

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
HAFSA SULTAN HASTANESİ
ÇOCUK SAĞLIĞI ve HASTALIKLAR ANA BİLİM DALI
ÇOCUK KARDİYOLOJİ
BİLİM DALI

**SAĞ VENTRİKÜLÜN DEĞERLENDİRİLMESİNDE YENİDOĞANDAN
ADÖLESAN YAŞA KADAR TRİKÜSPİT ANNULAR PLAN SİSTOLİK
ESNEME MESAFESİ (TAPSE) NORMAL DEĞERLERİ**

YANDAL UZMANLIK TEZİ

Uzm. Dr. Münevver YILMAZ

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Şenol COŞKUN

MANİSA 2013

TEŞEKKÜR

Eğitimimde ve tezimin oluşmasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tez danışmanım Prof. Dr. şenol COŞKUN'a ve katkılarından dolayı Doç.Dr. Pınar Erbay Dündar'a, öğretim sürem boyunca destek ve yakınlığını esirgemeyen Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. H Erhun Kasırgaya ve tüm Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Uzm. Dr. Mecnun Çetin'e, Çocuk Kardiyoloji polikliniğinde çalışan, asistan, intern doktorlara tezimin yapılmasında desteklerini esirgemedikleri için teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı'nda çalışan, uzman, asistan ve intern doktorlara, hemşirelere ve diğer tüm çalışanlara,

Destekleri ve güvenleri ile hep yanımda olan olan sevgili eşim İnan Yılmaz ve tüm aileme,,

TEŞEKKÜR EDER, SAYGILARIMI SUNARIM.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLolar.....	v
ŞEKİLLER	vi
A. GİRİŞ ve AMAÇ	1
B. GENEL BİLGİLER.....	3
1. Kalbin Anatomik Yapısı.....	3
2. Kardiyak Siklus	6
3. Sağ Ventrikülün Fonksiyel Anatomisi	9
4. Sağ Ventrikülün Fizyolojisi.....	10
5. Ekokardiyografi.....	15
6. Sağ Ventrikül Fonksiyonlarının Ekokardiyografi İle Değerlendirilmesi	18
C. HASTALAR VE YÖNTEM	35
D. BULGULAR	40
E. TARTIŞMA	49
F. SONUÇLAR.....	57
G. ÖZET	59
ABSTRACT	60
H. KAYNAKLAR.....	61

KISALTMALAR

RVEF	:	Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun
RV	:	Sağ ventrikül
EKO	:	Ekokardiyografi
EKG	:	Elektrokardiyografi
DDE	:	Doku doppler ekokardiyografi
PDDD	:	Pulsed dalga doku doppler
ICT	:	İzovolemik kontraksiyon zamanı
IRT	:	İzovolemik relaksasyon zamanı
MPI	:	Miyokard performans indeksi
ET	:	Ejeksiyon zamanı
DT	:	Deselerasyon zamanı
S	:	Sistolik dalga
E	:	Erken diastolik dalga
A	:	Geç diastolik dalga
LV	:	Sol ventrikül
İVS	:	İnterventriküler septum
LVAD	:	Sol ventrikül arka duvar kalınlığı
LA	:	Sol atriyum
EF	:	Ejeksiyon fraksiyonu
FS	:	Fraksiyonel kısalma
LVK	:	Sol ventrikül kitlesi
LVKİ	:	Sol ventrikül kitle indeksi
MPI	:	Miyokard performans indeksi
PH	:	Pulmoner hipertansiyon
PAB	:	Pulmoner Arter Basıncı
PAT	:	Pulmoner akselasyon zamanı
TAPSE	:	Triküspit anuler plan esneme mesafesi
TST	:	Toplam sistolik süre

TABLolar

Tablo 1. Araştırma grubunun cinsiyete göre dağılımları.

Tablo 2. Araştırma grubunun yaş, ağırlık, boy, vücut yüzey alanı sistolik ve diyastolik kanbasıncı, nardiyak nabız verileri.

Tablo 3. Araştırma grubunun yaş ve cinse göre dağılımını

Tablo 4. Araştırma grubunun ekokardiyografi verileri

Tablo 5. TAPSE, RV MPİ ve RV S' cinsiyete göre dağılımını (ort \pm SD).

Tablo 6. Yaş gruplarında TAPSE ortalamaları (ort \pm SD).

Tablo 7. Yaş gruplarında RV A', RV E', RV S' ve RV MPİ ortalamaları (ort \pm SD).

Tablo 8. Yaş gruplarına göre RV E', RV A', RV S', RV MPİ ve TAPSE ortalamaları (ort \pm SD)

Tablo 9. TAPSE ile yaş, vücut yüzey alanı ve ekokardiyografi parametreleri arasındaki korelasyon

Tablo 10. Vücut yüzey alanı, RV E', RV S' lineer regresyon modeli

Tablo 11. Vücut yüzey alanı ve sol ventrikül boyutu sağ ventrikül boyutu lineer regresyon modeli

Tablo 13. Vücut yüzey alanı gruplarında persentillere göre TAPSE ortalamaları

Tablo 14. Yaş gruplarında persentillere göre TAPSE ortalamaları

Tablo 15. Yaş gruplarında ± 2 SD ve ± 3 SD TAPSE ortalamaları

ŞEKİLLER

Şekil 1: Kalbin mediastende duruşunu gösteren şematik görünüm

Şekil 2: Kardiyak siklus

Şekil 3: Apikal dört boşluk kesitleri

Şekil 4: Parasternal uzun Aks kesitleri

Şekil 5: Parasternal kısa aks kesitleri

Şekil 6: Subkostal dört boşluk kesiti

Şekil 7: Sağ ventrikül duvar kalınlığının ölçülmesi

Şekil 8: Sol ventriküler ekzantriklik indeksi

Şekil 9: Sağ ventrikül diyastol sonu alan ölçümü (RVEDA) ve sistol sonu alan ölçümü (RVESA)

Şekil 10: Apikal 4 boşluktan sağ ventrikül çaplarının ölçülmesi.

Şekil 11: Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT)

Şekil 12 :Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT) ve pulmoner arter. PA:pulmoner arter

Şekil 13: Pulse Doppler ekokardiyografi ile MPI ölçümü

Şekil 14: IVA'nın ekokardiyografik görüntülenmesi

Şekil 15: Triküspid anüler plan sistolik esneme mesafesinin (TAPSE) Ölçümü

Şekil-16: Pulsed dalga doku doppler ekokardiyografide izovolemik kasılma zamanı (ICT), Izovolemik relaksasyon zamanı (IRT) ve Ejeksiyon zamanı (ET) ölçümleri

A. GİRİŞ VE AMAÇ

Sağ ventrikül yapısı ve fonksiyonları üzerine sol ventriküle göre daha az çalışılmış ancak sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun (RVEF) kalp yetersizliği ve kalp kapak hastalığında egzersiz kapasitesi ve prognozu tahmin ettirebilen bağımsız bir belirleyici olduğu bildirilmiştir. Sağ ventrikül işlev bozukluğu olan hastalarda altta yatan klinik olaydan bağımsız olarak mortalite sıklığında artış saptanmıştır. Sol ventrikül ön yükünü sınırlayarak ve/veya interventriküler septum ve perikard aracılığıyla gerçekleşen ventriküller arası etkileşim sonucu sağ ventrikülün sol ventriküle olumsuz etkisi klinik tanı ve tedavide sağ ventrikül işlevlerinin değerlendirilmesini zorunlu hale getirmiştir (1,2).

Sağ ventrikül işlevlerinin değerlendirilmesinde kullanılan sağ ventrikülografi-sağ kalp kateterizasyonu, gated nükleer görüntüleme ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi geleneksel tekniklerin zaman alıcı, girişimsel, pahalı olması ve gerek her merkezde gerekse de yatak başı uygulanamamaları nedeniyle sınırlı kullanım alanına sahiptir. Klinik uygulamada, standart iki boyutlu ekokardiyografi girişimsel olmaması, ucuz ve gereğinde yatak başında kolaylıkla uygulanabilmesi nedeniyle sağ ventrikül boyut ve işlevlerinin değerlendirilmesinde ilk basamak tetkik olarak giderek önem kazanmaktadır. Ancak sağ ventrikülünün sternumun hemen arkasında sol ventrikülü saran anatomik yerleşimi, başlıca giriş yolu, trabeküllü apikal segment ve çıkış yolu olmak üzere üç bölümden oluşan kompleks anatomik yapısı ve karmaşık şekli (frontal planda üçgenimsi ve apikal kesitte yarımay şekli) sağ ventrikül anatomik bölgelerinin farklı ekokardiyografik pencerelerden değerlendirilmesini zorunlu kılar. Yine sağ ventrikül serbest duvarının ince olması (3-5 mm) ve miyofibrillerinin farklı anatomik bölgelerinde farklı dizilimi standart iki boyutlu ekokardiyografik değerlendirmenin diğer kısıtlılıklarını oluşturur (1,2,3,4). Ayrıca, sağ ventrikül geometrisi konjenital kalp hastalıklarında daha karmaşıktır ve sağ ventriküle uygulanan girişimler daha da karmaşılaşmasına yol açabilir. Bazı konjenital anomalilerde sağ ventrikül fonksiyonel durumu tedavi yaklaşımlarında ön koşul olabilir ve klinik seyri etkileyebilir (5).

Sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını analiz etmek için ek bir ekokardiyografik araç olarak triküspid anüler plan sistolik esneme mesafesinin (TAPSE) uygulaması son dönemde erişkinlerde kullanılmaya başlanmıştır. M-mod ekokardiyografide TAPSE apikal 4-boşluk görüntüde triküspid kapak anulus lateral kısmının kalp döngüsü boyunca değişkenliğini ölçer. TAPSE ölçümü, sağ ventrikül fonksiyonunu değerlendirmek için basit, tekrarlanabilir bir

fırsat sağlamıştır. TAPSE güncel çalışmaları ile sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ile TAPSE arasında güçlü bir korelasyon gösterilmiştir. TAPSE'nin sağ ventrikül sistolik fonksiyonu tahmin etmede yeterli ve kardiyak manyetik rezonans görüntüleme gibi referans teknikleri ile iyi korele bir ekokardiyografik parametre olduğu saptanmıştır (5).

Yetişkin nüfus içinde sağ ventrikülün ekokardiyografik değerlendirmesi ve TAPSE değerleri için önerilere literatürden ulaşılabilir. Düşük TAPSE değerlerinin pulmoner hipertansiyon ve kalp yetmezliği olan erişkinlerde kötü prognoz ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (1,3). TAPSE ölçümlerinin yetişkin referans değerleri literatürde mevcuttur ve Fallot tetralojisi cerrahi düzeltme sonrası çocuklarda yapılan küçük bir çalışma yayınlanmıştır (6). Çocuk ve ergenlerde referans değerleri oluşturmak için izole, öncü çalışmalar da yayınlanmıştır. Pediatrik yaş grubunda TAPSE değerleri için yeterli referans aralıkları yoktur (3,4,7). Ayrıca Türkiye'de, yeterli TAPSE referans değerleri mevcut değildir.

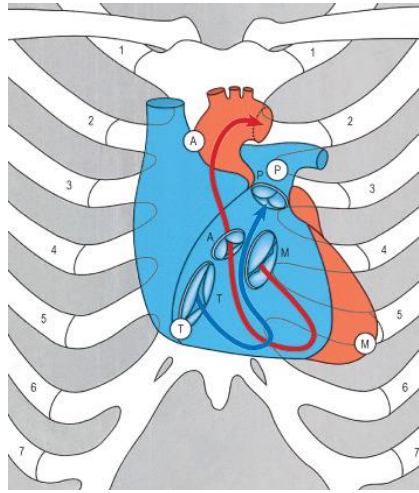
Bu yöntem kullanımı kolay, güvenli ve tüm modern kardiyak ultrason sistemlerinde kullanılabilir olduğundan, çocuklarda sağ ventrikül sistolik fonksiyonunu araştırmaya noninvaziv bir ölçüm metodu olarak kullanılabilir.

Bu çalışmanın amacı 1 gün- 18 yaş arası sağlıklı çocuklarda ekokardiyografide TAPSE (Triküspit annular pik sistolik esneme mesafesi) normal değerlerini saptamak, z skorlarının ve persentillerini oluşturmak, sağlıklı çocuklarda saptanan TAPSE değerlerinin cinsiyet, vücut alanı ve diğer ekokardiyografik parametrelerle korelasyonunun saptanmasıdır.

B. GENEL BİLGİLER

1. KALBİN ANATOMİK YAPISI

Kalp, kan dolaşımını sağlayan ve bir pompa işlevi gören kastan yapılmış koni şeklinde bir organdır. Toraks boşluğunda ve orta mediastinumda perikardiyum ile sarılı olarak bulunur. Tabanında büyük kan damarları ile yaptığı bağlantı dışında perikardiyum içinde serbest haldedir. Mediastende yerleşim göstermekte olup, diyaframın üzerindedir ve her iki yanında akciğer bulunur. İkinci interkostal aralıktan beşinci interkostal aralığa kadar sola doğru oblik uzanım göstermektedir (Şekil 1). (8,9,10,11).



Şekil 1: Kalbin mediastende duruşunu gösteren şematik görünüm

Kalbin duvarları üç tabakadan oluşmuştur. Bu tabakaların en kalın olanı ve kalbin kas dokusunu oluşturan miyokardiyumdur. Miyokardiyumun dış kesiminde epikardiyum, iç kesiminde ise endokardiyal tabaka bulunmaktadır. Kalbin ventriküler parçaları nispeten daha kalın kas tabakası ile çevrilmiştir ve yine ventriküler septum ile sağ ve sol olmak üzere iki parçaya ayrılmıştır. Septum, oblik planda orientasyon gösteren bir yapıdır ve ön kesimi hafif sağa, arka kesimi ise hafif sola bakmaktadır. Septumun alt kesimi nispeten daha kalın olup kas tabakası içermektedir, daha kısa olan üst kesimi ise membranöz yapıda olup kalbin iskeletine bağlıdır. Kalbin iskeleti diye adlandırılan fibröz yapı yüzük şeklinde atrioventriküler, pulmoner ve aortik kanalları çevreler ve septumun üst kesimi ile devamlılık gösterir. AV kanalları çevreleyen fibröz yapıya atriyum ve ventriküler kas yapıları yapışır. Ayrıca bu yapılar kapakçıklar için de destek vazifesi görürler (8).

1.1. Sağ Atriyum

Küp şeklinde bir boşluk olarak kabul edilir. Arka-üst bölümüne vena cava superior, arka-alt bölümüne vena cava inferior açılır. Bu iki oluşumun açıldıkları yerde birer rudimenter kapakcık bulunur. Sağ atriyum ana kavite ve aurikülden oluşmaktadır (8). Süperior vena cava, sağ atriumun süperior kesimine açılır, vücudun üst kesiminden gelen kanı kalbe taşır. İnférieur vena cava ise daha geniş kalibrasyonlu olup içerisinde fonksiyonel olmayan valvuler bir yapı barındırmaktadır. Sağ atriumun inferior kesimine açılmaktadır. Koroner sinüs ise sağ atriuma inferior vena cava ve atrioventriküler orifis arasında bir bölgeden açılmakta, fonksiyonel olmayan valvuler yapı bulunmaktadır. Sağ ventriküler orifis ise inferior vena cava orifisinin anteriorunda yer almakta ve bu bölgede triküspit valf adı verilen yapı bulunmaktadır. Ayrıca sağ atriyuma kalp duvar yapılarından dönen bazı küçük damar yapıları direk olarak açılmaktadır.

İnférieur vena kavadaki rudimenter valvuler yapı dışında sağ atriyum içerisinde fossa ovalis ve “annulus ovalis” adı verilen fetal kalıntılar bulunmaktadır. Bu yapılar interatrial septumda yer almakta ve sağ ve sol atriumu birbirinden ayırmaktadırlar. Fossa ovalis sığ bir depresyondur. Bu bölgede fetal dönemde foramen ovale bulunmaktadır. Annulus ovalis ise fossanın üst kesimini oluşturmaktadır. Fossanın tabanı ise persistan septum primum tarafından oluşturulmaktadır (8,9).

1.2. Sol Atriyum

Ana kavite ve aurikülden oluşmaktadır. Sağ atriyumdan daha küçüktür, fakat duvarı daha kalındır. Sağ atriuma göre daha posterior yerleşimlidir ve kalbin bazisini yani posterior kesiminin büyük kısmını sol atriyum oluşturmaktadır. Sol atriumun posteriorunda fibröz perikardium yer almaktadır ve bu yapı sol atriyum ile özefagusu ayırmaktadır. Sol atriyuma ikisi sağ ikisi sol olmak üzere toplam 4 adet pulmoner ven açılmaktadır. Sol atrioventriküler orifisi ise mitral kapak bulunmaktadır (8,9).

1.3 Sağ Ventrikül

Atrioventriküler orifis yoluyla sağ atriyum ile ilişkilidir. Pulmoner orifis yoluyla da ana pulmoner arter ile ilişkilidir. Kavite, pulmoner orifise doğru gelirken koni biçiminde yavaş yavaş daralmaya başlar. Bu bölgeye infundibulum adı verilmektedir. Kas liflerinden oluşmuş trabeküler yapılar lümeneye doğru uzanım göstermektedirler (trabeküla karnae). Bu

trabeküler yapılar morfolojik olarak üç şekilde karşımıza çıkabilir. İlk tip papiller kaslar, ikinci tip ise moderatör bantlar olarak bilinen yapılardır. Septal kesimden anteriora doğru ventrikülü geçerler. Bu yapılar içerisinde kalbin iletim sistemi yer almaktadır. Üçüncü bir tip ise sadece kabarıklık şeklinde görülürler.

Triküspit kapak, endokardial katlantıdan oluşmuş fibröz yapılardan oluşmaktadır. Anterior, septal ve inferior olmak üzere üç ayrı kapakçıktan oluşmaktadır. Bazisleri kalbin iskelet sistemine bağlı olup uç kesimleri de korda tendineaya bağlıdır. Korda tendinea ise bu yapıları papiller kaslara bağlayan yapılardır. Ventrikül kontraksiyonu olduğu sırada papiller kaslar da kasılarak bu kapakçıkların atriyumlar içerisine prolabe olmalarını engellemektedirler.

Pulmoner kapak ise pulmoner orifisi kaplamaktadır. Bu yapı da üç ayrı semilunar kapakçıktan oluşmaktadır. Ventrikül sistolü sırasında bu kapakçıklar pulmoner arter duvarına bastırılırken diyastolde pulmoner arter proksimal kesiminden geri dönen kan nedeniyle kapanarak kanın sağ atriyum içerisine kaçmasını engellerler (8).

1.4 Sol Ventrikül

Sol atriyum ile atrioventriküler kanal yoluyla ilişkilidir. Aorta ile de aortik orifis yoluyla ilişkilidir. Sol ventrikül içerisindeki basınç, sağ ventrikül basınca göre yaklaşık olarak 6 kat daha fazladır. Bu nedenle sol ventrikül duvarları sağ ventrikül ile karşılaştırıldığında üç kat daha fazla kalındır. Kısa aks kesitlerde sol ventrikül dairesel şekilde iken, interventriküler septumun basınç farklılığından dolayı sağ ventrikül kavitesi içerisine doğru prolabe olması sonucunda sağ ventrikül yarım ay seklindedir. Sol ventrikül içerisinde trabeküle karnae, sağ ventriküldekine göre daha gelişmiştir, moderatör band yapıları sol ventrikülde bulunmamaktadır ve sol ventrikül duvarı ile ilişkili iki adet geniş papiller kas demeti mevcuttur. Sol atrioventriküler kanalda bulunan mitral kapak iki adet kapakçıktan oluşmuştur. Biri anterior diğeri ise posterior yerleşimlidir. Aortik kanal içerisinde aortik kapak bulunmaktadır ve pulmoner kapağa morfolojik olarak benzer özellikler göstermektedir. Kapakçıklardan sonra aorta lokal olarak genişlemeler göstermekte ve aortik sinüsleri oluşturmaktadır. Anterior aortik sinüsten sağ koroner arter, posterior aortik sinüsten ise sol koroner arter çıkmaktadır (8).

