Kompliansı iyi olmayan bir RV'nin IVRT'yi kısaltabileceğini ve bunun sonucunda paradoksik olarak MPI'nın düşük hesaplanabileceğini öne sürmüşlerdir (90). Yasuoka ve arkadaşları ise opere FT'li ve önemli PY'si bulunan 15 olguda RV MPI'yı, hem *PW* Doppler hem de PDDD ile hesaplayarak karşılaştırmışlardır. *PW* doppler ile hesaplanan MPI açısından hasta grubu ile kontrol grubu arasında fark saptanmazken, PDDD ile hesaplanan MPI', hasta grubunda kontrollere göre istatistiksel anlamlı yüksek bulunmuştur. Önemli PY olmasının, RV ET'yi uzatarak, *PW* doppler yöntemi ile hesaplanan MPI'nın daha düşük ölçülmesine ve yalancı normal bir değer elde edilmesine neden olduğunu bildirmişlerdir. PDDD ile opere FT'li hastalarda; IVRT ve IVCT'yi daha uzun, ET'yi daha kısa ölçmüşler ve sonuçta MPI'yı daha yüksek bulmuşlardır.

Bu şekilde; PY varlığında, PW doppler ile elde edilen MPI'nın RV fonksiyonlarını ölçmede hassas olmadığını, PDDD yöntemi ile elde edilen MPI'nın daha güvenilir olduğunu göstermişlerdir (85). Ülkemizden Çetin ve arkadaşlarının opere FT'li 25 çocuğu (13.1±2.8 yaş) inceledikleri çalışmalarında, hasta grubundan hesaplanan MPI' kontrollere göre yüksek bulunmuş ve PY derecesi ile MPI' arasında anlamlı pozitif korelasyon saptanmıştır (91). Bizim çalışmamızda; hem PW doppler hem de PDDD ile hesaplanan MPI, hasta gruplarında kontrollere göre anlamlı yüksek saptandı ve bu ölçümler açısından TAP ve Contegra grupları arasında fark bulunmadı (Tablo 16). PY derecesi ile korelasyon irdelendiğinde, iki grupta da hem konvansiyonel yöntem hem de DDE ile hesaplanan MPI ile PY derecesi arasında anlamlı pozitif korelasyon saptandı (Tablo 17). PW doku doppler ile MPI; Fontan operasyonlu single ventrikül ve opere büyük arter transpozisyonu gibi diğer konjenital kardiyopatilerde de çalışılmış ve ventrikül fonksiyonlarını değerlendirmede önemi vurgulanmıştır (92,93).

Schwerzmann ve arkadaşları, opere FT'li 57 olguyu inceledikleri çalışmalarında, MRI kullanılarak hesaplanan RVEF ile DDE kullanılarak hesaplanan MPI' arasında negatif bir lineer korelasyon olduğunu göstermişler; MPI'nın, opere FT'li olgularda, RV sistolik fonksiyonlarını değerlendirmek için pratik ve güvenilir bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. (88). Cheung ve arkadaşları ise opere FT'li 30 çocuktan (15.6±3.1 yaş) DDE ile elde ettikleri RV MPI'yı, kardiyak MRI ile hesaplanan RVEF ve pulmoner yetersizlik fraksiyonu ile karşılaştırmışlar ve RV MPI ile her iki parametre arasında negatif korelasyon saptamışlardır (94). Çok kısa süre önce Schuurin ve arkadaşları, konjenital kalp hastalığı nedeniyle opere edilen erişkin olgularda preop ve postop RV fonksiyonlarını değerlendirmiş ve operasyon sonrasında TAPSE ve sistolik velositenin (S') düşük olduğunu ve MPI'nın artmış olduğunu bildirmişlerdir. Ancak değişkenler arasında korelasyon analizi yapmamışlardır (95). Haddad ve arkadaşları, mitral ve aort kapak cerrahisi uygulanan erişkin hastaları inceledikleri çalışmalarında, RVFAC ve RV MPI'nın postoperatif morbidite ve mortalite üzerine

prognostik önemi olduğunu belirtmişlerdir (96). Bizim çalışmamızda, hem TAP hem de Contegra gruplarında, MPI'nın TAPSE z skoru ve S' değişkenlerinin ikisiyle de arasında anlamlı negatif korelasyon vardı. Ayrıca her iki hasta grubunda da RVFAC arttıkça MPI anlamlı şekilde azalmakta idi (Tablo 18-20). Her iki hasta grubumuzda hesaplanan MPI'nın, kontrollere göre daha yüksek olmasına rağmen, hastaların asemptomatik ve fonksiyonel kapasitelerinin iyi olması, ventrikül disfonksiyonunu subklinik dönemde tanınması açısından MPI'nın önemini ortaya koymaktadır.

İzovolemik akselerasyon (IVA), DDE ile hesaplanan yeni bir indeks olup önyük ve artyükten etkilenmemesi nedeniyle global RV sistolik fonksiyonunu göstermede ümit vermektedir (41,97-99). İzovolemik kontraksiyon sırasında zirve hızın (IVV), zirve hıza ulaşma zamanına (AT) bölünmesiyle elde edilen bu indeksin, MRI ile ölçülen RVEF ile iyi korele olduğu gösterilmiştir (40,100). Obstrüktif uyku apnesi, mitral stenoz, PY'nin eşlik ettiği opere FT ve atrial switch operasyonlu büyük arter transpozisyonu gibi RV fonksiyonlarını etkileyen durumlarda, hastalığın şiddetiyle IVA'nın korelasyon gösterdiği bildirilmektedir (55,56,101,102). Duan ve arkadaşları, Kawasaki (n=9), ASD (n=8) ve pulmoner stenoz (n=5) tanılı toplam 22 çocuğu inceledikleri çalışmalarında; VCI'yı balon kateter ile geçici süre oklüde ederek akut önyük azalmasının etkilerini DDE ile değerlendirmişlerdir. Her 3 hasta grubunda da E', A' ve S' velositelerinde belirgin azalma izlenirken, IVV ve IVA'nın değişmediğini göstermişler; IVA'nın, RV geometrisine göre uyarılama gerektirmemesi, RV hacim hesabı gerektirmemesi, önyükten bağımsız olması ve kolay ölçülebilir olması nedeniyle doğumsal kalp hastalıkları gibi RV'de basınç/volüm yükü oluşturabilen hastalıklarda avantaj sağlayan bir indeks olduğunu bildirmişlerdir (99). Pauliks ve arkadaşları ise ASD tanılı 39 çocukta 'kateter yoluyla cihaz kullanarak kapama' işlemi öncesi ve sonrası, diğer miyokardiyal velositelerin aksine, IVA'nın değişmediğini ve volüm yükünden bağımsız olduğunu bildirmişlerdir (103).