Kalbi besleyen arterler koroner arterlerdir. Bunlar aorta kapaklarının yaptığı sinusların üzerinden çıkar. Kalbin venöz drenajının 2/3'ü kalbin arterleri ile beraber seyreden venler tarafından yapılır. Bu venlerin taşıdığı venöz kan kalbin alt yüzündeki sulcus coronarius içindeki sinus coronarius'a ve buradan da sağ atrium'a dökülür (9, 10).

2. KARDİYAK SIKLUS

Bir kalp atımı başlangıcından takip eden diğerinin bitimine dek olan süre 'kardiyak siklus' olarak tanımlanmaktadır. Bir kardiyak siklus içerisinde kanın kalbe doluş gösterdiği relaksasyon periyodu (diastol) ve kanın kalpten perifere pompalandığı kontraksiyon periyodu (sistol) bulunmaktadır. Kalp kendisini belirli aralıklarla uyarabilen (auto-excitabile) bir yapıdır. Normal kalp atımı frekansı erişkinde ortalama dakikada 70 adet iken yenidoğanda bu değer ortalama 130 dur(12, 13).

Bir kalp siklusu genel olarak aşağıdaki fazları içerir:

- 1) Ventrikül sistolü
 - A) İzovolumetrik kontraksiyon fazı
 - B) Ejeksiyon fazı
- 2) Ventrikül diyastolü
 - A) İzovolumetrik relaksasyon
 - B) Hızlı doluş fazı
 - C) Diyastaz (pasif doluş) fazı
 - D) Atriyum sistolü

Ventrikül diyastolünün dolma fazında kalp çeperlerini oluşturan kaslar gevşek haldedirler. Bu süre içinde vena kava superiyor ve inferiyor'dan ve sinus coronarius'tan gelen kan sağ atriyuma, pulmoner venlerden gelen kan da sol atriyuma dökülür. Her iki atriyumdan gelen kanın büyük bir kısmı (%70) bu sırada açık bulunan atriyo-ventriküler (A-V) kapaklardan geçerek sağ ve sol ventriküllere dolar (14).

2.1.Ventrikül Sistolü

2.1.1.İzovolümetrik kontraksiyon fazı: Ventrikül sistolünün başlaması ile birlikte her iki ventrikül içindeki basınç hızla yükselmeye başlar. Sol ventrikül içi basınç sol atriyum içi basınçtan ve sağ ventrikül içi basınç sağ atriyum içi basınçtan yüksek düzeye geldiği anda her iki taraftaki A-V kapaklar kapanırlar. Bundan sonra her iki ventrikülde basınç hızla yükselmeye devam eder. Sol ventrikül içi basınç aort basıncından, sağ ventrikül içi basınç pulmoner arter basıncından yüksek düzeye çıktığında aort ve pulmoner kapaklar açılır. Ventrikül sistolünün başlangıcından aort ve pulmoner kapakların açılmasına kadar geçen süreye izovolumetrik kontraksiyon fazı adı verilir. İzovolumetrik kontraksiyon fazında ventrikül içi basınç hızla artmasına karşın, ventrikül içindeki kan volümü değişmez. Çünkü A-V kapaklar başta kapanırlar. Bu faz 75 frekansla çalışan bir kalpte 0,05 sn sürer (14).

2.1.2 Ejeksiyon fazı: Bu faz sol ventrikül içi basıncın aort basıncından, sağ ventrikül içi basıncın da pulmoner arter basıncından yüksek düzeye çıktığı anda başlar. Ventrikül içi basınçların ilgili arter basınçlarından yüksek düzeye çıkması ile aort ve pulmoner kapaklar açılırlar ve kan sol ventrikülden aortaya, sağ ventrikülden de pulmoner artere pompalanır. Burada kanın arter sistemine pompalanmasını sağlayan basınç gradyanı ventrikül içi basınç ile arter basıncı arasındaki farktır. Ventrikül sistolünün ejeksiyon fazı 75 frekanslı çalışan bir kalpte 0,22 sn sürer. Bu sürenin başlangıcında pompalama hızlıdır, sonlarına doğru yavaşlar. Bu fazda ventrikül içi basınç önce artmaktadır fakat sonrasında ise ventrikül içi basınç, ventrikül sistolünün devam etmesine rağmen azalmaya başlar. Ejeksiyon fazının son 1/3'lük bölümünde, sol ventrikül içi basınç o andaki aort basıncını biraz altına düşer. Bu durumda kan pompalanması için gerekli basınç gradyanı kaybolur, ancak bu sırada kan kitlesi önceden kazanmış olduğu momentum ile sol ventrikülden aortaya geçmeye devam eder (14).

2.2. Diyastol Fizyolojisi

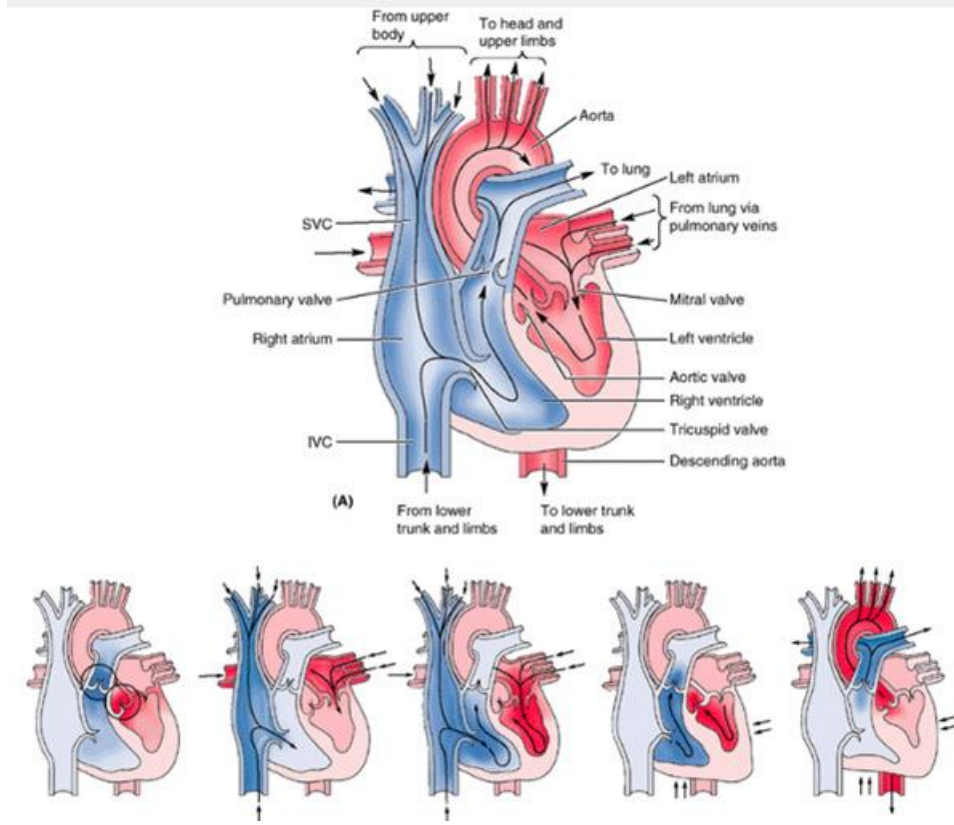
Ventriküllerin normal diyastolik işlevi, düşük basınç ile yeterli dolum hacminin sağlanması olarak tanımlanabilir. Sistol sadece myokardın kasılması ile ilgilidir. Diyastolde ise ventriküllerin dolması birçok faktöre bağlıdır. Myokardın viskoelastik özelliği, koronerlerin doluşu, atriyum kasılması, perikardın etkisi, ventriküllerin esnekliği (kompliyansı) ve etkileşimi bu faktörler arasındadır. Diyastol, aort ve pulmoner kapakların kapanması ile mitral ve triküspid kapakların kapanması arasında gerçekleşir ve dört bölümde olmaktadır (14).

2.2.1. İzovolumetrik relaksasyon: Semilunar kapakların kapanması ile mitral ve triküspid kapakların açılması arasında gerçekleşen süredir. Bu dönemde ventriküler basınç hızla düşer ve giderek negatif basınç oluşur ve atriyumların ve ventriküllerin basıncı eşitlendiğinde atriyoventriküler kapaklar açılır. Bu faz 75 frekanslı çalışan bir kalpte 0,08 sn sürer (14).

2.2.2.Hızlı doluş fazı: Mitral ve triküspid akımlarının başlangıcından, sağ ve sol ventriküllerin doluş hızlarının plato yaptığı zamana kadar olan fazdır. Bu faz, myokardın viskoelastik özelliğine, ventriküllerin gevşemesine (relaksasyon) ve esnekliğine (kompliyans) bağlıdır. Bu fazda ventriküllerde basınç artmaktadır. Bu basınç artışı ventrikül basınç eğrisinde E dalgası ile gösterilir. Bu faz 75 frekanslı çalışan bir kalpte 0,11 sn sürmektedir (14).

2.2.3.Diyastaz fazı (pasif doluş): Hızlı doluş fazının sonundan, atriyumların kasılmasının başlangıcına kadar geçen süreyi içermektedir. Ventriküllerin basınç ve volümlerinde çok az değişiklik olduğu bu fazda, kalp hızı ve ventriküllerin esnekliği en önemli faktörlerdir (14).

2.2.4 Atriyum Sistolü: Atriyumların sistolü ile atriyumlara gelen kanın geri kalan yaklaşık %30'u açık bulunan A-V kapaklardan geçerek ventriküllere dolar. Bu nedenle atriyum sistolünün ventriküllerin dolmasına katkısı ancak %30 kadardır. Atriyumların sistolü sırasında sol atriyum basıncı 6-7 mmHg'ye çıkmakta ve meydana gelen bu değişiklik atriyum basınç eğrisinde A dalgası ile gösterilir. Dakikada 75 frekansla çalışan bir kalpte atriyum sistolü 0,11 sn sürer. Atriyumların sistolü bittikten sonra ventriküllerin sistolü başlar (14).



Şekil 2: Kardiyak siklus

3. SAĞ VENTRİKÜLÜN FONKSİYEL ANATOMİSİ

Sağ ventrikül kas kitlesi sol ventrikülün 1/6 sı, atım işindeki payı 1/4 kadardır. Anatomik ve fonksiyonel olarak birbirinden farklı iki bölümü vardır (15, 16).

1-İnflow (Sinüs) bölümü: Akım jeneratörüdür. İnlet ve apikal trabeküler bölümlerden oluşur. İnlet bölüm triküspit kapak, korda tendinealar ve papiller adalelerden ibarettir. Apikal trabeküler bölüm septumdan serbest duvara antero apikal olarak uzanan belirgin adale bantlarıyla karakterizedir. Bu bölge biyopsi dokusunun alındığı, transvenöz pace maker'ların yerleştirildiği yerdir.

2-Outflow (Conus) bölümü: Nispeten düz yüzeyle olan bu bölge, basınç regülatörü olarak görev yapar. Inflow ve outflow bölüm dört adale bandı ile birbirinden ayrılır. Bunlar infundibuler septum, pariyetal band, septal band, moderatör bandlardır. Crista supraventricularis triküspit ve pulmoner kapakları birbirinden ayıran C şeklinde adale kitlesi olup septal ve pariyetal bantlardan oluşur. Bu iki band pulmoner kapağın septal kapakçığı altında birleşir. Bu anatomik bölge infundibuler septuma uyar (15, 17, 18)

RV'de bulunan üç papiller adale korda tendinea yoluyla triküspit kapağın yaprakçıklarının serbest kenarına yapışır. Triküspit kapak sağ atriumun tabanında yer alır ve RV'ye açılır. Triküspit kapak üç adet kapakçıktan oluşmuştur (19). Çıkış yolunun yukarısında bulunan pulmoner kapaktan pulmoner arter çıkar. Pulmoner kapak aort kapağından daha yüksektedir. Pulmoner kapak üç adet semiluner kapakçıktan oluşur (20).

4. SAĞ VENTRİKÜLÜN FİZYOLOJİSİ

İntra uterin yaşamda pulmoner arteriyollerin hipertrofik m. müsküler tabakasına bağlı olarak pulmoner vasküler rezistans yüksektir. Sağ ventrikül yüksek rezistansa karşı çalıştığından relatif ventrikül hipertrofisi vardır. Doğumla beraber kan oksijen konsantrasyonunda artış pulmoner arteriyollerde vazodilatasyona ve pulmoner vasküler rezistans düşüşüne neden olur. Yine doğum sırasında plasenta ayrılması ve göbek kordonunun klampı ile sistemik vasküler rezistans hızla yükselir. Yetişkinde ince cidarlı sağ ventrikül düşük rezistanslı akciğer damar yatağına karşı düşük basınçla çalışır. Pulmoner arterin diyastolik basıncı ile pulmoner venler ve sol atriyum basıncı arasında küçük bir fark vardır. Bu nedenle sol atriyum basıncında herhangi bir artış pulmoner arter basıncını dolayısıyla sağ ventrikül işini önemli derecede arttırır. Aynı şekilde sol ventrikül (LV) diyastolik doluşu pulmoner venöz dönüşü bağımlıdır. Bu nedenle sağ ventrikül fonksiyonunu etkileyen bir anormallik de sol ventrikül fonksiyonunu etkileyecektir.

Sağ ventrikül kontraksiyonu üç farklı mekanizma ile oluşur:

1-Papiller adaleler ve internal adale bantları kasılarak triküspit kapağı apekse doğru çeker, uzun aksı kısaltır.

2-Serbest duvarın içe hareketi körük etkisi yaratır, kontraksiyonun primer mekanizmasını oluşturur.

3-Sol ventrikülün derin sirküler adaleleri kasılarak septumun kavsini ve kalınlığını daha da arttırır, serbest duvarın körük etkisini güçlendirir (15, 18).

RV fonksiyonel olarak sağ atriyumdan (RA) gelen venöz kanı pulmoner vasküler yatağa iletir (19, 21). Pulmoner dolaşımdaki direnç normalde düşük olduğu için RV'nin yüksek kavite içi basınç üretmesine gerek yoktur. RV, kavite içi hacmine göre nisbeten daha büyük bir yüzey alanına sahip olduğu için minimal miyokardiyal kısalma ile büyük miktarda kanı pompalayabilir (21).

RV'nin serbest duvarının içe doğru hareketi, kanın pompalanmasındaki esas mekanizmadır. Bu hareketin genişliği çok büyük olmamakla birlikte, RV'nin anatomik şeklinin de etkisiyle büyük hacimde kan yeterli olarak pompalanabilmektedir. RV'nin şekli, küçük kasılmalarla büyük bir kan hacmini pompalamaya uygun olmasına rağmen, yüksek basına karşı kasılmaya pek uygun değildir (21).

RV'nin kalp atım hacmi ile LV'nin kalp atım hacmi küçük fizyolojik şantlar istisna olmak üzere benzerdir. Fakat bunları sağlayan mekanizmalar RV ve LV boşlukları farklı vasküler yataklara açıldıkları için değişiklik gösterir. RV'nin kalp atım hacmi oluşturmak için harcadığı enerji LV'nin harcadığı enerjinin yaklaşık olarak 1/4-1/5'i kadardır (22).

RV ardykndeki göreceli olarak hafif değişiklikler, RV'deki enerji verimliliğinde büyük değişikliklere yol açabilir. Artan pulmoner vasküler direnç, RV basınç hacim ilişkisinin şeklinde değişiklik meydana getirerek LV basınç hacim ilişkisine benzemesine neden olur (22, 23). RV'nin ardyük duyarlılığı LV'nin 2-3 katıdır. Haftalar veya aylar içinde meydana gelen ardyük artışı olması durumunda RV büyük bir kasılma kapasitesine sahip olmasına rağmen, hızlı ardyük artışlarında akut yetersizlik gelişmesine LV'ye göre daha fazla eğilimlidir (22). RV'nin ejeksiyonu LV'den farklıdır. RV ejeksiyonunun velositesi LV'ye göre daha yavaş artar, daha geç zirve yapar ve daha yavaş azalır. RV ejeksiyonu LV'ye göre daha uzun sürer. Ejeksiyondaki bu uzamanın sebeplerinden biri infundibulum kontraksiyonunun göreceli olarak geç olmasıdır (21).

RV diyastolik dönemi izovolümetrik geवंeme, erken doluş ve geç doluşu kapsar. Göreceli olarak korunmuş sistolik fonksiyonla birlikte olan diyastolik fonksiyon bozukluğu RV hastalıklarının erken bir göstergesidir (19). RV doluşunun diyastolik dönemi, ardykdeki göreceli büyük değişikliklerde bile stabil kalabilir ancak belirgin olarak önyük bağımlıdır. Akut hacim yüklenmesi durumunda basınç hacim eğrisi, LV ile karşılaştırıldığında RV'de daha diktir. Bunun sebebi RV miyokardının daha büyük sertliğe sahip olması ve boşluk genişleme kapasitesi özelliğinin daha az olmasıdır. Kronik olarak oluşan önyük artışına ise, RV daha kolay uyum sağlar (22).

Pulmoner dolasım ile sistemik dolasım arasındaki basınç farkı fazla olduğundan sağ ve sol kalp bölümleri arasında belirgin iş yükü farkı vardır. Bu nedenle sağ ventrikül duvarı daha incedir (12, 13). Sağ ventrikül uzun eksenine göre oblik yerleşimli ve epikardiyumdan endokardiyuma doğru -160 derecelik dönüş yapan kas liflerinden oluşmuş ince duvarlı trabeküler yapıldır. Sağ ventrikül, sol ventriküle sarılmış şekildedir (13).

Duvar gerimi (tension) kavite içindeki basınçla ve kavite çapıyla doğru orantılı iken duvar kalınlığı ile ters orantılıdır. Ventriküllerin şekli ve kurvaturaları da gerim kuvvetinin belirlenmesinde rol oynar. Sol ventrikül ile sağ ventrikül yapısal farklılıkları iş yüklerinin sonucudur. Sol ventrikül daha büyük ardyükü (afterload) yenmek zorundadır ve sol ventriküler kavite içi basınç ejeksiyon öncesi aortik basıncı geçmek zorundadır. Dairesel kas grupları (miyokard orta kesim yerleşimli) kasılarak afterload yenilir. Aort basıncı ise daha oblik kas gruplarının kasılması, ventrikülün longitudinal kısalması ve endokardın içe hareketi ile yenilir. Sağ tarafta basınç yükü sola göre daha azdır. Bu yüzden sağ ventrikül ejeksiyonu daha erken başlar. Pulmoner kapak, aortik kapaktan daha erken açılır. Sağ ventrikülün kresentrik şeklinden dolayı basınç, duvar kalınlaşmasından çok longitudinal ekseninde gerçekleşir. Sağ tarafta ejeksiyona direnç daha az olduğundan kontraksiyon sola göre daha uzun süre devam eder. Bu yüzden pulmoner kapak aortik kapaktan daha sonra kapanır (24).

Kalbin myofibril yapısı karmaşıktır. Sol ventrikülde miyofibriler katlar sağ ventriküle göre daha belirgindir. Orta tabaka, sirkümferensiyal (daireysel) yapıdadır. Kısa eksen görüntülerde daireysel oryantasyon gösterirler. Epikardiyal ve endokardiyal tabakalar ise birbirlerine zıt yönde olacak şekilde oblik oryantasyon gösterirler. Epikardiyal lifler kalp bazalinde sol, apekte sağ taraftadır. Endokardiyal lifler ise tam ters yöndedir ve kavite kenarlarında birçok kas demeti ventrikül uzun eksenini boyunca seyreder. Oblik liflerin ilk kasılması ile kalpte torsiyon veya burkulma hareketi gerçekleşir. Bu burkulma hareketi ejeksiyonda önemli rol oynar. Sol ventrikül torsiyonu ile apeks anteriora, göğüs ön duvarına doğru yükselir. Oblik ve longitudinal liflerin kasılması ile sistolde longitudinal ekseninde kısalma oluşur ve kalp bazal kesimi apekse doğru yer değiştirir. Kalp bazal kesimi diyastol sonu ile sistol sonu süresince apekse doğru yaklaşık 1cm yer değiştirme gösterebilir. Kalbin sağ ve sol kesimi gerek yapısal gerek fonksiyonel nedenlerle birbirlerine bağımlı olarak fonksiyon gösterirler. Bu durum akut veya kronik patolojik süreçlerde ve normal fizyolojik olaylarda önem kazanır (24, 25).

Bazı kardiyak patolojiler ventriküler septal hareketi değiştirirler. Bunun altında yatan mekanizma septumun kalp kitlesinin merkezine doğru hareket etmesidir. Normalde kalp kitlesinin merkezi LV'nin merkezi ile çakışır. RV ve LV kitleleri eşitlenirse interventriküler septum (IVS) düzleşir veya azalır. RV hipertrofisinde septal hareket sola kayar, maksimal eğrisini sistol sonunda yapar. RV volüm yüklenmelerinde ise maksimal eğri middiyastole kayarken, sistolde normalleşir. Volüm yüklenmesi ile artan ventriküler kitle septumun

diyastolik ters hareketini zayıflatır. Erken diyastolde 'D' şeklinde görülür, bu şekil diyastol boyunca korunur. Sistolde septum anormal diyastolik pozisyonundan geriye kalbin merkezine doğru gelir (26).

4.1 Ventriküller arası etkileşim

Ventriküllerin yapısında bulunan derindeki miyokardiyal lifler ayrı olarak sıralanmış olsa da, yüzeysel dairesel lifler her iki ventrikülü beraber sarar. Sonuçta her iki ventrikülün fonksiyonları ilişkili olmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarda (elektriki olarak izole edilmiş ventriküllerle) sağ ventrikülün mekanik işinin %50 'sini hatta daha fazlasını sol ventrikülün oluşturduğu gösterilmiştir. RV yerine nonkontraktıl proteinin konulduğu bir deneyde normal RV basıncı oluşturulabilmiştir (22).

İlginç olan intakt RV geometrisinin LV fonksiyonları için de gerekli olmasıdır. RV dilate oldukça LV basınç oluşumu ve atım işi azalmaktadır. Bütün bu etkiler perikardiyal sınırlama ile belirginleşmektedir. Normalde perikardın ventriküler kitle ile uyumlu olarak genişleme kapasitesi varsa da; bu böyle olmamakta akut perikardiyal efüzyonda olduğu gibi akut dilate olan bir kalp boşluğu ile ventriküler fonksiyonlar bozulmaktadır. Bu etki öncelikle septal itilme ile düzenlenmektedir (22).

4.2 Kardiyo-pulmoner etkileşim:

Bu ilişkinin en bilinen yönü nefes alıp vermekle değişen venöz akımlardır. Pozitif basınçlı solunum yapanlarda RV atım volümü azalmaktadır. Hava yolu basıncı ile pulmoner kan akımı arasında ters orantı vardır. Havayolu basıncındaki ufak değişiklikler bile RV artyükünü arttırdığından RV'ü yetersizliğe sürükleyebilir.

4.3 Sağ Ventrikül Fonksiyonlarının Değerlendirilmesinin Klinik Önemi

RV fonksiyon bozukluğu yapan durumları basınç yüklenmesi, hacim yüklenmesi ve miyokard fonksiyon bozukluğu olmak üzere üç başlık altında toplayabiliriz (21).

4.3.1 Sağ Ventrikülde Basınç Yüklenmesi

Kronik ve akut olarak ikiye ayrılabilir. Kronik basınç yüklenmesi, RV çıkış yolu darlıkları, akciğer hastalıkları, tekrarlayan pulmoner emboliler, sol kalp patolojileri ve primer pulmoner hipertansiyon (PPH) nedeniyle oluşur (26, 27). Başlangıçta RV'de korunmuş sistolik fonksiyonla beraber kompensatuar hipertrofi meydana gelir. Daha sonra RV

kontraktilitesi bozulur, RV'de dilatasyon, hafiften şiddetliye değişen triküspit yetersizliği (TY) ve takiben RA'da genişleme görülür (26).

Akut basınç yüklenmesi, akut pulmoner embolide olduğu gibi ani başlangıçlı artmış pulmoner vasküler direnç ile RV fonksiyonlarını etkiler. Ekokardiyografide RV'de dilatasyon, hipokinezi, İVS'de paradoksik hareket, TY ve pulmoner hipertansiyon görülebilir (19, 26, 28).

RV basınç yüklenmesi oluşturan bazı klinik durumlar:

a) RV çıkış yolu darlıkları

- Konjenital kalp hastalıkları (Pulmoner kapak darlığı, fallot tetralojisi v.b.)
- Edinilmiş kalp hastalıkları (Karsinoid kalp hastalığı v.b.) (29).

b) Primer ve sekonder nedenlere bağlı pulmoner vasküler direnç artışı

- PPH
- Akut ve kronik pulmoner emboliler
- Kronik akciğer hastalıkları: (19, 30)

c) Sol kalp hastalıkları

- LV diyastol sonu basıncının yükseldiği patolojiler (Aort darlığı, hipertansiyon, aort yetersizliği, iskemik kalp hastalığı v.b.): Konjesif kalp yetersizliğinde RV performansı ve pulmoner hipertansiyon prognozu etkileyen faktörlerdir (31-33). LV diyastol sonu basıncında oluşan artış, pulmoner kapiller kama basıncını artırarak RV diyastolik fonksiyonunda bozulmaya yol açabilir, İVS hareketinde oluşan bozulma RV diyastol sonu basıncını artırarak diyastolik fonksiyonlarını bozabilir (34).

- Sol atriyum basıncını artıran patolojiler (Mitral darlık v.b.)

RV'de basınç yükü artışına neden olan tüm durumlarda RV hipertrofisi gelişir. RV hipertrofisi genellikle serbest duvar kalınlığının ölçülmesiyle değerlendirilir. Normalde RV'nin diyastol sonu serbest duvar kalınlığı 5mm'den azdır (21, 26) RV basınç yüklenmesiyle oluşan diğer ekokardiyografik bulgular, RV genişlemesi, TY, İVS hareketinde bozulma, miyokardiyal hipokinezidir (26, 27).

4.3.2 Sağ Ventrikülde Hacim Yüklenmesi

RV'de hacim yüklenmesine neden olan durumlar:

a) Kalp içi sol-sağ Çantlı hastalıklar (Atrial septal defekt (ASD), vb.)

b) Sistemik arteriyovenöz şantlar

c) Sağ kalp kapak hastalıkları (Triküspit ve pulmoner yetersizlikler)

d) Sistemik hacim yüklenmesi

RV'nin hacim yüklenmesi ventrikülün hem şeklinde hem de boyutunda değişikliğe neden olur. RV'de hacim yüklenmesinin en önemli bulgusu sağ ventriküler genişlemedir. Ekokardiyografik diğer bir bulgu da diyastol esnasında İVS'nin sola doğru hareketidir (21).

5. EKOKARDİYOĞRAFI

Ekokardiyografi, ultrason (ses ötesi) dalgalarının kardiyovasküler bozuklukların tanısında kullanım yöntemidir. Ultrasonun mühendislik dalında kullanımı 1800'lü yıllara kadar uzanmasına rağmen, tıpta kullanımı oldukça yenidir. 1950'li yıllarda itibaren birçok araştırmacı organların muayenesinde ultrasonu kullanmaya başlamıştır. Hertz ve Edler sayesinde kardiyojide ekokardiyografinin kullanımı başlamıştır. Günümüze teknolojinin ilerlemesiyle, kalp hastalıklarının tanınması ve takibinde büyük gelişmeler olmuştur (21, 35, 36).

İnsan kulağı 20000/saniye kadar olan titreşimleri ses olarak duyabilmesine rağmen, ekokardiyografide kullanılan titreşimler 2-10 milyon/sn arasındadır. Bu cihaz temelde bir radar özelliği göstermektedir. Göğüs duvarına dayanıp, sesi kalbe değişik açı ve pozisyonlarla göndermede kullanılan, ses kaynağı olan kristalleri içeren, transduser olarak adlandırılan bir kısmı vardır. Transduser'den elektronik veya mekanik olarak oluşturulan ses göğüs içine kaburga aralıklarından yollar. Göğüs duvarı altında, kalbin değişik yoğunluktaki dokularından geçerken genel fizik kurallarına göre sesin bir kısmı geri yansır, daha derine giden seslerin bir kısmı da daha derindeki dokuların değişik yoğunluğu olan yüzeylerinden geri yansır (21, 35, 36).

Transduser'in yapısının bir mikrofon gibi olması nedeniyle transduser'den ses verilmesi saniyenin çok küçük bir bölümünde olurken, yankı (eko) olarak geri gelen titreşimler çok daha uzun zaman bölümüne göre planlanmıştır. Geri gelen sesler, cihazın bilgisayar bölümüne iletilip, geliş zamanlarına göre birbirine eklenip bir resim şekline getirilir ve ekrana yansıtılır. Böylece kalbe veya diğer dokulara yollanan sesin yankıları bir resim olarak ekranda görülebilmektedir. Bu resim devamlı olarak video kasedine veya CD'ye kaydedilebilir, elektronik olarak imaj durdurulup, polaroid veya diğer fotografik yöntemlerle görüntülenebilir. Ayrıca istenen görüntünün resmi de çekilebilmektedir. Önceden belirtildiği gibi ekokardiyografide kullanılan sesin titreşimi 2-10 milyon/sn'dir. 1 milyon titreşim/sn, 1

mega Hertz'e eşit olduğuna göre; ekokardiyografide 2-10 mega Hertz'lik bir titreşim kullanılmaktadır. Erişkin veya büyük çocukta 2-3,5 mega Hertz (MHz) yeterli olabilmekte iken, yenidoğan için 5-7,5- 10 MHz' lik transduser'ler gerekmektedir (21, 35, 36).

Ses kaynağından çıkan titreşimler el fenerinden çıkan ışık gibi tek huzme olarak dokulara gelebilir. Bu titreşimlerin yolu üzerindeki dokulardan geri yansıyan titreşimler hüzmelerin içindeki yoğunlukları farklı bölgelerden yansıyacaktır. Hareketli bölgelerden ise değişen bir eko görüntüsü alınabilecektir. Bu görüntüler ekranda farklı boyları veya parlaklıkları olan ekolar olarak görülmektedir. Boyların farklı gösterilmesi A mod ekokardiyografi olarak, parlaklığın gösterilmesi B mod ekokardiyografi olarak adlandırılmaktadır. Eğer parlak yankının üzerine düştüğü zemin elektrokardiyografi şeridi gibi hareket ederse, 'motion-M-mod' (M mod) ekokardiyografi olarak adlandırılmaktadır. Burada, ışık huzmesinin önündeki kalp dokusunun hareketi zaman birimi ile verilir. Ses (titreşim) kaynağı, mekanik olarak sesi bir yelpaze gibi gittikçe genişleyen, üçgen bir alana doğru yayarsa titreşimler, adeta bir kesit yüzeyi oluşturur. Bu düzeye giren her dokudan da titreşim geri yansır. Böylece yelpaze şeklindeki bu titreşim düzeyi içindeki yapılar da televizyon ekranı içinde resim gibi görülür. Burada en ve boy gibi iki boyut oluştuğu için buna iki boyutlu (bimod, kesit ekokardiyografi, cross sectional) ekokardiyografi olarak adlandırılmaktadır (37).

Ekokardiyografi yalnızca ses dalgalarının kullanıldığı bir yöntem olduğundan, dokuya zarar vermesi söz konusu değildir. Günümüzde ekokardiyografi kalp hastalıklarının tanı ve izleminde çok sık kullanılan bir yöntem durumuna gelmiştir (21, 37, 38).

Doppler Ekokardiyografi 1842 yılında Doppler adındaki Avusturyalı fizikçi, hareket halindeki yıldızlardan gelen ışıkların renginin, yıldızın dünyaya yaklaşması veya uzaklaşmasına bağlı olarak değiştiğini ileri sürdü. Sonraları bu ilkenin hareket halindeki ses için de geçerli olduğu ispatlandı. Son otuz yıldır kalp hastalıkları tanısında Doppler yöntemi çok sık kullanılmakta ve büyük aşamalar göstermektedir. Kalp debisi, kapak yetersizlik ve darlıkları, şantlar, yerleri ve dereceleri belirlenebilmektedir. Kısa aralıklarla belirli hızla gönderilen ses dalgaları kalpte kan akımı içindeki eritrositlere çarparak geriye yansımakta ve geri gelen sesle eritrositlerin hareket yönü ve hızı belirlenebilmektedir. Doppler'de ses verilmiş düzeni ve hızına göre nabız gibi darbeleri (pulsed), devamlı (continuous), veya hızlı darbeleri (fast repetitious pulsed) şeklinde veriler elde edilebilmektedir. Son yıllarda yine elektronik

olarak bu giden ve gelen eritrosit hareketleri, ses huzmesine göre renklendirilmiş ve akımın geliş ve gidiş yönüne göre mavi ve kırmızı renkleri ile, bunların karışımlarından olan mozaik renklerle işaretlenmiştir. Hareketsiz noktalar renksizdir. Bu sayede herhangi bir kapak kaçak veya darlığını, atriyal veya ventriküler septal defektin akım özellikleri çok kolay görülür ve hemodinamik değerlendirme yapılabilir duruma gelmiştir (21, 37-45).

Doku Doppler Ekokardiyografi (DDE): Doku doppler ekokardiyografik görüntüleme tekniği, esas olarak hareket eden dokudan gelen bilgilerin kodlanmasını sağlayan yeni geliştirilmiş bir yöntemdir (46-49). Miyokardiyal hızları analiz ederek kardiyak fonksiyonların araştırılmasını sağlar. İlk kez 1989 yılında Isaz ve arkadaşları (50). tarafından tanımlanan DDE, 1992 yılında McDicken ve arkadaşları (51). tarafından klinik kullanıma koyulmuştur. Bu teknikle miyokard hareketlerinin global veya bölgesel olarak, hem kalitatif, hem de kantitatif olarak mümkün hale gelmiştir.

Doku doppler görüntülemesi konvansiyonel dopplerin modifiye şeklidir ve miyokard hızlarını analiz eder. 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 (46-51).

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 (51).

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. (46-52).

İzovolemik kontraksiyon zamanı (IVCTd): EKG'deki Q dalgasından doku doppler görüntülemesindeki Sd dalgasının başlangıcına kadar olan süredir.

İzovolemik relaksasyon zamanı (IVRTd): Sistolik hareketin sonunda başlar ve erken diyastolik akım öncesinde sonlanır.

Miyokard performans indeksi (MPI= Tei İndeksi): Sistolik ve diyastolik zaman aralıklarını kullanarak global olarak ventrikül performansını değerlendirir (46-52).

Günümüzde kalp hastalıklarının ekokardiyografik olarak incelenmesinde kalbin belirli kesitleri alınmaktadır. Bunlar; uzun ve kısa eksen, apikal dört boşluk, suprasternal ve subkostal-ksifoid görünümüdür. Bu yöntemlerle kalbin değişik açılardan kesitleri yapıp damar boşlukları ve duvar kalınlıkları, atriyum ve ventrikül kasılma özellikleri, kapakların açılma ve kapanma durumları ayrıntılı incelenebilmekte ve gerek doğumsal ve gerekse edinsel kalp hastalıklarında tanı, takip ve tedaviye yanıt açılarından inceleme yapılabilmektedir (21, 37-45).

Ekokardiyografinin değişik modları ile kalp boyutları, sistolik ve diyastolik ventrikül fonksiyonları, debi, basınçlar ve şantlar ölçülebilir. Kardiyak boşluklar ve damarların boyutları doğumda erişkinin %50'si iken 5 yaşında %75'ine ulaşır, 12 yaşında %90'ıdır (53).

6. SAĞ VENTRİKÜL FONKSİYONLARININ EKOKARDİYOĞRAFI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1 Sağ Ventrikül Çalışmalarının Kısa Tarihçesi

İlk olarak 1816 yılında, Sir William Harvey yaptığı bilimsel bir çalışmada sağ ventrikülün önemini ifade etmiştir. “*Sağ ventrikül akciğerlerin beslenmesinden direk sorumlu olmamasına karşın kanın akciğere ulaşmasını sağlamaktadır*” (54). Takip eden yıllarda kardiyolojide sol ventrikülün daha ağırlıklı bir yer tutması nedeniyle sağ ventrikül çalışmaları gölgede kalmıştır. 20. yüzyılın ilk yarısında sağ ventrikül çalışmaları sadece küçük bir araştırmacı grup tarafından yapılmaktaydı. Söz konusu bu araştırmacılar insanlarda kan dolaşımının ancak sağ ventrikül fonksiyonu yeterli olduğunda tam olarak sağlanacağı hipotezini ileri sürmekteydiler (55). Hipotezleri hayvan çalışmalarına dayanmaktaydı. 1950 -

1970'li yıllarda kalp cerrahları geçici sağ ventrikül hipoplazi prosedürlerinde sağ ventrikül fonksiyonlarının öneminin farkına varmışlardır. Sonraki yıllarda kalp yetmezliği, sağ ventrikül enfarktüsü, doğumsal kalp hastalıkları ve pulmoner hipertansiyon konularındaki çalışmalar sağ ventrikül fonksiyonlarının öneminin ortaya çıkmasında katkıda bulunmuşlardır (55).

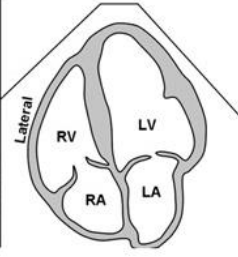
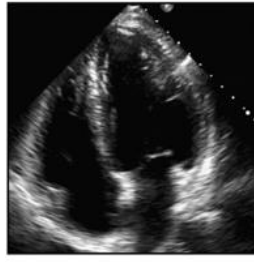
6.2.Sağ Ventrikülün Ekokardiyografik Olarak Değerlendirmesindeki Zorluklar

- a) RV'nin anatomik konumu: RV'nin anatomik yerleşimi retrosternal olduğu için ekokardiyografik olarak görüntüleme akustik pencere kısıtlıdır.
- b) RV'nin kompleks geometrik şekli: LV'nin değerlendirilmesinde kullanılan standart ekokardiyografik kantitatif yöntemlerin kullanımı sınırlıdır.
- c) RV'nin pürüzlü endokardiyal yüzeyi: Sık ve kaba trabeküller anatomik yapı nedeniyle endokardiyal sınırların belirlenmesi zordur. Ölçümler sırasında RV duvarı, trabekülasyonlardan ve epikardiyal yağ dokusundan ayırt edilmelidir.
- d) RV'nin sahip olduğu kompleks kasılma mekanizması
- e) RV'nin fonksiyonları, pulmoner hemodinamik belirteçlerden ve LV'nin fonksiyonlarından etkilenir.

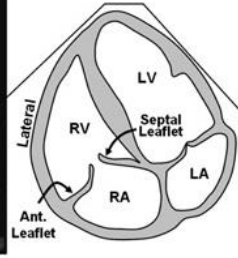
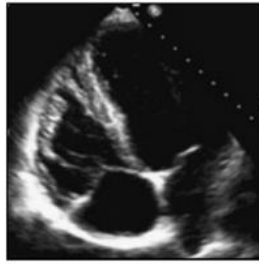
Tüm bu nedenlerden RV'nin ekokardiyografik olarak değerlendirilmesi güçtür ve birçok metod bir arada kullanılarak yapılır (22, 35, 56).