Toyona ve arkadaşları, FT operasyonu olmuş ve PY'si bulunan 22 çocukta (8 ± 3 yaş) kontrollere göre IVA'yı anlamlı düşük bulmuşlar ve PY derecesi ile IVA arasında negatif korelasyon saptamışlardır (101). Frigiola ve arkadaşları ise opere FT'li 124 olguda (21 ± 11.4 yaş) IVA'yı kontrollere göre düşük bulmuşlar ve PY derecesi arttıkça IVA'nın azaldığını göstermişler; kapak replasmanı için erken dönem hastaların seçiminde, duyarlı bir indeks olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca RV'den hesaplanan IVA ile RV S' arasında korelasyon yok iken LV'den hesaplanan IVA ile LV S' arasında anlamlı ilişki saptamışlardır (65). Bizim çalışmamızda da IVA; hem TAP hem de Contegra grubunda, kontrol grubuna göre düşüktü ve PY derecesi ile negatif korelasyon göstermekte idi. Her iki grupta da hem TAPSE hem de MPI ile IVA arasında anlamlı ilişki saptandı. IVA ile S' arasında ise TAP grubunda korelasyon bulunurken, Contegra grubunda ilişki yoktu.

Ventriküllerin karşılıklı etkileşimi ya da birbirine bağımlılığı; direkt mekanik yol ile bir ventrikülün büyüklük, şekil ve kompliansının diğer ventrikülün büyüklük, şekil ve basınç-volüm ilişkisini etkilemesi olarak tanımlanmaktadır (67). Perikard ve ortak septum nedeniyle RV çap ve fonksiyonlarındaki değişiklikler LV diyastolik performansını ve sonunda sistolik fonksiyonlarını etkilemektedir. Opere FT'li olgularda, özellikle uzun dönemde sol ventrikül fonksiyonlarının bozulduğu bilinmektedir. Sol ventrikül global fonksiyon bozukluğunun temelinde; operasyon öncesi dönemde, hipoksemiye maruz kalma, artmış basınç yükü, miyokardiyal fibrozis gibi nedenler ileri sürülürken, postoperatif dönemde, RV'deki volüm yüküne bağlı olarak özellikle PY'li hastalarda IVS'nin LV'ye doğru bombeleşmesi ve sol ventrikül diyastolik doluşunu bozması suçlanmaktadır (29,104,105). Opere FT'li erişkinlerde, PVR adaylarını belirlemede, RV'ye ait ölçümlerin yanında LVEDVI de dikkate alınmaktadır (24). Çalışmamızdaki hasta grupları ile kontrol grubu arasında, konvansiyonel ekokardiyografik yöntemle değerlendirilen LVEF, LVEDD, LVEDA, LVEDVI, LAA değişkenleri açısından fark saptanmazken; hem TAP hem de Contegra grubunda, aort çapı ve

interventriküler septum diastol sonu çapı, kontrollere göre artmış bulundu. Bhat ve arkadaşları, geniş serili retrospektif çalışmalarında, FT'li olgularda kontrollere göre aort kökünü daha geniş bulmuş ve palyatif şant yapılarak daha geç opere olanlarda bu genişliğin erişkin döneme kadar sürdüğünü, 1 yaş öncesi düzeltme operasyonu olanlarda ise bu dilatasyonun 7 yaş civarı normale döndüğünü bildirmişlerdir (106). IVS'deki kalınlık artışı da operasyon yaşı geciktikçe daha uzun sürede normale dönmektedir. Dolayısıyla, hasta grubumuzdaki bu ölçümler, beklenen bulgulardır (Tablo 4). FT'li olgularda LV diyastolik fonksiyonlarının konvansiyonel yöntemlerle irdelendiği çalışmalarda farklı sonuçlar bildirilmiş ve bu yöntemlerin duyarlılığı sorgulanmıştır (28,65,90). Çalışmamızda, standart PW doppler ile elde edilen LV diyastolik fonksiyonlarına ilişkin ölçümler açısından gruplar arasında fark saptanmamış olup bu yöntemle hesaplanan LV MPI bakımından da fark bulunmamıştır (Tablo 12).

Opere FT'li olgularda, daha duyarlı ve özgül bir yöntem olan DDE ile sol ventrikül disfonksiyonun daha erken ve subklinik dönemde saptanabildiği bildirilmektedir (65,74,91). Çalışmamızda mitral lateral anülustan elde edilen DDE ölçümleri sonucunda, IVCT ve MPI' artmış saptanırken IVA azalmış bulundu. IVS'den elde edilen bulgular ise tahmin edildiği gibi, triküspit lateral anülustan ölçülen değerler ile benzerlik göstermekte idi (Tablo 13 ve Tablo 15). Çetin ve arkadaşlarının çalışmalarında, FT'li olguların LV IVA değeri düşük, IVCT değeri ise artmış bulunmuş, ancak MPI' açısından kontrollere göre fark saptanmamıştır (91). Frigiola ve arkadaşlarının çalışmasında ise, LV IVA ile A' azalmış bulunmuştur. Bunun yanında, LV IVA ile PY derecesi arasında anlamlı negatif korelasyon bildirilmiş ve LV IVA'nın RV IVA ile de korele olduğu gösterilmiştir (65). Bizim çalışmamızda da her iki hasta grubu için PY derecesi ile IVA arasında negatif korelasyon saptandı. Öte yandan, TAP grubunda, PY derecesi arttıkça MPI' de anlamlı artış gösterirken, Contegra grubundaki artış istatistiksel anlamlı değildi (Tablo 14). Çalışmamızda her üç bazal segmentten elde edilen

IVA değerleri arasında anlamlı pozitif korelasyon da gösterildi. Bu bulgular, opere FT’li olgularda LV fonksiyonlarını değerlendirirken, DDE ile özellikle IVA’nın hesaplanmasının önemli olduğu görüşünü desteklemektedir.

Sonuç olarak bu çalışma ile FT’li hastaların tam düzeltme operasyonu sonrası erken-orta dönemde ventrikül fonksiyonlarının değerlendirmesinde, MPI ve özellikle IVA gibi doku doppler ekokardiyografik ölçümlerin ve TAPSE gibi pratik yöntemlerin faydalı olduğu gösterildi. Contegra kullanılan hastalarda PY derecesi ve sıklığının transanüler yama uygulananlara göre daha düşük olması, erken dönemde reoperasyon gereksiniminin de çok seyrek olduğu dikkate alındığında, avantaj gibi gözükse de; çalışmamızın genelinde iki grup arasında ventrikül fonksiyonları açısından belirgin farklılıklar saptanmaması önemlidir. Sonuçlarımız değerlendirilirken, ortalama operasyon yaşının geç ve izlem sürelerinin kısa olduğu gznde bulundurulmalıdır. Uzun süre dayanıklı, büyüme potansiyeli olan ve düşük maliyetli ideal bir kondüit henüz geliştirilemediğinden, zorunlu kalmadıa kapaklı kondüit kullanmamak ve gereğinden geniş transanüler yamadan kaçınarak pulmoner kapak yapısının korunmasına ve rezidüel patolojinin kalmamasına zen göstermek gereklidir. FT’li bir hastada, sağ ventrikül üzerindeki hemodinamik yk ile yaşam boyu gereken cerrahi müdahale sayısını en aza indirmek arasındaki denge çok iyi gözetilmelidir. Bu bağlamda, girişimsel kardiyak kateterizasyonla perkütan pulmoner kapak replasmanı gibi yöntemler mit vericidir.