6.3 Sağ Ventrikül'ün Ekokardiyografik İnceleme Planları

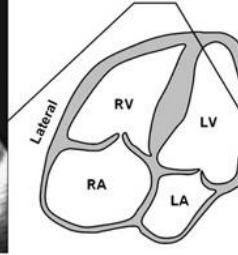
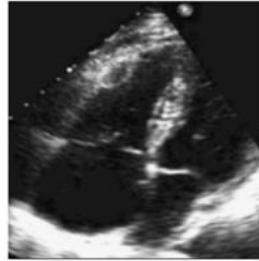
Apikal dört boşluk: RV'nin apikal dört boşluk görüntüsü RV'yi değerlendirmek için en çok kullanılan ve en faydalı bilgileri sağlayan penceredir. Bu plan RV'nin apeksten triküspit annulusa kadar uzun eksenini içine alır. RV dilatasyonunun en iyi değerlendirildiği ekokardiyografik pencereler apikal dört boşluk ve subkostal görüntülerdir (21, 26). RV dilatasyonunun tespit edilmesi, RV basınç ve volüm yüklenmesi açısından ilk bulgu olabilir. (Şekil 3)



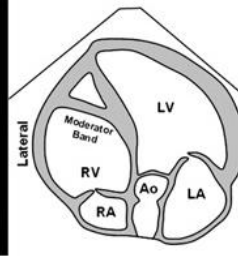
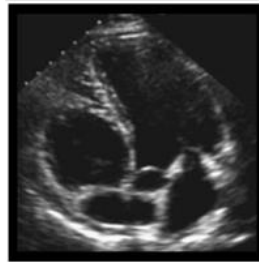
Apical 4-chamber



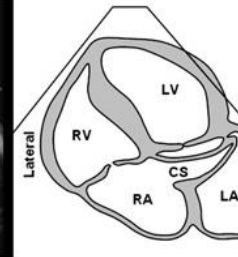
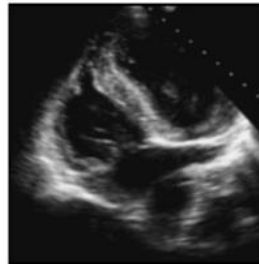
RV focused apical 4-chamber



RV modified apical 4-chamber



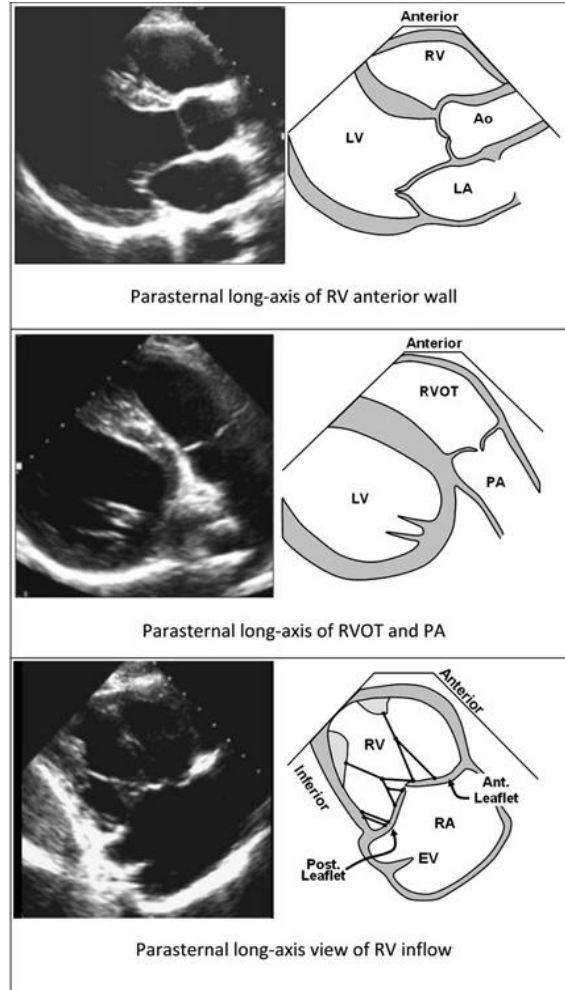
RV apical 5-chamber view



Apical coronary sinus view

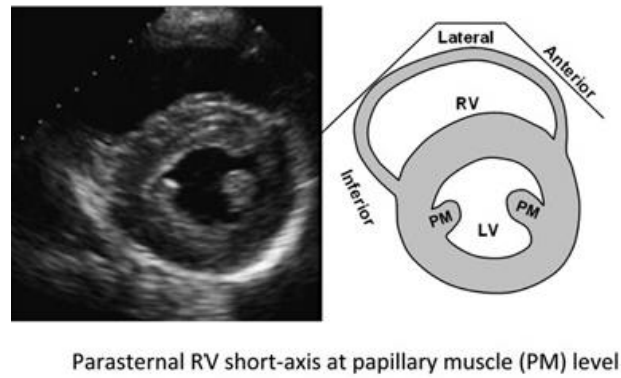
Şekil 3: Apikal dört boşluk kesitleri

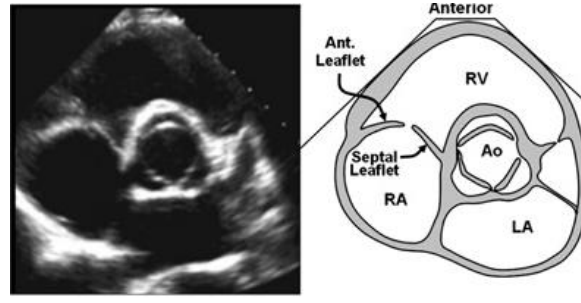
Parasternal uzun aks: Bu pencere, RV sınırlarının ve apeksin çok iyi görüntülenememesi nedeniyle RV değerlendirilmesinde çok fazla bilgi vermez (21).



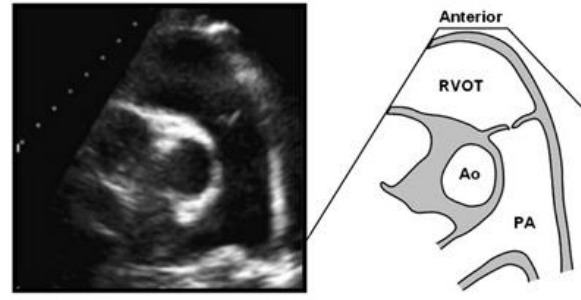
Şekil 4: Parasternal uzun Aks kesitleri

Parasternal kısa aks: RV çıkış yolunun (RVOT) diyastol sonu ve sistol sonu çapları parasternal kısa eksen basis seviyesinden değerlendirilir (57).

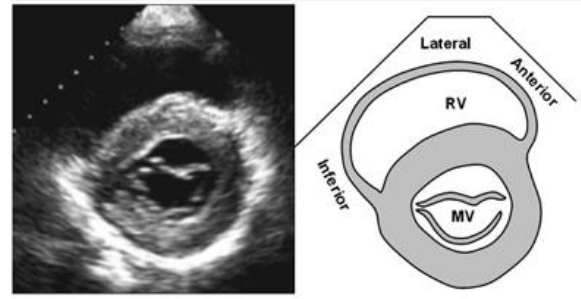




Parasternal short-axis of basal RV



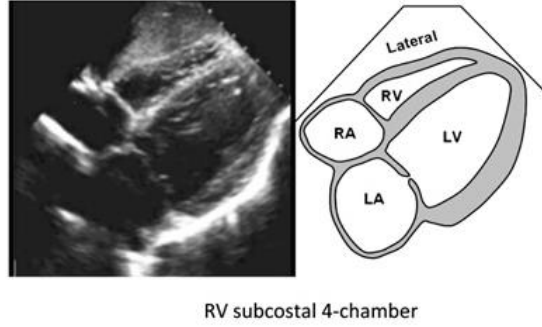
Parasternal short-axis of bifurcation of the PA



Parasternal RV short-axis at MV level

Şekil 5: Parasternal kısa aks kesitleri

Subkostal dört boşluk: Bu pencerede elde edilen görüntü apikal dört boşluk görüntüsünün biraz oblik şeklidir. RV serbest duvar kalınlığı için en doğru ölçüm şekli, R dalgası pik değere ulaştığı zaman subkostal açıdan yapılan ölçümdür. Kronik RV basınç yüklenmesinde RV dilatasyonuna ilaveten RV kalınlaşması da olur. Buna karşın RV displazisinde RV duvarında incelme olmaktadır. Normalde RV kalınlığı 5 mm'nin altında olmaktadır. Bu planda yapılan RV ölçümlerinin standartizasyonu zordur. Daha çok RV boyutlarının ölçülmesi amaçlı olarak infantlarda kullanılır (21).



Şekil 6: Subkostal dört boşluk kesiti

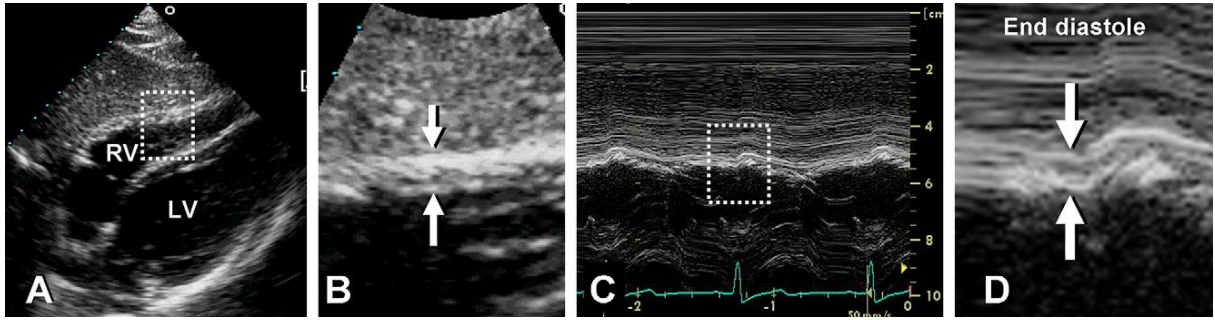
6.4 İki Boyutlu Ekokardiyografi

Normalde kalp apeksine kadar uzanmayan ve tabanı triküspit anulus düzlemi olan sağ ventrikülün sol ventrikülün uzun eksen uzunlugunun $2/3$ 'ünü geçmemesi gerekir. Bu oran eğer $2/3$ 'ü geçmiş ancak $1/1$ oranından küçükse hafif sağ ventrikül genişlemesinden, oran $1/1$ ise orta derecede genişlemeden ve $1/1$ 'den büyük ve apeksin büyük kısmını veya tamamını sağ ventrikül oluşturuyorsa ileri genişlemeden söz edilebilir. Aynı şekilde, sağ atriyum için kabaca sol atriyum boyutlarının aşılması sağ atriyal dilatasyonu düşündürür. Kalitatif yöntemler ilk bakışta ekokardiyografiyi yapanın sağ ventrikül ve atriyumu genişleten nedenlere odaklanmasını sağlaması bakımından oldukça yönlendiricidirler. Sağ ventrikül boyutlarının değerlendirilmesinde kullanılan kantitatif 2 boyutlu yöntemler ise kavite çaplarının ve duvar kalınlığının ölçülmesine dayanır (Şekil 7). Sağ ventrikül kavite çapları en iyi parasternal kısa eksen pencerede kalbin bazal kesitinin alındığı seviyede ve apikal dört boşluk görüntüde ölçülür. En iyi modifiye parasternal uzun eksen pencerede sağ ventrikül inflow görüntüde yapılan bu ölçümle normal erişkinlerde sağ ventrikül lateral duvar kalınlığının 3.4 ± 0.8 mm olduğu bildirilmiştir. Sağ ventrikül basınç yükü varlığında sağ ventriküler lateral duvar gibi interventriküler septumda da hipertrofi meydana gelir. Septal hipertrofi bazen çok ciddi olarak sol ventrikül arka duvarında orantısız şekilde daha kalın bir septuma neden olur ki, bu durum asimetric septal hipertrofi ile karışabilmektedir. Septal düzleşme sağ ve sol ventriküller arasındaki anormal basınç farkına bağlıdır. Normal kalpte sol ventrikülün yuvarlak şekli tüm kalp döngüsü boyunca korunmaktadır ve bunun nedeni LV'deki daha yüksek basınçtır. 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. Sağ ventrikülün basınç yüklenmesi

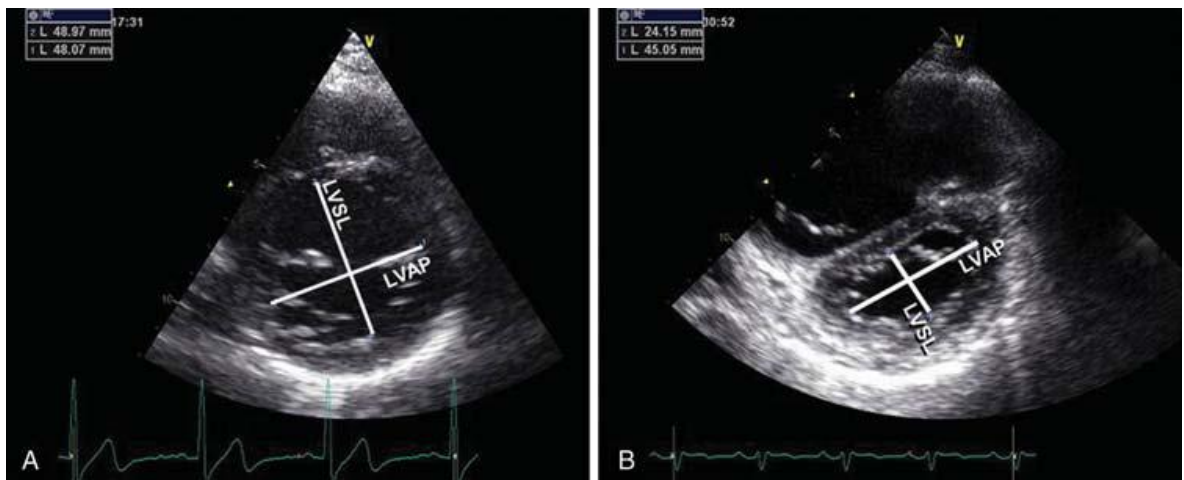
örneğinde bu septal yer değiştirme ve şekil bozukluğu (düzleşme) tüm kalp döngüsü boyunca, yani hem sistol hem diyastolde sürmektedir. Bu özellik, sağ ventrikülün basınç ve hacim yüklenmelerinin ayırıcı tanısında önemli yer tutmaktadır; sağ ventrikül hacim yüklenmesinde interventriküler septal şekil değişikliği ve sol yer değiştirme yalnızca diyastolde olmaktadır. Septal düzleşme sol ventriküler ekzantriklik indeksi ile kantifiye edilebilmektedir. Bu yaklaşımda parasternal kısa eksen görüntüde korda tendinealar hizasında sol ventrikülün birbirine dik iki kesit çapı oranlanmaktadır. Normal bireylerde bu oran 1 veya 1'e yakındır. Septal düzleşme durumunda bu oran 1.0'dan büyük olmaktadır (Şekil 8) (21, 35, 58).

6.5 M-Mod Ekokardiyografi

M-mod ekokardiyografik yöntemle gerek sağ ventrikül lateral duvarı, gerekse interventriküler septumun incelenmesi mümkündür. Parasternal uzun eksen görüntüde M-Mod ekokardiyografik yöntemle septumun paradoks hareketi izlenebilir. Bu durum genel olarak sağ ventrikül hacim yüklenmelerinde görülmekle birlikte basınç yüklenmesinde de gözlenebilir (21, 35, 58).



Şekil 7: Sağ ventrikül duvar kalınlığının ölçülmesi

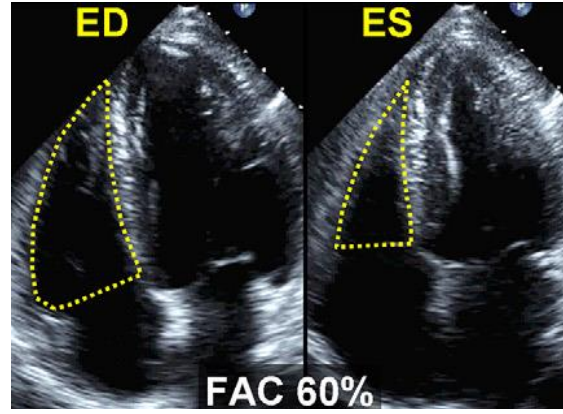


Şekil 8. Sol ventriküler ekzantriklik indeksi

6.6.Ekokardiyografi ile Sağ Ventriküler Fonksiyonların Kantitatif Olarak Değerlendirilmesi

Sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi kardiyak transplantasyon, konjenital kalp hastalıkları, sol ventrikül disfonksiyonu ve aritmojenik sağ ventrikül displazisi gibi çeşitli hastalıklarda giderek daha önemli hale gelmektedir. Pulmoner hipertansiyonda da sağkalımın majör prediktörü olarak sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi önem taşır. Sağ ventrikülün fonksiyonel ve yapısal olarak değerlendirilmesi bazı nedenlerden dolayı sorunlu olmaya devam etmektedir (58). Bu özellikleri, sağ ventrikülün herhangi bir geometrik modele oturtulamaması ve hacim hesaplarının sorunsuz yapılamamasına yol açmaktadır. Son olarak, sağ ventrikülün yük bağımlı olması, perikardiyal etkilere ve sağ taraflı hacim ve basınç yüküne maruz kalabilmesidir (59, 60). Sağ ventriküler ejeksiyon fraksiyonunun kantitatif olarak hesaplanması için kullanılan manyetik görüntüleme, radyonüklid ventrikülografi gibi teknikler invaziv, görece pahalı, zaman alıcı ve sağ ventrikülün kompleks geometrisinden etkilenen tekniklerdir (61,62). Normal RVEF % 40 -76 arasındadır. Bu nedenle, klinik pratikte çok fazla uygulanamamaktadır. Buna karşılık ekokardiyografi, kısa sürede yapılabilen, görece ucuz, girişimsel olmayan ve kısa sürede yorumlanabilen bir teknik olarak sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilemesinde kullanılabilir. Sağ ventrikül fonksiyonları için geliştirilen bir dizi boyutlu ekokardiyografik parametre bulunmaktadır. Bunlar, biplane Simpson analizi (63,64), triküspit annüler düzlem sistolik hareketi (65) ve sağ ventriküler fraksiyonel alan değişimi (RVFAC) (66)'dir (Şekil 9). İki Boyutlu ekokardiyografi ile biplan Simpson sağ ventrikül hacim analizinin, in vitro su deplasmanı ile ölçülen kalıp hacimleri, in vivo akım metre veya invaziv kateterizasyon ile ölçülen atım hacmi (stroke volume) ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ne var ki, trabekülasyonlar ve papiller kaslar tarafından deplase edilen sağ ventrikül hacimlerinin hesaba katılmaması ve konveks interventriküler septum nedeniyle hacimler yaklaşık % 40 gereğinden fazla ölçülebilmektedir (67). Radyonüklid RVEF ile biplan alan-uzunluk ve Simpson analizi ile ölçülen 2 boyutlu ekokardiyografik RVEF arasında iyi bir korelasyon bulunmuştur (68). Ancak, zayıf tanımlanabilen endokardiyal yüzey, ortak uzun aksı olan 2 ortogonal pencerenin kullanılma gerekliliği ve infundibulumun analize katılmasındaki zorluk nedeniyle biplan kantitatif analiz zor olabilmektedir (69). Bu nedenle, hataya açık ve uygulanması zor olan bu yöntem yerine daha basit ve hataya yatkın olmayan teknikler araştırılmaktadır. Sağ ventriküler fraksiyonel alan değişimi apikal dört boşluktan ölçülen bir parametre olup sağ ventrikül alan değişimi ve

dolaylı yoldan sistolik fonksiyonlar hakkında bilgi verir. Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişiminin sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının belirlenmesinde güvenilir olduğu bildirilmiştir (70, 71). Manyetik rezonans görüntüleme ve radyonüklid ventrikülografi ile ölçülen sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ile oldukça iyi ilişkili olduğu bildirilmiştir. Ancak, ölçümünde iki ayrı sağ ventrikül alanı kullanılması, sağ ventrikül endokardının çok iyi takip edilmesi zorunluluğu gibi nedenlerle, biplan Simpson metodu ile ölçülen sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu kadar olmasa da, hatalara açık ve sabır ve dikkat isteyen bir yöntemdir (67, 71).

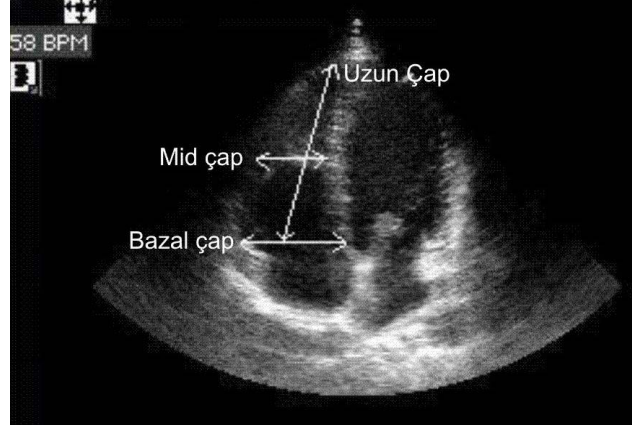


Şekil 9: Sağ ventrikül diyastol sonu alan ölçümü (RVEDA) ve sistol sonu alan ölçümü (RVESA)

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

6.7 Sağ ventrikül boyutlarının ölçümü:

Septum-sağ ventrikül serbest duvar triküspit kapak düzeyinden, mid-septummid-serbest duvar arasından ve triküspit kapak düzeyi ile apex arasından ölçüm yapılır.(Şekil 10).

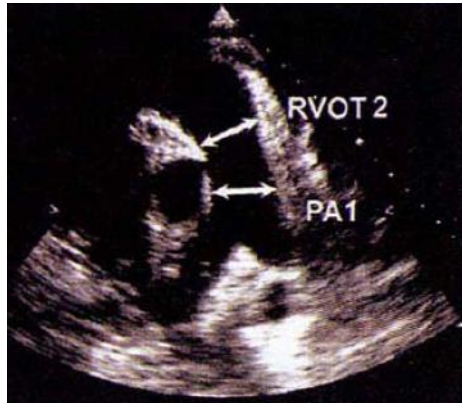


Şekil 10: Apikal 4 boşluktan sağ ventrikül çaplarının ölçülmesi.

Sağ ventrikül fonksiyonları değerlendirilirken sağ ventrikül çıkış yolu ve pulmoner arter çapları da değerlendirilmelidir. Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT) parasternal kısa aksan aortik kapak düzeyinden (RVOT1) ve pulmoner kapak düzeyinden (RVOT2) değerlendirilir. Yine aynı pencereden pulmoner arter çapları ölçülür (Şekil11,12) (38).



Şekil 11: Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT)



Şekil 12 :Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT) ve pulmoner arter. PA:pulmoner arter

6.8 Doppler Ekokardiyografi

Doppler ekokardiyografi RV diyastolik ve sistolik fonksiyonlarını değerlendirmede kullanılan bir yöntemdir. Tüm Doppler ölçümleri solunumla değişkenlik gösteren atım hacminden etkilenir (22).

RV diyastolik fonksiyonlarının Doppler ekokardiyografi ile incelenmesi triküspit akım velositesi üzerinden yapılır (11). TY tespitinde Doppler Ekokardiyografi güvenilir bir yöntemdir ve kontrast madde kullanımı bu yöntemin uygulanabilirliğini artırır (72). TY jet akım velositesi ve Bernoulli denklemi kullanılarak RV sistolik basıncı ölçülebilir. Doppler Ekokardiyografi RV basıncının yükselme hızı ile ilgili bilgi vererek, RV sistolik fonksiyonu hakkında fikir edinilmesine yardımcı olur (73). Pulmoner darlık yoksa RV ve pulmoner arter sistolik basıncı eşittir. Pulmoner arter sistolik basıncı (sPAB) modifiye Bernoulli eşitliği kullanılarak hesaplanabilir.

Sağ atrium (RA) basıncının hesaplanması klinik muayene, triküspit yetersizlik jeti velositesi ve inferior vena kava ölçümleri ile kolaylaştırılır. Triküspit yetersizlik akım profili erken sistolde RV basıncının yükselme hızı hakkında da bilgi vererek RV sistolik fonksiyonları ve'nın sPAB'ın bilinmesine yardımcı olur (73).

6.9 Triküspit Anüler Düzlem Sistolik Hareketlerinin (TAPSE) ölçümü

Sağ ventrikül fonksiyonları hakkında kantitatif bilgi veren TAPSE (triküspit anüler düzlem sistolik hareket) standart sağ ventrikül ölçümlerinden birisidir. Ventrikül uzun aksı boyunca olan uzunlamasına/aksiyal hareketin en kuvvetli olması nedeni ile en hareketli kısmı bazallerdir ve global fonksiyonlarına büyük katkı sağlarlar. Kalp siklusu boyunca kalbin sirküler hareketinin az, rotasyonunun minimal ve apeksin relatif sabit oluşunu kabul edersek kalbin uzun aks fonksiyonunu değerlendirmede atriyoventriküler kapak anulus hareketleri önem kazanır (74).

Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi değerlendirmek için apikal dört boşluk görüntüde, triküspit anulus-lateral serbest duvar ile birleştigi noktadan M-mod trase elde edilir. Bu trasede apekse doğru iki hareket gözlenir. Birinci ileri hareket anulusun sistolik hareketini, ikinci pozitif dalga ise düşük amplitüdü olup atriyum sistolüne aittir. Yani diyastolik periyodu yansıtır. Triküspit anulusun ileri itmesi ile ilgili olduğundan atriyum kompliyansı ve fonksiyonu hakkında fikir verir. Bu iki harekette presistolik incelmeyi bazal seviye olarak alırsak bazal-tepe arasındaki mesafe, sistolik fonksiyon için sistolik hareketin

büyükliğini verir. Diyastolik fonksiyon içinde diyastolik hareketin genliği olan bazal çizgi ile ikinci hareket yüksekliği alınır. Mesafeler arası fark/sistolik büyüklük oranı atriyal katkıyı verir (75).

Triküspit anulus hareketleri mitral anulusunkinden büyük olmasına rağmen, atriyal katkı oranları aynıdır (76). Diyastolik fonksiyonu değerlendirmede yöntemin en önemli avantajı, atriyal fibrilasyon gibi Doppler akım hız eğrilerinin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmasıdır. Sağ ventrikül hareketinin büyük kısmının, ince sağ ventrikül duvarında longitudinal olarak yerleşen subendokardiyal miyokardiyal lifler vasıtasıyla olduğu ve bu nedenle uzun eksende annüler düzlem apeks arasında meydana gelen triküspit annulus hareketinin global sağ ventrikül fonksiyonları hakkında bilgi verdiği düşüncesine (77) dayanan bu ölçümün sağ ventrikül sistolik fonksiyonları hakkında doğrudan bilgi verdiği ve RVEF ile korelasyonunun iyi olduğu gösterilmiştir (69). Uygulanması kolay, hızlı, hataya açık olmayan bu parametre, sağ ventrikül sistolik fonksiyonlar açısından diğer iki boyutlu parametrelere göre daha çok tercih edilmektedir.

6.10 Triküspit Kapak Pulse Dalga Doppler Kayıtları

Diyastolik fonksiyonların Doppler ekokardiyografi bulgular, anjiyografik yöntemlerle elde edilen bulgularla benzerlik gösterirler. Sağ ventrikül doluşunu değerlendiren az sayıda çalışma olmasına rağmen elde edilen veriler LV'ye benzer. Ancak triküspit anulusu geniş olduğu için maksimum erken ve geç doluş akım hızları sol taraftan küçüktür. Bunun yanı sıra erken doluş akım hızının yavaşlama zamanı deselerasyon zamanı (DT) daha uzun olarak ölçülür (78, 79).

Sağ ventrikül diyastolik doluş parametrelerini elde etmek için triküspit kapak uçlarına PDDD'nin örnekleme volümü konulur ve elde edilen Doppler trasesinden erken hızlı doluş dalga (E) hızı ve azalma zamanı ve atriyal kontraksiyon dalga (A) hızı ölçülebilir. E hızı, pasif olarak gerçekleşen erken doluş akımının hızını yansıtır. Bu parametre yaş ve solunumdan en fazla etkilenir. A hızı ise atriyum kontraksiyonu ile oluşan geç doluş akım hızını gösterir. Aynı şekilde kalp hızı, yaş ve solunumdan etkilenir. E hızının azalma zamanı ise miyokardın esnekliği ile ilişkilidir ve en fazla yaş ve kalp hızından etkilenir. DT için üst sınır 300 ms alınabilir. Sağ ventrikül izovolümik gevşeme süreci, pulmoner kapağın kapanışı ile başlar ve triküspid kapağın açılışına kadar sürer. Bu sürecin zamanı sağ ventrikül gevşemesinin bir göstergesidir. 30 ile 90 ms arasında değişir. En fazla yaştan etkilenir (78, 79).

6.11 Sağ Ventrikülün Diyastolik Fonksiyonu

RV doluş özellikleri: Ventrikülün diyastolik fonksiyonunun dolaylı bilgilerini verir. Apikal 4 boşlukta PDDD 2-3 mm sample volümü kapakçık uçlarının arasına yerleştirilerek inceleme yapılır. Bilinen doluş anormallikleri:

Relaksasyon bozukluğu

E amplitüdü azalmış, A amplitüdü artmış, $E/A < 1$ dir. Hepatik ven (HV) ve vena cava akımlarında sistolik komponent artmış, diyastolik komponent azalmıştır.

Restriktif doluş bozukluğu

E dalga amplitüdü artmış, A dalga amplitüdü azalmış, $E/A > 2$ dir. HV ve vena cava akımlarında sistolik komponent azalmış, diyastolik komponent artmıştır. Apne sırasında HV ve vena cava süperiyor (VCS) akım özellikleri de diyastolik fonksiyon için değerli bilgiler verir. Apne sırasında tersine akımın HV de %20, VCS de %10' dan fazla artışı sağ kalp doluş basıncının arttığını düşündürür. İspirasyon veya ekspirasyona cevap olarak tersine akımın artışı restriktif veya konstrikatif kardiomyopati hastalarda görülür (80).

6.12 Sağ ventrikül izovolümetrik relaksasyon zamanı (IVRT) :

Sol ventrikül İVRT Dopplerle rutinde aort kapanış klicki ile mitral akım başlangıcı arasındaki süre olarak ölçülür. Ancak bu metodu aynı şekliyle sağ ventriküle uygulamak mümkün değildir. Sağ ventrikülde İVRT değişik metodlarla ölçülmeye çalışılmış. Burstein (81) pulmoner kapak kapanışı ile triküspit kapak açılışı arasındaki zamanı fonokardiyogram ve juguler venöz trase kombinasyonundan hesaplamıştır. Bu zaman aralığından yararlanarak pulmoner arter sistolik basıncının hesaplanacağını göstermiştir (82, 83).

6.12 Sağ Ventrikül Global Performans İndeksi (Tei-İndeksi)

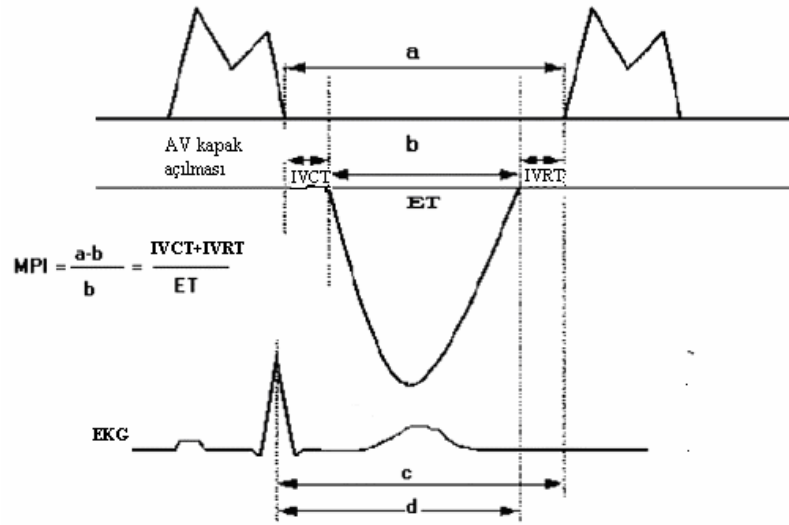
İlk kez Tei (84) ve arkadaşları tarafından tanımlanan global performans indeksi (MPI) ventrikülün hem sistolik hemde diyastolik fonksiyonunu gösterir (85). İndeks izovolümetrik kasılma ve gevşeme zamanlarının toplamının ejeksiyon zamanına oranı ile PDD traselerinden elde edilir (Şekil 13). Ancak triküspit ve pulmoner arter ileri akım kayıtlarının birlikte alınması mümkün olmadığından kayıtlar ayrı ayrı alınarak birleştirilmek zorundadır. Buna karşın Doku Doppler kayıtlarında MPI hesabı daha kolay hesaplanır. İndeksin normal değeri LV için 0.39 ± 0.05 iken sağ ventrikül için 0.28 ± 0.04 olarak bildirilmektedir (86). Konjenital

kalp hastalığı (87) primer pulmoner hipertansiyon (88), kronik obstrüktif akciğer hastalığında prognozun iyi bir göstergesi olduğu gösterilmiştir (89, 90).

Tei indeksinin bazı avantajları vardır:

- 1-Hem sağ hemde sol ventrikül fonksiyonlarını değerlendirmek için kullanılabilir (85, 91, 92).
- 2-Hem sistolik hem de diastolik performansı gösterir.
- 3-Klasik Doppler kayıtlarına göre daha kolay elde edilir.
- 4-Arteryel kan basıncından etkilenmez (92)
- 5-Kalp hızı 50 ile 120 atım/dk da düzetme gerekmez. (84, 86, 93)
- 6-Ventrikül geometrisine bağlı değildir.
- 7-Yüklenme durumundan ve triküs pit regürjitasyonundan etkilenmez.

Dezavantajları ise; kalp hızı 120/dk üzerinde güvenirliliği belli değildir, atrial fibrilasyonlu hastalarda test edilmemiştir (84, 86, 93).



Şekil 13: Pulse Doppler ekokardiyografi ile MPI ölçümü

6.13 Doku Doppler İle Değerlendirilmesi:

Doku Doppler görüntüleme miyokard hareket hızının analiz esasına dayanan yeni bir ekokardiyografik yaklaşımdır (94, 95) Doku Doppler görüntüleme aynı Doppler kuralları geçerlidir. Ancak konvansiyonel Dopplerde yüksek frekanslı ve düşük amplitüdü kan hücrelerinin hızı ölçülürken, DD düşük hız ve yüksek amplitüde sahip miyokarddan gelen sinyalleri analiz eder. Kardiyak yapılar 0,06-0,24 m/sn hızla hareket eder. Bu kan akım

hızının yaklaşık onda biri kadardır. 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 DD ile annulus hareketlerin izlenmesi bize global ventrikül fonksiyonu hakkında bilgi sağlar. Spektral PDDD yöntemi ile maksimal hızlar ölçülür. Miyokard diyastolik/sistolik fonksiyonların objektif değerlendirilmesine olanak sağlar. PDDD düşük velosite sinyallerini elimine etmek için yüksek geçiş filtreleri ve yüksek gain ayarları kullanılır. Doku velositelerini ölçmek için geçiş filtrelerini kaldırmak ve düşük gain amplifikasyonu yeterlidir Parasternal kısa aks, sağ ventrikül uzun aks ve apikal dört boşluk kesitlerde, triküspit annulus lateral köşeden alınan PDDD görüntüler sağ ventrikül fonksiyonlarını değerlendirilmesinde kullanılabilir. Son yapılan çalışmaların birinde pulmoner arter basıncından bağımsız sağ ventrikül sistolik fonksiyonun tesbitinde triküspit anuler sistolik velositenin önemi gündeme gelmiştir (94, 95).

Sağ ventrikül DD görüntüsünü almak için, apikal dört boşluk görüntüde Pulse dalga örnekleme volümü triküspit lateral lifletine komşu sağ ventrikül serbest duvar köşesine yerleştirilir. Ölçümlerin solunumdan etkilenmemesi için ekspiryum sonundaki apne döneminde alınan kayıtlar ölçüm için kullanılır. Bu şekilde elde edilen Doppler trasesinde esas olarak bir pozitif S' ve E' ve A' olmak üzere iki tane negatif diyastolik dalga görülür .

Kukulski ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sağ ventrikül miyokard velositeleri yaklaşık olarak sistolik $12,2 \pm 2,6$, erken diyastolik $12,9 \pm 3,5$, geç diyastolik $11,6 \pm 4,1$ saptanmıştır. Pik sistolik velositeler yaşla beraber düşerken, mitral akım velositelerinde olduğu gibi yaşla beraber erken diyastolik hızlar azalırken, geç diyastolik hızlar artar. Sağ ventrikül erken diyastolik hareket lateral duvarda septuma göre daha erken başlar. Normal bireylerde sağ ventrikül sistolik ve diyastolik pik velositeleri solunumsal değişim gösterirler (96).

Doku Doppler görüntüleme ile sağ ventrikül sistolik fonksiyonları göreceli ön ve ard yükten bağımsız olarak değerlendirilmektedir (96). Triküspit anulus hareketinin zaman intervallerinin ölçülmesi, izovolümik kontraksiyon zamanı ile izovolümik relaksasyon zamanının toplamının ejeksiyon zamanına bölümüyle sağ ventrikül global performans indeksi hesaplanabilir (98).

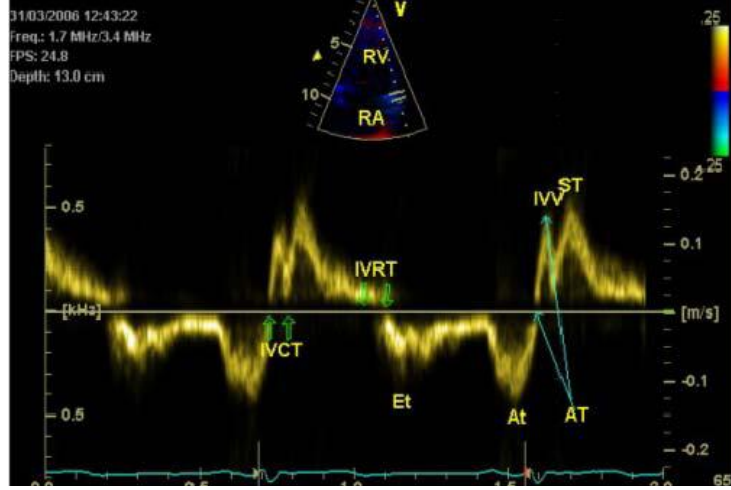
Doku Doppler ile alınan triküspit anulus kayıtlarda; erken diyastolik velosite ve Et/At oranının, göreceli önyükten bağımsız olduğu ve sağ ventrikül diyastolik fonksiyonları değerlendirmede en güvenilir parametre olduğu gösterilmiştir (99, 100). Sağ ventrikülde longitudinal plandaki hızlar sol ventrikülden daha yüksek bulunur. Radyal planda ise sol ventrikül hızları daha yüksektir. Sol ventrikülden farklı olarak sağ ventrikül bazal segment hızları annuler hızlardan daha yüksek bulunur. Sağ ventrikül triküspit anulus diyastolik hızları, önyük değişikliklerinden, geleneksel PW dopplere göre daha az etkilenir. Triküspid anulus sistolik hızı, global sağ ventrikül sistolik fonksiyonunun bir göstergesidir. Sağ ventrikül triküspit anulus sistolik hızı ile radyonüklid ventrikülografi ile ölçülen RVEF arasında iyi bir korelasyon vardır. Sistolik annuler hızın 11,5 cm/sn nin altında olması % 90 duyarlılık % 85 özgüllükle sağ ventrikül EF sinin % 50 nin altında olduğunu gösterir (99) .

6.14 İzovolumetrik Akselerasyon Zamanı

Son yıllarda yapılan çalışmalarda DD ile belirlenen triküspid kapak annular izovolumik miyokardial akselerasyon (İVA) zamanının sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde ön ve ard yük değişikliklerinden bağımsız, güvenilir bir parametre olduğu ortaya çıkmıştır. İzovolumik akselerasyon zamanının kısalmasının sağ ventrikül sistolik disfonksiyonun özellikle erken belirteci olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (101, 102) Vogel ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada İVA'nın sağ ventrikül sistolik fonksiyonunu göstermede; ön ve ardyükten bağımsız, sağ ventrikül basınç volüm yüklenmesinden ise etkilenmediğini göstermişlerdir (103).