6. SONUÇLAR

1. Çalışma grubunda yer alan toplam 64 olgunun 41'ini transanüler yama (TAP) kullanılan grup, 23'ünü ise kapaklı kondüit (Contegra®) kullanılan grup oluşturmaktaydı.
2. Kontrol grubunun yaş ortalaması 6.11 ± 3.46 yıl, TAP ve Contegra gruplarının ise sırasıyla 6.26 ± 3.35 yıl ve 6.19 ± 3.81 yıl idi. İki hasta grubu arasında cinsiyet ve yaş açısından istatistiksel anlamlı fark saptanmadı.
3. TAP grubundakilerin ortalama operasyon yaşı 31.24 ± 20.1 ay iken Contegra grubundakilerin 40.70 ± 30.4 ay idi. Post-op izlem süreleri TAP grubunda 43.98 ± 30.2 ay, Contegra grubunda ise 33.70 ± 20.4 ay idi. İki grup arasında operasyon yaşı ve izlem süresi değişkenleri açısından fark yoktu (sırasıyla $p: 0.147$ ve $p: 0.112$).
4. Tüm hastaların fonksiyonel kapasitesi, NYHA sınıflamasına göre 'Evre 1' bulundu.
5. Hasta grupları arasında operasyon ağırlığı, preop hesaplanan pulmoner z değeri ve McGoon indeksi, MBT şant varlığı, postop RV-PA arası gradient (ilk PS) ve ilk PY dereceleri açısından istatistiksel anlamlı fark saptanmadı.
6. M-mode ve iki boyutlu ekokardiyografi kullanılarak yapılan değerlendirmede interventriküler septum diastol sonu çapı açısından 3 grup arasında fark anlamlı bulunurken (ANOVA ile $p < 0.001$), TAP ve Contegra grubu arasındaki fark anlamlı değildi (independent t test ile $p: 0.090$). Aortik anülüs çapında da gruplar arası farklılık mevcut idi ($p < 0.001$). Bu değişken açısından da TAP ve Contegra grubu arasında fark bulunmadı ($p: 0.182$). Sol atrium alanı ve sol ventriküle ilişkin çap, alan, volüm ve EF sonuçlarına bakıldığında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı.

7. Sağ ventriküle ait incelemede; RV uzunlamasına çapı (p : 0.054) ve RVOT distal çapı (p : 0.052) dışındaki tüm çap, alan ve hacim ölçümleri, hasta gruplarında anlamlı yüksek tespit edildi. Sağ atrium alanı için tüm gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı fark mevcut idi (p : 0.001). RVEF ve RVFAC açısından bakıldığında ise, hasta gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı azalma saptandı. TAP ve Contegra grupları arasında, tüm değişkenler için yapılan karşılaştırmaların sonucunda anlamlı fark bulunmadı.
8. TAPSE, transanüler yama uygulananlarda 16.12 ± 1.39 mm ve Contegra kullanılanlarda 16.16 ± 1.17 mm saptandı (p : 0.591). TAPSE z skoru; TAP grubunda -1.97 ± 1.36 , Contegra grubunda ise -2.07 ± 0.88 bulundu (p : 0.728). Kontrol grubunda TAPSE 18.29 ± 2.75 mm ve TAPSE z skoru -0.39 ± 1.13 ölçüldü. Her bir değişken açısından 3 grup karşılaştırıldığında istatistiksel anlamlı farklılık saptandı.
9. TAPSE, sağlıklı çocuklarda yaş ile kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken Contegra grubunda orta düzeyde korelasyon vardı. TAP grubunda ise anlamlı ilişki yoktu.
10. TAP ve Contegra gruplarında RV-PA arası gradient (son PS) sırasıyla 15.72 ± 7.7 mmHg ve 21.36 ± 8.8 mmHg saptandı ve fark istatistiksel anlamlı değildi (p : 0.29).
11. TAP'lı olguların %63.4'ünde 1. derece TY izlenirken Contegra kullanılanlarda bu oran %69.6 idi.
12. Pulmoner yetersizlik derecesi (son PY) TAP grubunda daha fazla idi (p : 0.040).
13. Her iki grupta da PY derecesi ile operasyon yaşı arasında ilişki saptanmadı. Postop izlem süresi ile PY derecesi arasında TAP grubunda (r : 0.352, p : 0.024) anlamlı pozitif korelasyon mevcut iken Contegra grubunda (r : 0.291, p : 0.178) istatistiksel anlamlı ilişki bulunmadı.

14. Postop izlem süresi ile PS değişkenleri arasındaki ilişki açısından TAP grubunda korelasyon saptanmazken ($r: 0.017$, $p: 0.914$), Contegra grubunda pozitif bir ilişki vardı ($r: 0.425$, $p: 0.043$).
15. Postop ilk PY derecesi ile son PY dereceleri açısından her iki grup için de istatistiksel anlamlı farklılık vardı (sırasıyla $p: 0.005$ ve $p: 0.041$). Hem TAP ($p<0.001$) hem de Contegra ($p<0.001$) grubunda pulmoner stenoz derecesi açısından zaman içinde anlamlı artış mevcuttu.
16. Contegra kullanılan hastalarda, kullanılan greft büyüklüğü ile PY derecesi arasındaki ilişki incelendiğinde anlamlı korelasyon saptanmadı. Greft çapının pulmoner stenoz ile arasında da ilişki bulunmadı.
17. Her iki grupta da PY derecesi; RA alanı ve RVEDVI ile pozitif korele iken RVFAC, RVEF ve TAPSE z skoru ile negatif korele idi. Sol atrium ve sol ventriküle ilişkin değişkenler ile PY derecesi arasında ilişki saptanmadı.
18. TAP ve Contegra grubundaki olgular VCI çapı ile hepatik vene ait sistolik (HVs) ve diastolik (HVd) akım örnekleri ve elde edilen indeksler açısından karşılaştırıldığında hiçbir değişken için anlamlı fark saptanmadı. Kontrol grubu dahil edildiğinde ise HVSFF ($p: 0.051$) dışındaki tüm değişkenler için fark istatistiksel anlamlı idi.
19. Doppler ekokardiyografik değerlendirmede mitral akım parametreleri ve hesaplanan LV MPI açısından gruplar arasında istatistiksel farklılık saptanmadı. Triküspit akımın incelenmesi sonucunda TAP ve Contegra grubu arasında hiçbir değişken için anlamlı fark bulunmazken kontrol grubuyla yapılan 3'lü analizde her iki hasta grubunda da E, E/A azalmış iken A, DT ve RV MPI artmış idi.

20. Mitral anülüs lateralinden gerçekleştirilen doku doppler ekokardiyografik incelemede hiçbir değişken açısından TAP ve Contegra grubu arasında farklılık saptanmadı. Kontrol grubu dahil edildiğinde yapılan karşılaştırmada hasta gruplarında; IVCT, MPI' ve AT anlamlı yüksek, IVA ise anlamlı düşük bulundu.
21. PY derecesi ile LV'ye ait DDE bulguları karşılaştırıldığında; TAP grubunda mitral E/E' ve IVA ile negatif korelasyon varken E/A' ve MPI' ile pozitif korelasyon vardı. Contegra grubunda PY derecesi arttıkça, IVA ve ET azalmakta iken E/A' artmakta idi.
22. Opere FT'li olgularda septal S', ET, IVV ve IVA azalmış iken IVRT, IVCT ve MPI' artmış saptandı.
23. Septal DDE bulgularının PY derecesi ile ilişkisinin incelenmesi sonucunda; Contegra grubunda MPI' ile negatif korelasyon saptanırken ET ve ile negatif korelasyon bulundu. TAP'lılarda ise MPI' ile pozitif, IVA ile negatif korelasyon varken ET ile PY ilişkisi istatistiksel anlamlı değildi.
24. Triküspit lateralinden gerçekleştirilen DDE incelemesinde; TAP ve Contegra grubunda, IVV dışındaki değişkenler açısından istatistiksel anlamlı fark yoktu. Kontrol grubu ile birlikte yapılan analizde, opere FT'li olgularda saptanan S', E', A', ET, IVV ve IVA'daki azalma ile IVRT, IVCT, MPI' ve AT'daki artış anlamlı bulundu.
25. Triküspit akımına ait standart doppler ekokardiyografi ve lateral anülüsüne ait DDE bulguları ile PY derecesi arasındaki ilişki incelendiğinde; TAP ve Contegra grubunun her ikisinde de DT, RV MPI ve MPI' ile anlamlı pozitif korelasyon saptanırken ET ve IVA ile negatif korelasyon saptandı. Contegra grubunda E/A ile anlamlı negatif ilişki varken, TAP'lı olgularda S' ile istatistiksel anlamlı negatif ilişki mevcut idi.

26. Sağlıklı çocuklarda TAPSE z skoru ile RV sistolik fonksiyonlarını gösteren diğer değişkenler (IVV, S', MPI', IVA, IVCT, RVFAC) arasında istatistiksel anlamlı korelasyon mevcut idi. Hem TAP hem de Contegra grubunda S' ve IVV değişkenleri açısından bu korelasyon bozulmuş izlendi.
27. Sağ ventrikülden DDE ile elde edilen sistolik maksimum velosite (S') ile RV fonksiyonlarını değerlendirmede kullanılan diğer değişkenlerin ilişkisi karşılaştırıldığında sağlıklı çocukların aksine, iki grupta da RVFAC ve TAPSE z skoru ile istatistiksel anlamlı korelasyon yoktu. Contegra grubunda yalnızca IVV ile pozitif ilişki saptanırken TAP grubunda RVEF ile de korelasyon vardı.
28. Triküspit MPI' ile RV fonksiyonlarını gösteren diğer değişkenlerin ilişkisi araştırıldığında her 3 grupta da IVA ile istatistiksel anlamlı negatif korelasyon saptandı.
29. Triküspit MPI' değişkeni her 3 grupta da hem mitral MPI' hem de septal MPI' ile anlamlı pozitif ilişkili bulundu.
30. Triküspit IVA değişkeni kontrollere göre Contegra grubunda ve TAP'lı olgularda giderek azalmakta idi. Kontrol grubunda Triküspit IVA ile mitral IVA ve septal IVA değişkenleri arasında anlamlı korelasyon yok iken her iki hasta grubunda da 3 değişken arasında istatistiksel anlamlı ilişki mevcut idi.

7. ÖZET

Sağ Ventrikül Çıkış Yolu Rekonstrüksiyonu Uygulanan Fallot Tetralojili Olgularda Ventrikül Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi

Amaç: Fallot tetralojisi (FT) tam onarımı için transannüler yama (TAP) kullanılan olgular ile kapaklı kondüit olarak heterogreft (Contegra®) kullanılan olguların ventrikül fonksiyonlarının yeni ekokardiyografik parametreler kullanılarak karşılaştırılması ve pulmoner yetersizlik derecesi ile ventrikül fonksiyonları arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya, aynı merkezde opere olmuş ve izlemde olan, ameliyatın üzerinden en az 6 ay geçmiş 1-18 yaş arası çocuklar dahil edildi. Pulmoner kapak yokluğu, pulmoner atrezili FT, komplet AVSD ile birlikte FT tanılı hastalar ve redo vakalar çalışma dışı bırakıldı. TAP uygulanan 41 olgu ve Contegra kullanılan 23 olgu ile sağlıklı 40 çocukta, konvansiyonel ekokardiyografinin yanında pulsed dalga doku doppler ekokardiyografik yöntem kullanıldı.

Bulgular: TAP (6.26±3.35 yıl), Contegra (6.19±3.81 yıl) ve kontrol (6.11±3.46 yıl) grupları arasında yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksi açısından farklılık yoktu ($p>0.05$). TAP grubundakilerin ortalama operasyon yaşı 31.24±20.1 ay iken, Contegra grubundakilerin 40.70±30.4 ay idi ($p>0.05$). Postoperatif izlem süreleri TAP grubunda 43.98±30.2 ay, Contegra grubunda ise 33.70±20.4 ay idi ($p>0.05$). Her iki grupta da RVFAC ve RVEF düşük, RVEDVI artmış saptandı ve iki grup arasında bu değişkenler bakımından fark yoktu. TAPSE z skoru TAP grubunda -1.97±1.36, Contegra grubunda ise -2.07±0.88 bulundu (p : 0.728). Kontrol grubunda ise TAPSE z skoru -0.39±1.13 ölçüldü ve 3 grup arasında fark anlamlı idi ($p<0.001$). TAP ve Contegra gruplarında RV-PA arası gradient açısından fark istatistiksel anlamlı değildi (sırasıyla 15.72±7.7 mmHg ve 21.36±8.8 mmHg; p : 0.29). PY derecesi ve sıklığı TAP grubunda daha fazla bulundu (p : 0.040). Her iki grupta da PY derecesi

ile RA alanı ve RVEDVI arasında pozitif korelasyon varken; RVFAC, RVEF ve TAPSE z skoru ile negatif korelasyon vardı. Standart doppler ekokardiyografi ile LV'ye ait değişkenler (E, A, E/A, DT, MPI) açısından 3 grup arasında fark yoktu. DDE ile her iki hasta grubunda da IVA düşük, MPI' ve IVCT artmış bulundu. Her iki grupta, PY derecesi ile LV'den ölçülen IVA arasında negatif korelasyon varken MPI' ile PY derecesi arasındaki ilişki sadece TAP uygulananlarda anlamlı idi. Triküspit lateralinden gerçekleştirilen DDE incelemesinde; TAP ve Contegra grubunda, IVV ($p: 0.009$) dışındaki değişkenler açısından istatistiksel anlamlı fark yoktu ($p>0.05$). Kontrol grubu ile birlikte yapılan analizde, opere FT'li olgularda saptanan S', E', A', ET, IVV ve IVA'daki azalma ile IVRT, IVCT ve MPI'daki artış istatistiksel anlamlı bulundu. Her iki hasta grubunda da PY derecesi ile IVA ve MPI' arasında anlamlı ilişki saptandı. Ayrıca TAPSE z skoru ile RV IVA ve MPI' arasında anlamlı korelasyon vardı.