Apikal dört boşluk görüntüde PDDD örnek volüm sağ ventrikül serbest duvartriküspit anulus bileşkesine konularak DD kaynaklı hız parametreleri ile ölçülür. İVA elektrokardiyografide (EKG) R dalgasının pikinden hemen önce ortaya çıkan ve DD trasesinde ki sistolik dalganın önünde yer alan dalganın maksimum hızının zirve hıza ulaşınca kadar geçen zaman aralığına bölünmesiyle hesaplanır (Şekil 14) (101-103).

$$\text{İVA}=\text{İVV}/\text{AT}$$



Şekil 14: IVA'nın ekokardiyografik görüntülenmesi

Triküspit Lateral Anülüs Doku Doppler Velositeleri ve Zaman Aralıklarının Ölçümü. St: Sistolik miyokardiyal velosite, Et: Erken diyastolik miyokardiyal velosite, At: Geç diyastolik miyokardiyal velosite, IVCT: İzovolümetrik kontraksiyon süresi, IVRT: İzovolümetrik relaksasyon süresi, AT: İzovolümetrik akselerasyon zamanı IVV: İzovolümetrik kasılma sırasında zirve miyokard hızı.

C. HASTALAR ve YÖNTEM :

Bu çalışma, Ekim 2012-Mart 2013 tarihleri arasında Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Hafsa Sultan Hastanesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Pediatrik Kardiyoloji Polikliniğine kardiyak üfürüm ve/veya göğüs ağrısı nedeni ile sevk edilen tam bir transtorasik ekokardiyografik çalışmada patoloji saptanmayan çocuklarda yapıldı. Yaşları 0-17 arasında olan, eşlik eden kardiyak patolojisi veya başka kronik hastalığı olmayan 607 çocuk çalışma grubu olarak alındı.

Çalışma grubu için, prospektif olarak kardiyak üfürüm ve/veya göğüs ağrısı nedeniyle yapılan tam bir transtorasik ekokardiyografik çalışmada patoloji saptanmayan, her iki cinsiyette çocuklar (yeni doğan- 17 yaş arası) seçildi.

Çalışmaya alınma kriterleri

Kardiyak üfürüm ve/veya göğüs ağrısı nedeniyle hastanemiz pediatrik kardiyoloji polikliniğine sevk edilme.

Tam bir transtorasik ekokardiyografik çalışmada patoloji saptanmaması veya 2 çapı mm'in altındaki patent foramen ovale ve önemsiz soldan sağa şantın olması.

1gün-18 yaş aralığında olma.

Arteriyel kan basıncı düzeylerinin yaşa göre normal sınırlarda olması

Ailenin çalışma yapılmasına izin vermesi

Çalışma dışı bırakma kriterleri

Kardiyak üfürüm ve/veya göğüs ağrısı dışında yakınmasının ve/veya bulgusunun olması.

Tam bir transtorasik ekokardiyografik çalışmada çapı 2 mm'in altındaki patent foramen ovale ve önemsiz soldan sağa şant dışında patoloji saptanması.

Konjenital kalp hastalığı ve/veya öyküsünün olması.

Edinsel kalp hastalığı ve/veya öyküsünün olması.

Kronik hastalık ve/veya öyküsünün olması.

Kromozom anomalisi veya genetik sendrom tanısının olması

Ailenin çalışmaya onay vermemesi

Çalışma Düzeni:

Bu kesitsel çalışmada, çalışmaya alınan tüm olgulardan anamnez, özgeçmiş ve soygeçmiş özellikleri alındı. Tüm olguların ayrıntılı fizik bakıları yapıldı; Ağırlık, boy ve arterial kan basıncı ölçümleri yapıldı. Çalışmaya alınan tüm olguların anamnez, özgeçmiş, soygeçmiş ile ilgili bilgileri, antropometrik ölçümleri, arteriyel kan basıncı ölçümleri ile tüm laboratuvar bulguları tarih sırasına göre daha önce basılmış ve üzerinde hastanın demografik bilgilerinin de bulunduğu formlara kaydedildi.

Hastalara takibinde 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.

Antropometrik Ölçümler

- **Ağırlık ölçümü:** 100 gr. aralıkla ölçüm yapabilen, Soehnle (CMS Weighing equipment LTD, Germany) marka tartı ile kilogram cinsinden ölçüldü.
- **Boy ölçümü:** 0.1mm aralıkla ölçüm yapabilen, Ravel Harpenden stadiometre ile ölçülerek metre cinsinden kaydedildi.

Vücut yüzey alanı, DuBois Formülü kullanılarak hesaplandı.

Arteriyel kan basıncı ölçümü:

Arteriyel kan basıncı, 20 dakikalık dinlenme periyodunun ardından çocuğun yaşına uygun manşon kullanılarak noninvaziv olarak yapıldı. On dakika ara ile sağ koldan iki ölçüm gerçekleştirildi. Birinci Korotkoff sesinin duyulduğu değer sistolik kan basıncı, Korotkoff seslerinin kaybolduğu değer diyastolik kan basıncı olarak kaydedildi. İki ölçümün ortalaması alınarak (sistolik ve diyastolik kan basınçları için) elde edilen değerler hastanın arteriyel kan basıncı olarak kaydedildi.

Standart Ekokardiyografik Çalışma

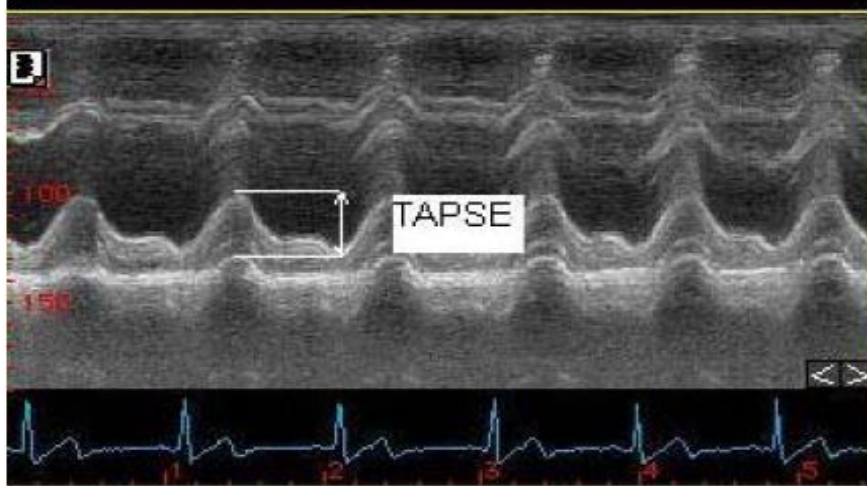
Ekokardiyografik çalışmalar GE Vingmed Vivid S 6 (GE Vingmed Ultrason, Horten, Norway) Eko cihazı ile 2,5-3,5 prob kullanılarak yapıldı. İnceleme esnasında hastalar sırtı üstü yatar veya sol lateral pozisyonda idi. Hiçbir hastaya sedatif verilmedi. Her hastanın

incelemesi yaklaşık 20 dakika sürdü. İlk 5 dakika hastanın sakinleşmesi beklendi. Tüm olgulara standart ekokardiyografik değerlendirme yapıldı. Standart ekokardiyografik değerlendirme; 2-D (iki boyutlu), pulsed-doppler, renkli akım doppler ve M-mode ekokardiyografiden oluşuyordu. Ekokardiyogramlar standart prekordiyal pozisyonlardan alındı (105).

M-Mode ekokardiyografik ölçümler Amerika Ekokardiyografi Derneğinin m-mode standardizasyon komitesinin önerilerine göre yapıldı (106). M-Mode ölçümleri kursor sol ventrikülde mitral kapak ucundaki seviyedeyken yapıldı. İnterventriküler septum ve sol ventrikül arka duvarın diyastol sonu kalınlıkları (İVSd) (LVADd), sol ventrikül kavitesinin diyastol ve sistol sonu ölçümleri (LVd-LVs) parasternal uzun ekseninde yapıldı

Triküspit Anüler Düzlem Sistolik Hareketlerinin (TAPSE) ölçümü

TAPSE daha önce önerildiği gibi, kursor triküspit anulus serbest duvarında yerleştirilerek apikal 4-boşluk görüntüde 2 boyutlu ekokardiyografi kılavuzluğunda M-mod kayıtlarından ölçüldü. Maksimal TAPSE triküspit anulusun toplam esnemesi ile belirlenecektir. Annulusun atriyal yükselme sonrası en yüksek konumdan ventriküler sistol sırasında en düşük konuma kadar olan mesafe ölçüldü. Bebeklerin muayene sırasında biberonla beslenmesi için izin verildi.



Şekil 15: Triküspid anüler plan sistolik esneme mesafesinin (TAPSE) Ölçümü

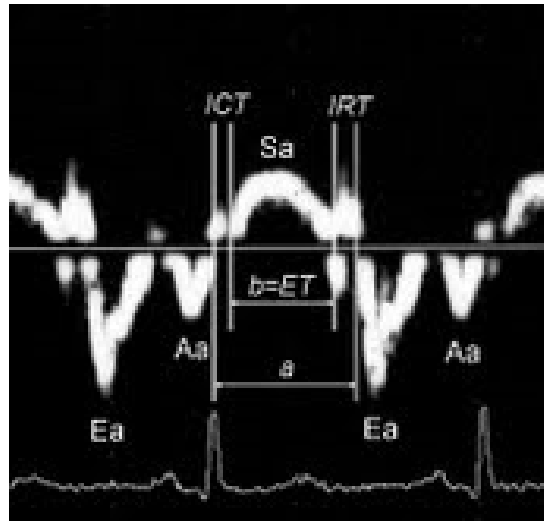
Doku Doppler Ekokardiyografik Çalışma

Standart ekokardiyografik çalışmadan sonra aynı cihazın doku doppler fonksiyonu aktive edilerek yapıldı. Doku doppler ekokardiyografik ölçümler apikal dört boşluk görüntüsünden yapıldı. Sağ ventrikül ön duvarında üç miyokardiyal segmente kursor yerleştirildi. Her birinin bazal segmentleri düzeyinde Pulsed dalga doku doppler yerleştirilerek miyokardiyal doku hızları kaydedildi (Şekil 17). 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 17).

Şekil-16'de gösterildiği şekilde Pulsed dalga doku doppler ekokardiyografide izovolemik kasılma zamanı(ICT), Izovolemik relaksasyon zamanı (IRT) ve Ejeksiyon zamanı(ET) ölçümleri yapıldı ve bu ölçümler kullanılarak, miyokard performans indeksi(MPI) hesaplandı.

$$MPI = (a-b)/b$$



Şekil-16: Pulsed dalga doku doppler ekokardiyografide izovolemik kasılma zamanı (ICT), Izovolemik relaksasyon zamanı (IRT) ve Ejeksiyon zamanı (ET) ölçümleri

Çalışmaya alınan tüm çocuklara ve ailelerine çalışma hakkında bilgi verilerek onay formu imzalatıldı. Çalışmaya başlamadan önce Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan onay alındı.

İstatistiksel analiz; Araştırmada SPSS 15.0 programında aritmetik ortama ve standart sapma, persantil değerleri gibi tanımlayıcı istatistiksel analizler ile sürekli değişkenlerin korelasyon analizinde Pearson korelasyon analizi, ikiden çok grubun ortalamalarının karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizinde post hoc değerlendirmede Bonferoni testi kullanılmıştır. TAPSE değerini belirleyen değişkenleri değerlendirmek amacıyla çok değişkenli analiz olarak lineer regresyon modeli kurulmuştur. Tüm analizde $p < 0.05$ istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak belirlenmiştir.

D. BULGULAR

Çalışmamıza 0-18 yaş arasında toplam 607 çocuk dahil edildi. Çocukların %55,85'si erkek (n:339)ve %44,15'i kız (n:268) idi (Tablo 1).

Tablo 1. Araştırma grubunun cinsiyete göre dağılımları.

	N	%
Erkek	339	55,85
Kız	68	44,15
Toplam	607	100

Tüm gruplar birlikte değerlendirildiğinde ortalama yaş $6,29 \pm 5,31$ yıl (0-17 yıl) saptandı. Çalışmayan katılan çocukların vücut ağırlığı 2 kg ile 97 kg, boyu 46 cm ile 190 cm arasında değişirken buna paralel olarak vücut yüzey alanı $0,16 \text{ m}^2$ ile $2,14 \text{ m}^2$ aralığında hesaplandı. Tüm çocukların KB, KN değerleri yaş grubuna göre normal sınırlarda saptandı (Tablo 2).

Tablo 2. Araştırma grubunun yaş, ağırlık, boy, vücut yüzey alanı sistolik ve diyastolik kanbasıncı, nardiyak nabız verileri.

n: 607	Ortalama \pm SD (min-max)
Yaş (yıl)	$6,29 \pm 5,31$ (0-17)
Boy (cm)	$111,51 \pm 37,75$ (46-190)
Vücut ağırlığı (kg)	$25,57 \pm 18,91$ (2-97)
Vücut yüzey alanı (m^2)	$0,86 \pm 0,48$ (0,16-2,14)
Kardiyak nabız (vuru/dk)	$101,81 \pm 24,54$ (50-168)
Sistolik KB (mmHg)	$95,87 \pm 14,17$ (66-140)
Diyastolik KB (mmHg)	$57,93 \pm 12,34$ (40-90)

KB: Kan basıncı

Yaş gruplarında en kalabalık grup 52 kişi (%8,57) ile 3-6 ay arasında iken, en az kişi 18 kişi (% 2,97) ile 1 yaş, 16 yaş ve 17 yaş gruplarında saptandı (Tablo 3).

Tablo 3. Araştırma grubunun yaş ve cinse göre dağılımı

Yaş grupları	Erkek		Kız		Toplam	
	(n)	%	(n)	%	(n)	%
0-30 gün	11	1,82	12	1,97	23	3,79
1-2 ay	28	4,61	14	2,31	42	6,92
3-5 ay	33	5,45	19	3,13	52	8,58
6-8 ay	16	2,64	9	1,48	25	4,12
9-11 ay	12	1,97	6	0,99	18	2,96
1 yaş	10	1,65	9	1,48	19	3,13
2 yaş	11	1,82	10	1,65	21	3,47
3 yaş	17	2,80	16	2,63	33	5,43
4 yaş	21	3,46	15	2,47	36	5,93
5 yaş	24	3,96	15	2,47	39	6,43
6 yaş	16	2,64	8	1,31	24	3,95
7 yaş	17	2,80	18	2,96	35	5,76
8 yaş	17	2,80	7	1,15	24	3,95
9 yaş	17	2,80	19	3,13	36	5,93
10 yaş	11	1,81	11	1,81	22	3,62
11 yaş	18	2,96	13	2,15	31	5,11
12 yaş	11	1,82	16	2,64	27	4,46
13 yaş	11	1,81	11	1,81	22	3,62
14 yaş	9	1,48	14	2,31	23	3,79
15 yaş	8	1,31	11	1,82	19	3,13
16 yaş	10	1,65	8	1,31	18	2,96
17 yaş	11	1,81	7	1,15	18	2,96

Çalışmamızda TAPSE ortalaması $1,89 \pm 0,50$ cm, RV S' ortalaması $11,00 \pm 1,58$ cm/s, RV E' ortalaması $13,91 \pm 2,68$ cm/s, RV A' ortalaması $10,98 \pm 2,05$ cm/s ve RVMPİ ortalaması $0,29 \pm 0,02$ olarak bulundu. LV EF ve LV SF tüm çocuklarda normaldi (Tablo 4).

Tablo 4. Araştırma grubunun ekokardiyografi verileri

n: 607	Ortalama \pm SD (min-max)
TAPSE (mm)	$1,89 \pm 0,50$ (0,8-3,16)
RV E' (cm/s)	$13,91 \pm 2,68$ (6-22,6)
RV A' (cm/s)	$10,98 \pm 2,05$ (6,2-17,2)
RV S' (cm/s)	$11,00 \pm 1,58$ (6-16,9)
TST (ms)	$340,40 \pm 53,48$ (185-481)
ET (ms)	$263,05 \pm 41,78$ (140-391)
RV MPİ	$0,29 \pm 0,02$ (0,23-0,36)
RV orta (mm)	$2,46 \pm 0,66$ (1,02-4,37)
RV bazal (mm)	$2,81 \pm 0,74$ (1,4-4,8)
LV ed (mm)	$3,39 \pm 0,93$ (1,51-5,6)
LV es (mm)	$2,26 \pm 0,63$ (0,94-3,9)
LV EF (%)	$63,51 \pm 2,92$ (60-75)
LV FS (%)	$33,48 \pm 2,22$ (30-42)

Çalışmamızda kız ve erkeklerde TAPSE, RV E', RV A', RV S' ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$). RV MPİ ortalaması kızlarda ($0,30\pm0,30$) erkeklerden ($0,29\pm0,02$) daha yüksek saptandı, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P=0,011$) (Tablo 5).

Tablo 5. TAPSE, RV MPİ ve RV S' cinsiyete göre dağılımı (ort ± SD).

	Erkek (n: 339) ort±SD	Kız (n: 268) ort±SD	P
TAPSE (cm)	1,87±0,52	1,91±0,48	0,384
RVMPİ	0,29±0,30	0,30±0,02	0,011
RV E' (cm/s)	13,87±2,70	13,95±2,65	0,718
RV A' (cm/s)	11,04±2,14	10,93±1,95	0,520
RVS' (cm/s)	11,10±1,58	10,88±1,57	0,099

Student t testi

Yaş gruplarına göre TAPSE, RV E', RV A', RV S' ve RV MPİ ortalama değerleri çocuklar 0-30 gün, 1-3 ay, 3-6 ay, 6-12 ay, 1-3 yaş, 3-5 yaş, 5-9 yaş, 9-13 yaş ve 13- 18 yaş olarak 9 gruba ayrılarak hesaplandı. Yeni doğan döneminde TAPSE ortalaması $0,96 \pm 0,08$ (0,8-1,14) cm, 13-17 yaş grubunda ise $2,49 \pm 0,29$ (1,77-3,16) cm saptandı (Tablo 6) .

Tablo 6. Yaş gruplarında TAPSE ortalamaları (ort ± SD).

	n	TAPSE (cm)	
		ort±SD	(max-min)
0-30 gün	23	$0,96 \pm 0,08$	(0,80-1,14)
1-2 ay	42	$1,15 \pm 0,11$	(0,86-1,4)
3-5 ay	52	$1,29 \pm 0,12$	(1,00-1,71)
6-8 ay	25	$1,42 \pm 0,13$	(1,14-1,80)
9-11 ay	18	$1,47 \pm 0,12$	(1,25-1,67)
1-2 yaş	73	$1,64 \pm 0,17$	(1,26-2,04)
3-5 yaş	75	$1,89 \pm 0,16$	(1,50-2,33)
5-8 yaş	119	$2,10 \pm 0,20$	(1,66-2,76)
9-12 yaş	102	$2,38 \pm 0,24$	(1,70-3,10)
13-17 yaş	78	$2,49 \pm 0,29$	(1,77-3,16)
Toplam	607	$1,89 \pm 0,50$	(0,8-3,16)

Yeni doğan döneminde RV A', RV E', RV S' ve RV MPİ ortalamaları sırası ile 10,58±1,74 cm/s, 8,49±1,42 cm/s, 8,08±1,37 cm/s, 0,30±0,02, ve adölesan (3-17 yaş) yaş grubunda ise sırası ile 10,97±1,87 cm/s, 15,38±1,82 cm/s, 11,84±1,22 cm/s ve 0,29±0,03 saptandı (Tablo 7).