Sonuç: FT'li hastaların ventrikül fonksiyonlarının değerlendirmesinde TAPSE, MPI' ve IVA oldukça yararlı ölçümlerdir. Contegra kullanılan hastalarda PY derecesi ve sıklığı, transanüler yama uygulananlara göre daha düşük olsa da izlem süremiz kısa olup iki grup arasında ventrikül fonksiyonları açısından belirgin farklılık saptanmamıştır. FT'li olgularda, RV üzerindeki hemodinamik yük ile yaşam boyu gereken cerrahi müdahale sayısını en aza indirmek arasındaki denge çok iyi gözetilmelidir.

Anahtar kelimeler: Contegra, doku doppler ekokardiyografi, Fallot tetralojisi, TAPSE, transanüler yama

8. ABSTRACT

Assessment of Ventricular Function after Right Ventricular Outflow Tract Reconstruction in Patients with Tetralogy of Fallot

Objective: To evaluate ventricular function of patients with Tetralogy of Fallot (TOF) who were undergone complete repair with transannular patch (TAP) or Contegra® as a valved conduit by using new echocardiographic methods and to determine the effect of pulmonary regurgitation (PR) on ventricular function.

Methods: Children with varying age between 1 and 18 years who were operated for TOF at a single center at least six months ago were enrolled for the study. Patients diagnosed as absent pulmonary valve, TOF with pulmonary atresia, TOF with complete AVSD and ones with history of reoperation were excluded. Conventional and tissue doppler echocardiography were used to evaluate healthy subjects (n=40), patients with TAP (n=41) and Contegra (n=23).

Results: There was no difference between TAP (6.26±3.35 years), Contegra (6.19±3.81 years) and control (6.11±3.46 years) groups with respect to age, gender and body mass index. Mean age at operation was 31.24±20.1 months in TAP group, and 40.70±30.4 months in Contegra group ($p>0.05$). Postoperative follow-up periods were 43.98±30.2 months and 33.70±20.4 months, respectively ($p>0.05$). RVFAC and RVEF were decreased and RVEDVI was increased in both groups. TAPSE z score was calculated -1.97±1.36 in patients with TAP, and -2.07±0.88 in patients with Contegra ($p: 0.728$). Controls had a mean TAPSE z score of 0.39±1.13 and difference between 3 groups was significant ($p<0.001$). There was no significant difference between TAP and Contegra groups by means of RV-PA gradient (respectively, 15.72±7.7 mmHg and 21.36±8.8 mmHg; $p: 0.29$). Degree of PR was higher in patients with TAP ($p: 0.040$). In both groups, while there was a positive correlation between degree of PR and RA area and RVEDVI; degree of PR was negatively correlated with

RVFAC, RVEF and TAPSE z scores. There was no difference between 3 groups by means of variables regarding LV (E, A, E/A, DT, MPI). On evaluation with pulsed wave tissue doppler echocardiography of mitral lateral annulus IVA was decreased, MPI' and IVCT were increased in both groups. There was a negative correlation between degree of PR and IVA in both groups, while relation between MPI' and PR was significant only in patients with TAP. On evaluation with tissue doppler echocardiography of tricuspid lateral annulus, the only difference between TAP and Contegra groups was in IVV (p : 0.009). When controls were included, decrease of S', E', A', ET, IVV, IVA and increase of IVRT, IVCT, MPI' were significant. Both of patient groups had a positive correlation between degree of PR and MPI', and a negative correlation between degree of PR and IVA. Furthermore, there were significant correlations between both RV IVA and MPI' and TAPSE z scores.

Conclusion: TAPSE, MPI' and IVA are useful measurements for assessment of ventricular function in patients with TOF. Although degree of PR is lower in patients with Contegra, follow-up period in our study is short and generally, there is not overt difference in ventricular function. A balance must be achieved between limiting the haemodynamic burden on the right ventricle, and minimizing the life-time number of surgical interventions required for a given patient.

Key words: Contegra, tissue doppler echocardiography, Tetralogy of Fallot, TAPSE, transannular patch

8. KAYNAKLAR

1. Moss Siwik ES, Erenberg F, Zakha KG, Goldmuntz E. Tetralogy of Fallot. In Allen HD, Gutgesell HP, Clark EB, Driscoll DJ, Shaddy RE, Feltes TF (eds). Moss and Adams' Heart Disease in Infants, Children and Adolescents. 7th Ed, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008:888-910.
2. Bailliard F, Anderson RH. Tetralogy of Fallot. *Orphanet J Rare Dis* 2009;4:1-10.
3. Jonas RA. Early primary repair of tetralogy of Fallot. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2009;12:39-47.
4. Borowski A, Ghodsizad A, Litmathe J, Lawrenz W, Schmidt KG, Gams E. Severe Pulmonary Regurgitation Late after Total Repair of Tetralogy of Fallot: Surgical Considerations. *Pediatr Cardiol* 2004;25:466-71.
5. Stewart RD, Backer CL, Young L, Mavroudis C. Tetralogy of Fallot: Results of a pulmonary valve-sparing strategy. *Ann Thorac Surg* 2005;80:1431-9.
6. Brown JW, Ruzmetov M, Rodefeld MD, Vijay P, Darragh RK. Valved bovine jugular vein conduits for right ventricular outflow tract reconstruction in children: an attractive alternative to pulmonary homograft. *Ann Thorac Surg* 2006;82:909-16.
7. Niclauss L, Delay D, Hurni M, von Segesser LK. Experience and intermediate-term results using the Contegra heterograft for right ventricular outflow reconstruction in adults. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2009;9:667-71.
8. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. 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.
9. Koestenberger M, Ravekes W, Everett AD, et al. Right ventricular function in infants, children and adolescents: reference values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 640 healthy patients and calculation of z score values. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:715-9.
10. Apitz C, Anderson RH, Redington AN. Tetralogy of Fallot with Pulmonary Stenosis. In Anderson RH, Baker EJ, Penny D, Redington AN, Rigby ML, Wernovsky G (eds). *Pediatric Cardiology*. 3rd Ed, Philadelphia: Churchill Livingstone, 2010:1213-50.

11. Hoffman JI, Kaplan S. The incidence of congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1890-900.
12. Bove EL, Hirsch JC. Tetralogy of Fallot. In Stark JF, de Leval MR, Tsang VT (eds). *Surgery for Congenital Heart Defects*. 3rd Ed, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2006:399-410.
13. Van Praagh R. The first Stella van Praagh memorial lecture: the history and anatomy of tetralogy of Fallot. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2009;12:19-38.
14. Kirklin JW, Barratt-Boyes BG. Ventricular septal defect and pulmonary stenosis or atresia. In: Kirklin JW, Barratt-Boyes BG (eds). *Cardiac surgery*. New York: Churchill Livingstone, 1993:861-1012.
15. Starr JP. Tetralogy of Fallot: yesterday and today. *World J Surg* 2010;34:658-68.
16. Murphy JG, Gersh BJ, Mair DD, Fuster V, McGoon MD, Ilstrup DM, et al. Long-term outcome in patients undergoing surgical repair of tetralogy of Fallot. *N Engl J Med* 1993;329:593-9.
17. Alsoufi B, Williams WG, Hua Z, Cai S, Karamlou T, Chan CC, et al. Surgical outcomes in the treatment of patients with tetralogy of Fallot and absent pulmonary valve. *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 2007;31:354-9.
18. Hoohenkerk GJ, Schoof PH, Bruggemans EF, Rijlaarsdam M, Hazekamp MG. 28 years' experience with transatrial-transpulmonary repair of atrioventricular septal defect with tetralogy of Fallot. *The Annals of Thoracic Surgery* 2008;85:1686-9.
19. Kirklin JW, Blackstone EH, Jonas RA, Shimazaki Y, Kirklin JK, Mayer JE Jr et al. Morphologic and surgical determinants of outcome events after repair of tetralogy of Fallot and pulmonary stenosis. A two-institution study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;103:706-23.
20. Rastan AJ, Walther T, Daehnert I, Hamsch J, Mohr FW, Janousek J, et al. Bovine jugular vein conduit for right ventricular outflow tract reconstruction: evaluation for risk factors for mid term outcome. *Ann Thorac Surg* 2006;82:1308-15.
21. Protopapas AD, Athanasiou T. Contegra conduit for reconstruction of the right ventricular outflow tract: a review of published early and mid-time results. *J Cardiothorac Surg* 2008;3:62.
22. Delmo-Walter EM, Alexi-Meskishvili V, Abdul-Khaliq H, Meyer R, Hetzer R. Aneurysmal dilatation of the Contegra bovine jugular vein conduit after reconstruction of the right ventricular outflow tract. *Ann Thorac Surg* 2007;83:682-4.

23. Hövels-Gürich HH, Konrad K, Skorzewski D, Minkenbergr R, Herpertz-Dahlmann B, Messmer BJ, et al. Long-term behavior and quality of life after corrective cardiac surgery in infancy for tetralogy of Fallot or ventricular septal defect. *Pediatric Cardiology* 2007;28:346-54.
24. Geva T. Indications and timing of pulmonary valve replacement after tetralogy of Fallot repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2006;9:11-22.
25. Silka MJ, Hardy BG, Menashe VD, et al. A population-based prospective evaluation of risk of sudden cardiac death after operation for common congenital heart defects. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:245-51.
26. Slater JP, Lipsitz EC, Chen JM, Levin HR, Oz MC, Goldstein DJ, et al. Systolic ventricular interaction in normal and diseased explanted human hearts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;113:1091-9.
27. Erdem S. Tüm düzeltme ameliyatı yapılmış fallot tetralojili hastaların orta dönem prognozlarının değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD, Çocuk Kardiyoloji Bilim Dalı, Çocuk Kardiyoloji Uzmanlık Tezi, Adana, 2010.
28. Lazar JM, Flores AR, Grandis DJ, Ori JE, Schulman DS. Effect of Chronic Right Ventricular Pressure Overload on Left Ventricular Diastolic Function. *Am J Cardiol*, 1993;72:1179-82.
29. Schamberger MS, Hurwitz RA. Course of Right and Left Ventricular Function in Patients with Pulmonary Insufficiency after Repair of Tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol* 2000;21:244-8.
30. Kondo C, Nakazawa M, Kasukabe K, Momma K. Left ventricular dysfunction on exercise long term after total repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1995;92:250-5.
31. Puchalski MD, Williams RV, Askovich B, Minich LL, Mart C, Tani LY. Assessment of right ventricular size and function: echo versus magnetic resonance imaging. *Congenit Heart Dis* 2007;2:27-31.
32. Vliegen HW, van Straten A, de Roos A, Roest AA, Schoof PH, Zwinderman AH. Magnetic resonance imaging to assess the hemodynamic effects of pulmonary valve replacement in adults late after repair of tetralogy of fallot. *Circulation* 2002;106:1703-7.
33. Mertens L, Friedberg MK. The gold standard for noninvasive imaging in congenital heart disease: echocardiography. *Curr Opin Cardiol* 2009;24:119-24.
34. Pettersen MD, Du W, Skeens ME, Humes RA. Regression equations for calculation of z scores of cardiac structures in a large cohort of healthy infants, children, and adolescents: an echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:922-34.

35. Greil GF, Beerbaum P, Razavi R, Miller O. Imaging the right ventricle: noninvasive imaging. *Heart* 2008;94:803-8.
36. Ho SY, Nihoyannopoulos P. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart* 2006;92:i2-i13.
37. Maceira AM, Prasad SK, Khan M, Pennell DJ. Reference right ventricular systolic and diastolic function normalized to age, gender and body surface area from steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J* 2006;27:2879-88.
38. Feigenbaum H, Armstrong W, Ryan T. Left atrium, right atrium, right ventricle. In: Feigenbaum H, Armstrong W, Ryan T (eds). *Feigenbaum's Echocardiography*. Lippincott Williams & Wilkins, 2005:181-213.
39. Özal E. Başarılı sağ koroner anjiyoplastinin erken dönem sağ ventrikül fonksiyonları üzerine etkisi. Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Merkezi, Kardiyoloji Kliniği, Kardiyoloji Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2008.
40. Jurcut R, Giusca S, La Gerche A, Vasile S, Ghingina C, Voigt JU. The echocardiographic assessment of the right ventricle: what to do in 2010? *Eur J Echocardiogr* 2010;11:81-96.
41. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, Solomon SD, Louie EK, Schiller NB. 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. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685-713.
42. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation* 2008;117:1436-48.
43. Lopez L, Colan SD, Frommelt PC, Ensing GJ, Kendall K, Younoszai AK, et al. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:465-95.
44. Lai WW, Geva T, Shirali GS, Frommelt PC, Humes RA, Brook MM, et al. Guidelines and standards for performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Task Force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2006;19:1413-30.