Tablo 7. Yaş gruplarında RV A', RV E', RV S' ve RV MPİ ortalamaları (ort ± SD).

	n	RV A' (cm/s) ort±SD	RV E' (cm/s) ort±SD	RVS' (cm/s) ort±SD	RVMPİ ort±SD
0-30 gün	23	10,58±1,74	8,49±1,42	8,08±1,37	0,30±0,02
1-2 ay	42	12,63±1,83	10,08±1,79	9,56±1,37	0,30±0,02
3-5 ay	52	12,39±2,03	11,62±2,38	10,31±1,44	0,29±0,02
6-11 ay	43	12,28±2,06	12,53±1,84	10,64±1,12	0,29±0,02
1-2 yaş	73	10,8±1,56	14,06±1,79	10,87±1,30	0,29±0,03
3-5 yaş	75	10,63±1,98	14,71±1,67	11,27±1,32	0,30±0,02
6-8 yaş	119	10,15±1,97	14,81±1,76	11,35±1,37	0,29±0,02
9-12 yaş	102	10,5±1,91	15,55±2,10	11,6±1,46	0,30±0,02
13-17 yaş	78	10,97±1,87	15,38±1,82	11,84±1,22	0,29±0,03
Toplam	607	10,98±2,05	13,90±2,68	11,00±1,58	0,29±0,02

Yaş grupları arasındaki farkın değerlendirilmesi için yaş grupları ilk 0-11 ay, 1-5 yaş, 6-12 yaş ve 13-17 yaş olmak üzere 4 gruba ayrıldı. TAPSE ortalamalarının tüm gruplarda birbirinden farklı saptanırken (P=0,000), RV MPİ ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı saptanmadı (P= 0,580). RV E' ve RV S' ortalamalarının ilk yaş grubunda arttığı bu artışın anlamlı olduğu 5-12 yaş ve 13-17 yaş grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi (P= 0,000). RV A' ortalamalarının ilk yaşta istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu diğer yaş grupları arasındaki farkın anlamlı olmadığı bulundu (P=0,000) (Tablo 8).

Tablo 8. Yaş gruplarına göre RV E', RV A', RV S', RV MPİ ve TAPSE ortalamaları (ort±SD)

	n	RV E' (cm/s) ort±SD	RV A' (cm/s) ort±SD	RV S' (cm/s) ort±SD	RV MPİ ort±SD	TAPSE (cm) ort±SD
0-11 ay	160	11,01±239 ^a	12,17±2,04 ^a	9,89±1,67 ^a	0,30±0,03	1,25±0,20
1-5 yaş	148	14,39±1,76 ^b	10,72±1,78 ^b	11,08±1,33 ^b	0,30±0,03	1,77±0,21
6-12 yaş	221	15,16±1,96 ^c	10,32±1,95 ^c	11,48±1,42 ^c	0,30±0,03	2,23±0,26
13-17 yaş	78	15,38±1,82 ^d	10,97±1,87 ^d	11,84±1,26 ^d	0,30±0,03	2,49±0,30
P		0,000	0,000	0,000	0,580	0,000
		a<b<c=d	a>b=c=d	a<b<c=d		

TAPSE ile yaş ve vücut yüzeyi arasında güçlü pozitif korelasyon bulundu (P= 0,000). Doku doppler RV A' ile zayıf negatif (P= 0,000), RV S' ve RV E' ile pozitif korelasyon (P= 0,000), sol ventrikül boyutu (LV ed) (P= 0,000), sağ ventrikül boyutu (RV bazal) (P= 0,000) ile güçlü pozitif korelasyon saptanırken RV MPİ ile istatistiksel açıdan anlamlı bir korelasyon saptanmadı (P= 0,847) (Tablo 9).

Tablo 9. TAPSE ile yaş, vücut yüzey alanı ve ekokardiyografi parametreleri arasındaki korelasyon

TAPSE	r	p
Yaş	0,882	0,000
Vücut yüzey alanı	0,898	0,000
RV E'	0,659	0,000
RV A'	- 0,171	0,000
RV S'	0,533	0,000
RV MPİ	0,008	0,847
LV ed	0,910	0,000
RV bazal	0,905	0,000

Pearson korelasyon

TAPSE ile tek değişkenli analizlerde anlamlı bulunan parametreler kullanılarak iki farklı regresyon modeli kurulmuştur. bu modellerden ilki tapse ile vücut yüzey alanı, doku doppler ile elde edilen RVE', RV S' arasında kurulan lineer regresyon modelidir. Kurulan modeldeki değişkenler TAPSE değerini % 83,9 oranında açıklamaktadır (Tablo 10).

Tablo 10. Vücut yüzey alanı, RV E', RV S' lineer regresyon modeli

	Beta	Sabit hata	p	% 95 GA
Sabit	0,484	0,061	0,000	(0,362-0,603)
VYA	0,821	0,021	0,000	(0,779-0,864)
RV E'	0,031	0,050	0,000	(0,021-0,040)
RV S'	0,025	0,007	0,000	(0,011-0,039)
Lineer regrasyon	r^2 : 0,839			

VYA: vücut yüzey alanı

Diğer regresyon modeli de TAPSE ile vücut yüzey alanı ve sol ventrikül boyutu (LV ed), sağ ventrikül boyutu (RV bazal) ile kurulan modeldir. Bu modelde vücut yüzey alanı, sol ventrikül (LV ed) ve sağ ventrikül boyutu (RV bazal) TAPSE değerini % 86,3 oranında açıklamaktadır (Tablo 11).

Tablo 11. Vücut yüzey alanı ve sol ventrikül boyutu sağ ventrikül boyutu lineer regresyon modeli

	Beta	Sabit hata	P	% 95 GA
Sabit	0,358	0,048	0,000	(0,265-0,452)
VYA	0,288	0,046	0,000	(0,197-0,378)
RV bazal	0,237	0,030	0,000	(0,179-0,295)
LVed	0,184	0,027	0,000	(0,131-0,236)
Lineer regrasyon	r^2 : 0,863			

VYA: vücut yüzey alanı

Çalışmamızda çocuklar vücut yüzey alanı 0-0,25 m², 0,26-0,50 m², 0,51-0,75 m², 0,76-1,00 m², 1,01-1,25 m², 1,26-1,50 m², 1,51-1,75 m², 1,76- 2,14 m² olacak şekilde 8 gruba ayrılarak 5, 10, 25, 50, 75, 90 ve 95. persentilleri hesaplandı (Tablo 13). İlk grupta (0-

0,25 m²) 5. persetil TAPSE değeri 0,82 cm iken son grupta (1,76- 2,14 m²) 1,83 cm, ilk grupta 95. persetil TAPSE değeri 1,28 cm iken son grupta 3,07 cm saptandı.

Tablo 13. Vücut yüzey alanı gruplarında persentillere göre TAPSE ortalamaları

Yaş	n	5 p	10 p	25 p	50 p	75 p	90 p	95 p
0-0,25 m ²	47	0,82	0,86	0,94	1,07	1,13	1,22	1,28
0,26-0,50 m ²	130	1,10	1,18	1,24	1,34	1,45	1,56	1,65
0,51-0,75 m ²	94	1,46	1,54	1,67	1,75	1,83	1,95	2,05
0,76-1,00 m ²	112	1,70	1,76	1,90	2,00	2,16	2,30	2,37
1,01-1,25 m ²	84	1,85	1,95	2,07	2,23	2,37	2,47	2,66
1,26-1,50 m ²	65	2,06	2,11	2,23	2,44	2,55	2,70	2,86
1,51-1,75 m ²	52	2,10	2,13	2,30	2,52	2,69	2,97	3,02
1,76- 2,14 m ²	23	1,83	2,13	2,30	2,53	2,77	2,86	3,07

Çalışmamızda çocuklar 0-30 gün, 1-3 ay, 3-6 ay, 6-12 ay, 1-3 yaş, 3-5 yaş, 5-9 yaş, 9-13 yaş ve 13- 18 yaş olarak 9 gruba ayrılarak 5, 10, 25, 50, 75, 90 ve 95. persentilleri hesaplandı. Yeni doğan döneminde 5. persetil TAPSE değeri 0,80 cm iken cm, adölesan dönemde (13-17 yaş grubu) ise 2,04 cm, yeni doğan döneminde 95. persetil TAPSE değeri 1,13 cm iken cm, adölesan dönemde (13-17 yaş grubu) ise 3,00 cm saptandı (Tablo 14).

Tablo 14. Yaş gruplarında persentillere göre TAPSE ortalamaları

Yaş	n	5 p	10 p	25 p	50 p	75 p	90 p	95 p
0-30 gün	23	0,80	0,82	0,90	0,96	1,00	1,09	1,13
1-2 ay	42	0,88	1,02	1,09	1,16	1,23	1,29	1,36
3-5 ay	52	1,09	1,17	1,23	1,27	1,37	1,45	1,51
6-11 ay	43	1,22	1,27	1,35	1,45	1,53	1,65	1,67
1-2 yaş	73	1,33	1,38	1,51	1,67	1,73	1,87	1,95
3-5 yaş	75	1,61	1,68	1,78	1,90	2,00	2,14	2,20
6-8 yaş	119	1,74	1,81	1,96	2,13	2,25	2,36	2,40
9-12 yaş	102	1,96	2,06	2,22	2,40	2,53	2,70	2,77
13-17 yaş	78	2,04	2,12	2,28	2,50	2,70	2,90	3,00

Yaş gruplarında TAPSE için -2 ve -3 standart sapma değerleri hesaplandı. Yeni doğan döneminde -2 SD ve -3 SD TAPSE değeri 1,14 cm, +2 SD ve +3 SD TAPSE değeri 1,14 cm, bulundu. Adölesan dönemde (13-17 yaş grubu) -2 SD TAPSE değeri 1,80 cm, -3 SD TAPSE değeri 1,77 cm , +2 SD TAPSE değeri 3,12 cm ve +3 SD TAPSE değeri 3,16 cm idi (Tablo 15).

Tablo 15. Yaş gruplarında ± 2 SD ve ± 3 SD TAPSE ortalamaları

Yaş	n	- 2 SD	+2 SD	-3 SD	+3 SD
0-30 gün	23	0,80	1,14	0,80	1,14
1-2 ay	42	0,86	1,39	0,86	1,40
3-5 ay	52	1,01	1,64	1,00	1,71
6-11 ay	43	1,14	1,78	1,14	1,80
1-2 yaş	73	1,29	2,00	1,26	2,04
3-5 yaş	75	1,56	2,21	1,50	2,33
6-8 yaş	119	1,72	2,47	1,66	2,76
9-12 yaş	102	1,87	2,93	1,70	3,10
13-17 yaş	78	1,80	3,12	1,77	3,16

E. TARTIŞMA

Kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesinde tanı ve takip amacıyla kullanılacak ideal tetkik yönteminin noninvazif, doğruluk ve tekrar edilebilirlik değeri yüksek, iyonizan radyasyon içermeyen, eksojen kontrast madde kullanımı gerektirmeyen, kolay uygulanabilir ve rahat ulaşılabilir bir yöntem olması tercih edilmektedir.

Kullanımında çeşitli güçlüklerle karşılaşılmasına rağmen; ucuz, kolay uygulanabilir ve çabuk sonuç vermesi nedeniyle ekokardiyografik yöntemler daha çok kullanılmaktadır. Ekokardiyografideki gelişmelere paralel olarak sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde de gün geçtikçe değişik ekokardiyografik metodlar kullanılmaktadır. Uygulaması daha kolay, sınırlılıkları azaltan, çabuk sonuç veren yöntemler üzerinde çalışılmaktadır.

Ekokardiyografik yöntemlerden en sık olarak sağ ventriküler alan değişiminden yararlanılmaktadır. Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, myokard performans indeksi sıklıkla kullanılan diğer yöntemlerdir. Sağ ventrikülün yapısının kompleks oluşu ve volüm hesaplamak için herhangi bir geometrik modele uygun olmaması bu yöntemlerin kullanımını sınırlar. Sağ ventrikül alansal değişim ve ejeksiyon fraksiyonunun hesaplanması ayrıca zaman alıcı işlemler gerektirir. Myokard performans indeksi (MPI) ise aritmilerde ve bloklü hastalarda kullanılamaz ve yine hesaplamak için çeşitli işlemlere gereksinim duyulmaktadır (19).

1950'lerde, Rushmer ve Krystal ilk olarak sağ ventrikülün ejeksiyonun öncelikle duvarının uzun eksen kasılması ve triküspit anulusun apekse doğru hareketi ile olduğuna dikkat çekmişlerdir (107). Sağlıklı erişkinlerde, triküspid anulusun en büyük hareketinin kendi lateral eksenini boyunca olduğu gösterilmiştir (96).

Sağ ventrikül fonksiyonları hakkında kantitatif bilgi veren TAPSE standart sağ ventrikül ölçümlerinden birisidir. Ventrikül uzun aksı boyunca olan uzunlamasına/aksiyal hareketin en kuvvetli olması nedeni ile en hareketli kısmı bazallerdir ve global fonksiyonlarına büyük katkı sağlarlar. Kalp siklusu boyunca kalbin sirküler hareketinin az, rotasyonunun minimal ve apeksin relatif sabit oluşunu kabul edersek kalbin uzun aks fonksiyonunu değerlendirmede atriyoventriküler kapak anulus hareketleri önem kazanır (74).

Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi değerlendirmek için apikal dört boşluk görüntüde, triküspit anulus-lateral serbest duvar ile birleştiği noktadan M-mod trase elde edilir. Bu trasede apekse doğru iki hareket gözlenir. Birinci ileri hareket anulusun sistolik hareketini, ikinci pozitif dalga ise düşük amplitüdü olup atriyum sistolüne aittir. Yani diyastolik periyodu yansıtır. Triküspit anulusun ileri itmesi ile ilgili olduğundan atriyum kompliyansı ve fonksiyonu hakkında fikir verir. Bu iki harekette presistolik incelmeyi bazal seviye olarak alırsak bazal-tepe arasındaki mesafe, sistolik fonksiyon için sistolik hareketin büyüklüğünü verir.

Sağ ventrikül hareketinin büyük kısmının, ince sağ ventrikül duvarında longitudinal olarak yerleşen subendokardiyal miyokardiyal lifler vasıtasıyla olduğu ve bu nedenle uzun ekseninde annüler düzlem apeks arasında meydana gelen triküspit annülüs hareketinin global sağ ventrikül fonksiyonları hakkında bilgi verdiği düşüncesine (77) dayanan bu ölçümün sağ ventrikül sistolik fonksiyonları hakkında doğrudan bilgi verdiği ve RVEF ile korelasyonunun iyi olduğu gösterilmiştir (69). Uygulanması kolay, hızlı, hataya açık olmayan bu parametre, sağ ventrikül sistolik fonksiyonlar açısından diğer iki boyutlu parametrelere göre daha çok tercih edilmektedir.

TAPSE kalp hızına bakılmaksızın, tüm hastalarda kolayca ölçülebilir. Çocuklarda atriyoventriküler anülüs boyuna hareketi üzerinde kalp hızının etkili olmadığı gösterilmiştir (108). RV S' ve TAPSE'nin volüm yüklenmesi ve basınç yüklenmesini ayırt etmede kullanılabilecek parametreler olduğu, sensitivite ve spesifitesinin yüksek olduğu bildirilmiştir (109). Opere fallot tetralojili çocuklarda yapılan çalışmada iki boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen RV fonksiyonları MRG ile korele saptanmazken TAPSE değerleri MRG sonuçları ile uyumlu saptanmıştır (110). Düşük TAPSE değerleri ventilatörden geç ayrılmanın göstergesi olduğu gösterilmiştir (111). Ahmad ve arkadaşlarının yetişkinleri kapsayan bir çalışmada aynı araştırmacı için ve araştırmacılar arasında TAPSE değişkenliği %10'un altında saptanmıştır (112). Koestenberger ve arkadaşları çocuklarda bu oranı % 3,2±1,7 ve %3,5±1,9 bulmuştur. (3)

Ölçüm kolaylığına rağmen TAPSE'nin bazı kısıtlamaları mevcuttur. IVS ve RVOT katılımını içermediği için RV serbest duvarının longitudinal fonksiyonunu değerlendirmeye sınırlıdır (57). LV fonksiyonel statusu TAPSE ölçümünü etkileyebilir. LV disfonksiyonu olan hastalarda longitudinal fonksiyonun zaten etkilenmiş olacağı unutulmamalıdır (70).

Teske ve arkadaşlarının sağlıklı genç erişkinleri değerlendikleri çalışmalarında TAPSE adolesan yaş grubuna (13-18 yaş) benzer şekilde çalışmamızla benzer şekilde ortalama 2,41 cm bulmuşlardır (113). Yetişkinlerde TAPSE'nin yaş ve cinsetten bağımsız olduğu gösterilmiştir ancak ileri yaşlarda yaşlanma ile azaldığını gösteren çalışmalar olduğu gibi değişmediğini gösteren çalışmalar vardır (114-117). Ayrıca sol ventrikül fonksiyon bozukluğunun TAPSE'yi negatif yönde etkilediği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. TAPSE'deki değişikliğin septal longitudinal hareketteki azalmanın sonucu olabileceği ve bunun RV fonksiyonunu değerlendirme ve prognozun belirlenmesini etkilemeyecek kadar az olduğunu bir çalışmada bildirmiştir (4, 118,119).

Biz çalışmamızda yeni doğan döneminden 18 yaşa kadar Türk çocuklarında TAPSE normal değerlerini oluşturarak yetişkin ya da diğer toplumların değerlerine gereksinim duymadan tanı ve tedaviyi yönlendirecek referans değerleri oluşturmayı amaçladık. Bu nedenle çocuklar 0-30 gün, 1-3 ay, 3-6 ay, 6-12 ay, 1-3 yaş, 3-5 yaş, 5-9 yaş, 9-13 yaş ve 13- 18 yaş olarak 9 gruba ayrıldı. Her bir yaş grubu için 5, 10, 25, 50, 75, 90 ve 95. persentil değerleri ve -2 SD, -3 SD, +2 SD, +3 SD değerleri hesaplandı. Klinik kullanımı kolaylaştırması için çocuklar vücut yüzey alanı 0-0,25 m², 0,26-0,50 m², 0,51-0,75 m², 0,76-1,00 m², 1,01-1,25 m², 1,26-1,50 m², 1,51-1,75 m², 1,76- 2,14 m² olacak şekilde 8 gruba ayrılarak 5, 10, 25, 50, 75, 90 ve 95. persentil değerleri hesaplandı. Yeni doğan döneminden 18 yaşa kadar her yaş grubundan her iki cinsiyetten 607 sağlıklı çocuk çalışmaya katıldı. Çocukluk yaş grubunda TAPSE normal değerleri değişik toplumlarda oluşturulmuştur. Nunez-Gil ve arkadaşlarının (5) 405 çocuk, Koestenberger ve arkadaşlarının (6) 640 çocuğu içeren çalışmaları göz önünde tutulduğunda çalışmamızdaki çocuk sayısının yeterli olduğunu düşündük. Çalışmaya katılan çocukların vücut ağırlığı 2 kg ile 97 kg, boyu 46 cm ile 190 cm arasında değişirken buna paralel olarak vücut yüzey alanı 0,16 m² ile 2,14 m² aralığında çok farklı dağılım gösteriyordu.

Çalışmamızda Nunez-Gil, Koestenberger ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarla benzer şekilde yaş ve VYA ile TAPSE arasında pozitif korelasyon saptarken her iki cins arasında fark saptamadık (5,6). Yine sol ventrikül diyastol sonu çap ve sağ ventrikül bazal çap ile TAPSE arasında pozitif korelasyon saptadık. TAPSE ile vücut yüzey alanı ve sol ventrikül boyutu (LV ed), sağ ventrikül boyutu (RV bazal) ile kurulan diğer bir lineer regresyon modeli ile TAPSE değerini % 86,3 oranında açıkladığımızı bulduk. Benzer şekilde RV S' ve RV E' TAPSE arasında pozitif korelasyon tersine RV A' ile negatif saptadık. TAPSE ile

vücut yüzey alanı, RV S' ve RV E' ile kurulan diğer bir lineer regresyon modeli ile TAPSE değerini % 83,9 oranında açıkladığını bulduk.