45. Anavekar NS, Gerson D, Skali H, Kwong RY, Yucel EK, Solomon SD. Two-dimensional assessment of right ventricular function: an echocardiographic-MRI correlative study. *Echocardiography* 2007;24:452-6.
46. Anavekar NS, Skali H, Bourgoun M, Ghali JK, Kober L, Maggioni AP et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO study). *Am J Cardiol* 2008;101:607-12.
47. Forfia PR, Fisher MR, Mathai SC, Houston-Harris T, Hemnes AR, Borlaug BA, et al. Tricuspid annular displacement predicts survival in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;174:1034-41.
48. Yılmaz R, Baykan M, Erdöl C. Pulsed Wave doku doppler ekokardiyografi. *Anadolu Kardiyol Derg* 2003;3:54-9.
49. Ülger Z. Astımlı çocuklarda ventrikül fonksiyonlarının doku doppler ekokardiyografi ile değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD, Çocuk Kardiyoloji Bilim Dalı, Çocuk Kardiyoloji Uzmanlık Tezi, İzmir, 2010.
50. McDicken WN, Sutherland GR, Moran CM, Gordon L: Colour doppler velocity imaging of the myocardium. *Ultrasound Med Biol* 1992;18:651-4.
51. Ata N. Doku doppler görüntülemesi. *T Klin Kardiyol* 1999;12:152-5.
52. Tei C. New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. *J Cardiol* 1995;26:135-6.
53. Tekten T, Onbaşılı AO, Ceyhan C, Ünal S, Ağaoğlu P. Tissue doppler myocardial performance index. *Türk Kardiyol Dern Arş* 2003;31:262-9.
54. Meluzin J, Spinarova L, Bakala J, et al. Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion: a new, rapid, and non-invasive method of evaluating right ventricular systolic function *Eur Heart J* 2001;22:340-8.
55. Vogel M, Derrick G, White PA, Cullen S, Aichner H, Deanfield J, Redington AN. Systemic ventricular function in patients with transposition of the great arteries after atrial repair. A tissue Doppler and conductance catheter study. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:100-6.
56. Tayyareci Y, Nisanci Y, Umman B, et al. Early detection of right ventricular systolic dysfunction by using myocardial acceleration during isovolumic contraction in patients with mitral stenosis. *European Journal of Echocardiography* 2008;9:516-21.

57. Denslow S, Wiles HB. Right ventricular volumes revisited: a simple model and simple formula for echocardiographic determination. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11:864-73.
58. Van Arsdell GS, Yun TJ, Cheung M. Tetralogy of Fallot: Managing the right ventricular outflow. In Redington AN, Anderson RH, Van Arsdell GS (eds). *Congenital Diseases in the Right Heart*. 1th Ed, London: Springer-Verlag, 2009:233-40.
59. Sierra J, Christenson JT, Lahlaidi NH, Beghetti M, Kalangos A. Right ventricular outflow tract reconstruction: what conduit to use? Homograft or Contegra? *Ann Thorac Surg* 2007;84:606-10.
60. Christenson JT, Sierra J, Colina Manzano NE, Jolou J, Beghetti M, Kalangos A. Homografts and xenografts for right ventricular outflow tract reconstruction: long-term results. *Ann Thorac Surg* 2010;90:1287-93.
61. Chiappini B, Barrea C, Rubay J. Right ventricular outflow tract reconstruction with contegra monocuspid transannular patch in tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* 2007;83:185-7.
62. Hoffman JIE. The natural and unnatural history of congenital heart disease. In: *Tetralogy of Fallot*. West Sussex: Wiley-Blackwell, 2009:413-36.
63. Uebing A, Fischer G, Bethge M, Scheewe J, Schmiel F, Stieh J, et al. Influence of the pulmonary annulus diameter on pulmonary regurgitation and right ventricular pressure load after repair of tetralogy of Fallot. *Heart* 2002;88:510-4.
64. Miller G, Tesman JR, Ramer JC, Baylen BG, Myers JL: Outcome after open-heart surgery in infants and children. *J Child Neurol* 1996;11:49-53.
65. Frigiola A, Redington AN, Cullen S, Vogel M. Pulmonary regurgitation is an important determinant of right ventricular contractile dysfunction in patients with surgically repaired tetralogy of Fallot. *Circulation* 2004;110:S153-7.
66. Lai WW, Gauvreau K, Rivera ES, Saleeb S, Powell AJ, Geva T. Accuracy of guideline recommendations for two-dimensional quantification of the right ventricle by echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008;24:691-8.
67. Vitarelli A, Terzano C. Do we have two hearts? New insights in right ventricular function supported by myocardial imaging echocardiography. *Heart Fail Rev* 2010;15:39-61.
68. Miller D, Farah MG, Liner A, Fox K, Schluchter M, Hoit BD. The relation between quantitative right ventricular ejection fraction and indices of tricuspid annular motion and myocardial performance. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:443-7.

69. Lamia B, Teboul JL, Monnet X, Richard C, Chemla D. Relationship between the tricuspid annular plane systolic excursion and right and left ventricular function in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2007;33:2143-9.
70. Kjaergaard J, Akkan D, Iversen KK, Kober L, Torp-Pedersen C, Hassager C. Right ventricular dysfunction as an independent predictor of short- and long-term mortality in patients with heart failure. *Eur J Heart Fail* 2007;9:610-6.
71. Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, Everett AD, Stueger HP, Heinzl B, et al. Systolic right ventricular function in pediatric and adolescent patients with tetralogy of Fallot: echocardiography versus magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:45-52.
72. Pela G, Regolisti G, Coghi P, Cabassi A, Basile A, Cavatorta A, et al. Effects of the reduction of preload on left and right ventricular myocardial velocities analyzed by Doppler tissue echocardiography in healthy subjects. *Eur J Echocardiogr* 2004;5:262-71.
73. Cordosa SM, Miyague NI. Right Ventricular Diastolic Dysfunction in the Postoperative Period of Tetralogy of Fallot. *Arc Bras Cardiol* 2003;80:198-201.
74. D'Andrea A, Caso P, Sarubbi B, Russo MG, Ascione L, Scherillo M, et al. Right ventricular myocardial dysfunction in adult patients late after repair of tetralogy of fallot. *Int J Cardiol* 2004;94:213-20.
75. Gaynor SL, Maniar HS, Prasad SM, Steendijk P, Moon MR. Reservoir and conduit function of right atrium: impact on right ventricular filling and cardiac output. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2005;288:H2140-5.
76. Bustamante-Labarta M, Perrone S, De La Fuente RL, Stutzbach P, De La Hoz RP, Torino A, et al. Right atrial size and tricuspid regurgitation severity predict mortality or transplantation in primary pulmonary hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;10:1160-4.
77. Raine D, O'Sullivan J, Chaudhari M, Hamilton L, Hasan A, Bourke JP. Ablation of atrial tachyarrhythmias late after surgical repair of tetralogy of Fallot. *Cardiol Young* 2011;21:31-8.
78. Hui W, Abd El Rahman MY, Dsebissowa F, Rentzsch A, Gutberlet M, Alexi-Meskishvili V, et al. Quantitative analysis of right atrial performance after surgical repair of tetralogy of Fallot. *Cardiol Young* 2004;14:520-6.
79. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, Ronan A, Shah D, Vasaiwala S, et al. Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:857-61.

80. Nath J, Vacek JL, Heidenreich PA. A dilated inferior vena cava is a marker of poor survival. *Am Heart J* 2006;151:730-5.
81. Eidem BW, McMahon CJ, Cohen RR, Wu J, Finkelshteyn I, Kovalchin JP, et al. Impact of cardiac growth on Doppler tissue imaging velocities: a study in healthy children. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:212-21.
82. Roberson DA, Cui W, Chen Z, Madronero LF, Cuneo BF. Annular and septal Doppler tissue imaging in children: normal z-score tables and effects of age, heart rate, and body surface area. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:1276-84.
83. Cui W, Roberson DA, Chen Z, Madronero LF, Cuneo BF. Systolic and diastolic time intervals measured from Doppler tissue imaging: normal values and Z-score tables, and effects of age, heart rate, and body surface area. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:361-70.
84. Frommelt PC. Echocardiographic measures of diastolic function in pediatric heart disease. *Curr Opin Cardiol* 2006;21:194-9.
85. Yasuoka K, Harada K, Toyono M, Tamura M, Yamamoto F. Tei Index Determined by Tissue Doppler Imaging in Patients with Pulmonary Regurgitation After Repair of tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol* 2004;25:131-6.
86. Nageh MF, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA, Nagueh SF. Estimation of mean right atrial pressure using tissue Doppler imaging. *Am J Cardiol* 1999;84:1448-51.
87. Saxena N, Rajagopalan N, Edelman K, López-Candales A. Tricuspid annular systolic velocity: a useful measurement in determining right ventricular systolic function regardless of pulmonary artery pressures. *Echocardiography* 2006;23:750-5.
88. Schwerzmann M, Samman AM, Salehian O, Holm J, Provost Y, Webb GD, et al. Comparison of echocardiographic and cardiac magnetic resonance imaging for assessing right ventricular function in adults with repaired tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 2007;99:1593-7.
89. Harada K, Tamura M, Toyono M, Yasuoka K. Comparison of right ventricular Tei index by tissue Doppler imaging to that obtained by pulsed Doppler in children without heart disease. *Am J Cardiol* 2002;90:566-9.
90. Abd El Rahman MY, Abdul-Khaliq H, Vogel M, et al. Value of the new Doppler-derived myocardial performance index for the evaluation of right and left ventricular function following repair of tetralogy of fallot. *Pediatr Cardiol* 2002;23:502-7.

91. Cetin I, Tokel K, Varan B, Orün U, Aşlamaci S. Evaluation of right ventricular function by using tissue Doppler imaging in patients after repair of tetralogy of fallot. *Echocardiography* 2009;26:950-7.
92. Hershenson JA, Zaidi AN, Texter KM, Moiduddin N, Stefaniak CA, Hayes J, et al. Differences in tissue Doppler imaging between single ventricles after the fontan operation and normal controls. *Am J Cardiol* 2010;106:99-103.
93. Salehian O, Schwerzmann M, Merchant N, Webb GD, Siu SC, Therrien J. Assessment of systemic right ventricular function in patients with transposition of the great arteries using the myocardial performance index: comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *Circulation* 2004;110:3229-33.
94. Cheung EW, Lam WW, Cheung SC, Cheung YF. Functional implications of the right ventricular myocardial performance index in patients after surgical repair of tetralogy of Fallot. *Heart Vessels* 2008;23:112-7.
95. Schuurin MJ, Bolmers PP, Mulder BJ, de Bruin-Bon RA, Koolbergen DR, Hazekamp MG, et al. Right ventricular function declines after cardiac surgery in adult patients with congenital heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging* 2011 Jun 3. [Epub ahead of print].
96. Haddad F, Denault AY, Couture P, Cartier R, Pellerin M, Levesque S, et al. Right ventricular myocardial performance index predicts perioperative mortality or circulatory failure in high-risk valvular surgery. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:1065-72.
97. Vogel M, SchmidtMR, Kristiansen SB, Cheung M, White PA, Sorensen K, et al. Validation of myocardial acceleration during isovolumic contraction as a novel noninvasive index of right ventricular contractility: comparison with ventricular pressure-volume relations in an animal model. *Circulation* 2002;105:1693-9.
98. Kjaergaard J, Snyder EM, Hassager C, Oh JK, Johnson BD. Impact of preload and afterload on global and regional right ventricular function and pressure: a quantitative echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr* 2006;19:515–21.
99. Duan YY, Harada K, Toyono M, Ishii H, Tamura M, Takada G. Effects of acute preload reduction on myocardial velocity during isovolumic contraction and myocardial acceleration in pediatric patients. *Pediatr Cardiol* 2006;27:32-6.
100. Bleeker GB, Holman ER, Abraham T, Bax JJ. Tissue Doppler imaging and strain rate imaging to evaluate right ventricular function. In: Yu CM, Marwick T (eds). *Myocardial Imaging: Tissue Doppler and Speckle Tracking*. Wiley-Blackwell, 2007:243-51.

101. Toyono M, Harada K, Tamura M, Yamamoto F, Takada G. Myocardial acceleration during isovolumic contraction as a new index of right ventricular contractile function and its relation to pulmonary regurgitation in patients after repair of tetralogy of Fallot. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:332-7.
102. Tugcu A, Guzel D, Yildirimturk O, Aytakin S. Evaluation of right ventricular systolic and diastolic function in patients with newly diagnosed obstructive sleep apnea syndrome without hypertension. *Cardiology* 2009;113:184-92.
103. Pauliks LB, Chan KC, Chang D, et al. Regional myocardial velocities and isovolumic acceleration before and after device closure of atrial septal defects: a color tissue Doppler study. *Am Heart J* 2005;150:294-301.
104. Zervan K, Male C, Benesch T, Salzer-Muhar U. Ventricular interaction in children after repair of tetralogy of Fallot: a longitudinal echocardiographic study. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:641-6.
105. Ghai A, Silversides C, Harris L, Webb GD, Siu SC, Therrien J. Left Ventricular Dysfunction Is a risk Factor for Sudden Cardiac Death in Adults Late after repair of Tetralogy of Fallot. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:1675-80.
106. Bhat AH, Smith CJ, Hawker RE. Late aortic root dilatation in tetralogy of Fallot may be prevented by early repair in infancy. *Pediatr Cardiol* 2004;25:654-9.