Çalışmamızda ortalama yaş $6,29 \pm 5,31$ yıl ortalama VYA $0,86 \pm 0,48$ olarak hesaplandı, Nunez-Gil ve arkadaşlarının çalışmalarında ise ortalama yaş $4,12 \pm 4,29$ yıl ortalama VYA $0,67 \pm 0,39$ m² bulunmuştur (5). Çalışmamızda ortalama TAPSE değeri $1,89 \pm 0,50$ cm saptanırken Nunez-Gil ve arkadaşları $1,709 \pm 0,509$ cm bulmuştur. Yeni doğan döneminde TAPSE ortalaması $0,96 \pm 0,08$ cm, 13-17 yaş grubunda ise $2,49 \pm 0,29$ cm bulduk. Nunez-Gil ve arkadaşları ise sıra ile $1,056 \pm 0,396$ cm ve $2,094 \pm 0,654$ cm bulmuşlardır. Bu farklılığın çalışmamızın yaş grubu ve VYA ortalamalarının daha yüksek olmasına bağlı olabileceği düşünüldük. Koestenberger ve arkadaşlarının (6) sonuçları çalışmamıza benzer şekilde yeni doğan döneminde $0,91$ cm ve 17 yaş grubunda $2,47$ cm idi. Yaş gruplarında TAPSE için -2 ve -3 standart sapma değerleri hesaplandı. Yeni doğan döneminde -3 SD TAPSE değeri $0,80$ cm, +3 SD TAPSE değeri $1,14$ cm, Adölesan dönemde (13-17 yaş grubu -3 SD TAPSE değeri $1,77$ cm +3 SD TAPSE değeri $3,16$ cm idi. Koestenberger ve arkadaşlarının çalışmasında yeni doğan döneminde -3 SD TAPSE değeri $0,56$ cm, +3 SD TAPSE değeri $1,26$ cm, 17 yaş grubu -3 SD TAPSE değeri $1,84$ cm +3 SD TAPSE değeri $3,10$ cm olduğu izlendi (6).

Tei indeksi olarak da adlandırılan miyokard performans indeksi (MPI) Chuwa Tei tarafından 1995 yılında primer miyokardiyal sistolik disfonksiyonu olan hastalarda, sol ventrikul sistolik ve diyastolik fonksiyonlarını birlikte değerlendirebilen bir Doppler indeksi olarak keşfedilmiştir (84). Miyokard performans indeksi, birçok kalp hastalığında prognostik değeri olan, sistolik ve diyastolik performansın değerlendirilmesinde kullanılacak bir indekstir. Yaşamın ilk bir yılının değerlendirildiği bir çalışmada ilk gününden 1 yaşına kadar 50 sağlıklı yeni doğan izlenmiş ve yeni doğan döneminden itibaren RV MPI değerlerinde azalma saptanmıştır (120). Sağlıklı çocuklarda yaşla RV MPI değerlerindeki değişikliklerin değerlendirildiği çalışmalarda ise yaşa bağlı değişiklik olmadığı bildirilmiştir (87,121). Erişkinlerde yaşlanma ile MPI'de önemli değişiklikler olduğu, MPI kullanılarak miyokard performansının değerlendirilmesinde yaşa göre düzeltilmiş değerlerin kullanılması gerektiği öne sürülmüştür (122). Çalışmamızda 4 yaş grubuna ayrılarak yapılan değerlendirmede yaş ile değişiklik olmadığı izlendi. Tüm gruplarda RV MPI ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı saptanmadı.

Primer pulmoner hipertansiyonlu hastalarda RV MPI değerli bir parametredir. Primer pulmoner hipertansiyonlu hastalarda RV MPI'nin önemli bir prognostik belirleyici olduğu tespit edilmiştir (66). Geçirilmiş pulmoner tüberküloz nedeniyle evde oksijen tedavisi alanlarda, kontrol örneklerine göre RV MPI daha yüksek bulunmuştur. Sağ ventrikül disfonksiyonunun değerlendirildiği bir başka çalışmada, RV bozukluğunun değerlendirilmesinde RV MPI, trikuspid E/A oranı ve pre-ejeksiyon periyodu/ejeksiyon zamanı oranına (PEP/EZ) göre daha değerli bulunmuştur (123, 124). Kronik obstrüktif akciğer hastalığında, özellikle pulmoner hipertansiyon gelişmişse LV sistolik ve diyastolik fonksiyonlar bozulmaktadır ve bu bozulma RV MPI ile ilişkilidir (125). Miyokard performans indeksinin, konvansiyonel sistolik fonksiyon parametrelerine göre, prognozu ve sağ kalımı öngörmede daha üstün olduğu gösterilmiştir (84,91). Konvansiyonel pulse doku doppler'den hesaplanan MPI, sistolik ve diastolik kardiyak fonksiyonları değerlendirmekte oldukça değerlidir. Ancak, bu metod ile MPI hesaplamada bir takım kısıtlamalar bulunmaktadır, ritim normal olsa da kalp hızının değişken olduğu durumlarda, sonuçlar daha az güvenilirdir. Pulse dalga doku doppler ile sistolik ve diastolik trikuspid anuler velositeler aynı anda kaydedilebilmektedir; MPI hesaplaması, tek bir kardiyak siklustan yapılabilmektedir. Böylece kalp hızının değişken olduğu durumlarda bile, doku doppler ekokardiyografi ile güvenilir bir şekilde MPI hesaplanabilir.

Eidem ve arkadaşları (126) yaptıkları çalışmada ön yük ve ard yük değişikliklerinin RV MPI üzerine olan etkisini araştırmışlar ve vakaları çocuklar ve erişkin diye iki gruba ayırdıklarında RV MPI değerleri çocuklarda normal grupla farklı bulunmamıştır. Benzer bir başka çalışmada ASD'li, VSD'li çocuklarda miyokard performans indeksinin ön yük değişikliklerinden bağımsız olduğu gösterilmiştir (127). Konjenital kalp hastalığı olan çocuklarda RV fonksiyonu değerlendirmesi için kullanılabileceği gösterilmiştir (87). Kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda hemodiyaliz öncesi ve sonrası LV ve RV MPI'nin değerlendirildiği bir çalışmada hemodiyaliz ile ön yük azaltılmasının her iki parametreyi etkilemediği bildirilmiştir (128). Harada ve arkadaşlarının yetişkinleri de kapsayan (1 ay 22 yaş) bir çalışmada araştırmacılar arasında RV MPI değişkenliği $\% 6 \pm 4$ saptanmıştır (98).

Değişik çalışmalarda normal çocuklarda farklı RV MPI değerleri bulunmuştur. Ishi (87) ve arkadaşları 150 çocukta ortalama $0,28 \pm 0,04$, Tei ve arkadaşları (85) 37 çocukta ortalama $0,24 \pm 0,04$, Borzoe ve arkadaşları (121) 107 çocukta ortalama $0,25 \pm 0,09$ Jurko Jr, ve arkadaşları (129) 38 çocukta ortalama $0,27 \pm 0,09$ saptamışlardır. Eidem ve arkadaşları

yaptıkları çalışmada kontrol grubuna aldıkları 152 normal çocukta ortalama RV MPI 0,32±0,03 bulunmuştur (86). Çalışmamız 0-18 yaş arası 607 normal çocuğu değerlendirmiş ve ortalama RV MPI'nin 0,29 ± 0,02 (0,23-0,36) olduğu gösterilmiştir. Bu farklılıkların nedeninin pulse doppler ve doku doppler gibi farklı metodların kullanılması ile açıklanabilir. Yaşamın ilk bir yılını değerlendirildiği bir çalışmada doku doppler ile elde edilen MPI değerlerinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir (120). Benzer şekilde Roberson ve Cui'nin 308 çocuk ve adölesanı içeren çalışmasında pulse doppler ile RV MPI'nin 0,37 ± 0,05 ve doku doppler ile 0,34 ± 0,06 olduğu gösterilmiştir (130).

Çalışmamızda RVMPI ortalaması kızlarda 0,30±0,02, erkeklerde 0,29±0,30 ve aradaki küçük fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. 26 erkek 24 kız yeni doğanın katıldığı bir çalışmada erkeklerde ortalama RV MPI 0,27±0,15 ve kızlarda ortalama RV MPI 0,21±0,118 saptanmış ancak aradaki fark anlamlı bulunmamıştır (131). Literatürde farklılığın saptandığı çalışmaya rastlanmamıştır, çalışmamıza katılan çocuk sayısının fazla olmasının bu farklılığın nedeni olabileceği düşünüldü.

Yetişkinlerde RV sistolik fonksiyonu ile korele olduğu gösterilen RV S' opere fallot tetralojili ve konjenital kalp hastalığına bağlı pulmoner hipertansiyonlu hastalarda RV fonksiyon bozukluğu ile korele saptanmıştır (132,133). Harada ve arkadaşlarının yetişkinleri de kapsayan (1 ay 22 yaş) bir çalışmada araştırmacılar arasında RV S' değişkenliği % 6±3 saptanmıştır (98).

RV S' çocuklardaki normal değerleri ile az sayıda yapılmış çalışmanın sonuçları çelişkilidir. Mori ve arkadaşlarının yaptığı 235 yenidoğan ve 2 ay 18 yaş arası 131 sağlıklı çocuğu içeren çalışmada ilk 24 saatte yeni doğanlarda çalışmamızdan farklı olarak RV S' 6,2 cm/s 0-7 günde ise 6,6 cm/s ve diğer çocuklarda 13, 7 cm/s bulunmuştur (134). Frommelt ve arkadaşları 1 yaş altında 6±1 cm/s ve 1 yaş üstünde 10±5 cm/s saptamışlardır (135). Harada (136) ve arkadaşları ise 7 gün 18 yaş arası sağlıklı çocuğun katıldığı çalışmada ortalama 10±3 cm/s ve diğer bir çalışmada ise kontrol grubunda (ortalama yaşı 5,7) ortalama 13,4 cm/s olduğu gösterilmiştir (137).

RV S' ile yaş arasında korelasyonun olmadığını gösteren çalışmalar da literatürde mevcuttur (138,139). Bu farklılığın nedeni çalışmaların farklı yaş gruplarını içermesine bağlı olabilir. Koestenberger ve arkadaşları 0-18 grubu çocuklarda RV S' normal değerlerini saptadıkları çalışmada yeni doğan grubunda çalışmamızla benzer şekilde ortalama 7.2 cm/s 18

yaşında ise çalışmamızdan farklı olarak 14.3 cm/s olduğunu göstermişlerdir (140). Çalışmamızda RV S' ortalamalarının ilk üç yaş grubunda arttığı bu artışın anlamlı olduğu 5-12 yaş ve 13-17 yaş grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi. Literatürde RV S' ortalamasının ilk bir yaş için yaş ile ilişkili olduğu diğer yaşlarda farkın anlamlı olmadığı gösterilmiştir (141).

Çocuklarda RV E' ve RV A' normal değerleri ile az sayıda yapılmış çalışmalar vardır, sonuçların bir kısmı çalışmaların kontrol grubu sonuçlarıdır. Zedan ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada kontrol grubunda yaş ortalaması 5.15 ± 2.79 yıl olan 62 çocukta ortalama RV E' $16,08 \pm 1.0$ cm/s, RV A' $8,46 \pm 1,2$ cm/s (142) ve diğer bir çalışmada ise ortalama yaşı 5,7 yıl olan kontrol grubunda ortalama RV E' $16,1 \pm 3,1$ cm/s, RV A' $8,7 \pm 1,4$ cm/s saptanmıştır (137). Frommelt ve arkadaşları 1 yaş altında RV E' 12 ± 4 cm/s, RV A' 10 ± 2 cm/s ve 1 yaş üstünde sırası ile 18 ± 3 cm/s, 10 ± 2 cm/s saptamıştır. (135) Yaş ortalaması $5,6 \pm 3,8$ yıl olan kontrol grubunda ise RV E' $11,9 \pm 2,1$ cm/s, RV A' $8,2 \pm 2,1$ cm/s bulunmuştur (143). Teske ve arkadaşlarının sağlıklı genç erişkinleri değerlendikleri çalışmalarında ortalama RV E' $14,71 \pm 2,44$ cm/s bulunmuştur (113).

Mori ve arkadaşlarının yaptığı 235 yeni doğan ve 2 ay 18 yaş arası 131 sağlıklı çocuğu içeren çalışmada ilk 24 saat yeni doğanlarda RV E' ve RV A' sırası ile $7,5 \pm 1,4$, cm/s $9,2 \pm 1,6$ cm/s, 0-7 günde $7,5 \pm 1,3$, cm/s $9,2 \pm 1,5$ cm/s ve diğer çocuk grubunda ise $15,8 \pm 2,9$, cm/s, $9,9 \pm 2,7$ cm/s olduğu gösterilmiştir (134). Harada (136) ve arkadaşları ise 7 gün 18 yaş arası sağlıklı çocuğun katıldığı çalışmada ortalama RV E' $13,20 \pm 3.0$ cm/s, RV A' $8,70 \pm 2,5$ cm/s ve her ikisinin de yaş ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Çalışmamızda ortalama RV E' $13,91 \pm 2,68$ cm/s, RV A' $10,98 \pm 2,05$ cm/s saptandı. RV E' ve RV A' ortalamalarının cinsiyetle değişmediği ancak yaş ile ilişkili olduğu saptandı. RV E' ortalamalarının ilk üç yaş grubunda arttığı, bu artışın anlamlı olduğu 5-12 yaş ve 13-17 yaş grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulundu. RV A' ortalamalarının ilk yaşta istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu diğer yaş grupları arasındaki farkın anlamlı olmadığı gösterildi.

Çalışmamızın kısıtlayıcı yönü araştırmaya katılan çocukların Çocuk Kardiyoloji polikliniğine başvuran çocuklardan oluşması, rasgele seçilmemesi ve tüm grupların eşit sayıda ve cinsiyette çocuğu içermemesiydi.

Sonuç olarak bazı kısıtlamaları olsa da TAPSE sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını değerlendirmekte kullanılan kolay uygulanabilir, tekrarlanabilir bir ekokardiyografik

parametredir. Biz çalışmamızda yeni doğan döneminden 18 yaşa kadar Türk çocuklarında TAPSE normal değerlerini oluşturduk. TAPSE ile sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını değerlendirmekte kullanılan RV S' RV MPI için normal değerlerini ve TAPSE ile ilişkisini ortaya koyduk. Sağlık çocuklarda tüm toplumu yansıtacak şekilde rasgele seçilmiş bir hasta grubu ile yapılmış yeni çalışmalara ihtiyaç vardır. Ancak çalışmamızın çalışma grubunun yaş gruplarına ve VYA göre gruplara ayrılıp her bir grup için 5, 10, 25, 50, 75, 90 ve 95. persentil değerlerinin ve her bir yaş grubu için -2 SD, -3 SD, +2 SD, +3 SD değerlerinin hesaplanmasının klinik kullanımı kolaylaştıracağını düşündük.

F. SONUÇLAR

1. Yeni doğan döneminden 18 yaşa kadar Türk çocuklarında TAPSE normal değerleri oluşturuldu.
2. Çalışma grubu 0-30 gün, 1-3 ay, 3-6 ay, 6-12 ay, 1-3 yaş, 3-5 yaş, 5-9 yaş, 9-13 yaş ve 13- 18 yaş olarak 9 gruba ayrıldı. Her bir yaş grubu için 5, 10, 25, 50, 75, 90 ve 95. persentil değerleri hesaplandı.
3. Çalışma grubu 0-30 gün, 1-3 ay, 3-6 ay, 6-12 ay, 1-3 yaş, 3-5 yaş, 5-9 yaş, 9-13 yaş ve 13- 18 yaş olarak 9 gruba ayrıldı. Her bir yaş grubu için -2 SD, -3 SD, +2 SD, +3 SD değerleri hesaplandı.
4. Çalışma grubu vücut yüzey alanı 0-0,25 m², 0,26-0,50 m², 0,51-0,75 m², 0,76-1,00 m², 1,01-1,25 m², 1,26-1,50 m², 1,51-1,75 m², 1,76- 2,14 m² olacak şekilde 8 gruba ayrılarak 5, 10, 25, 50, 75, 90 ve 95. persentil değerleri hesaplandı.
5. Çalışmamızda yaş, VYA, RV S', RV E', sol ventrikül diyastol sonu çap ve sağ ventrikül bazal çap ile TAPSE arasında pozitif korelasyon tersine RV A' ile negatif saptandı, her iki cins arasında fark saptamadı. Bu sonuçlarda yaralanılarak 2 farklı regresyon modeli oluşturuldu.
6. Çalışmamızda ortalama TAPSE değeri 1,89±0,50 cm, yeni doğan döneminde 0,96 ± 0,08 cm, 13-17 yaş grubunda ise 2,49 ± 0,29 cm bulundu. Yeni doğan döneminde -3 SD TAPSE değeri 0,80 cm, +3 SD TAPSE değeri 1,14 cm, adölesan dönemde (13-17 yaş grubu -3 SD TAPSE değeri 1,77 cm +3 SD TAPSE değeri 3,16 cm idi.
7. Çalışma grubumuzda doku doppler ile ortalama RV MPI'nin 0,29 ± 0,02 (0,23-0,36) olduğu gösterildi.
8. Çalışmamızda RVMPI ortalaması kızlarda 0,30±0,02, erkeklerde 0,29±0,30 ve aradaki küçük fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Literatür ile farklılığın çalışma grubunun daha kalabalık olması nedeni ile olabileceği düşünüldü.
9. Çalışma grubumuzda doku doppler ile ortalama RV S' 11,00 ± 1,58 cm/s olduğu gösterilmiştir. RV S' ortalamalarının ilk üç yaş grubunda arttığı bu artışın anlamlı olduğu 5-12 yaş ve 13-17 yaş grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi.
10. Çalışmamızda ortalama RV E' 13,91 ± 2,68 cm/s, RV A' 10,98 ± 2,05 cm/s saptandı. RV E' ve RV A' ortalamalarının cinsiyetle değişmediği ancak yaş ile ilişkili

olduğu saptandı. RV E' ortalamalarının ilk üç yaş grubunda arttığı, bu artışın anlamlı olduğu 5-12 yaş ve 13-17 yaş grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi. RV A' ortalamalarının ilk yaşta istatistiksel olarak anlamlı yüksek olduğu diğer yaş grupları arasındaki farkın anlamlı olmadığı bulundu.

ÖZET

Sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını değerlendirmede triküspid anüler plan sistolik esneme mesafesinin (TAPSE) ölçülmesi son dönemde kullanılmaya başlanmıştır. Pediatrik yaş grubunda TAPSE değerleri için yeterli referans aralıkları yoktur. Ayrıca Türkiye’de, yeterli TAPSE referans değerleri mevcut değildir. Çalışmamızın amacı 1 gün- 18 yaş arası sağlıklı çocuklarda ekokardiyografide TAPSE (Triküs pit annular pik sistolik esneme mesafesi) normal değerlerini saptamak, z skorlarının ve persentillerini oluşturmak, sağlıklı çocuklarda saptanan TAPSE değerlerinin cinsiyet, vücut alanı ve diğer ekokardiyografik parametrelerle korelasyonunun saptanmasıdır.

Çalışmamıza, pediatrik kardiyoloji polikliniğine kardiyak üfürüm ve/veya göğüs ağrısı nedeni ile sevk edilen tam bir transtorasik ekokardiyografik çalışmada patoloji saptanmayan çocuklarda yapıldı. Yaşları 0-17 arasında olan, eşlik eden kardiyak patolojisi veya başka kronik hastalığı olmayan 607 çocuk çalışma grubu olarak alındı. Çalışma grubunun demografik bulguları, ekokardiyografik sonuçları kaydedildi.

Çalışmamıza ortalama yaşı $6,29 \pm 5,31$ yıl olan 0-18 yaş arasında toplam 607 çocuk dahil edildi. Çocukların %55,85’si erkek (n:339)ve %44,15’i kız (n:268) idi. Çalışma grubu yaş gruplarına ayrılarak TAPSE persentil değerleri z korları hesaplandı. Ortalama TAPSE değeri $1,89 \pm 0,50$ cm, yeni doğan döneminde $0,96 \pm 0,08$ cm, 13-17 yaş grubunda ise $2,49 \pm 0,29$ cm bulundu. Yeni doğan döneminde -3 SD TAPSE değeri 0,80 cm, +3 SD TAPSE değeri 1,14 cm, adölesan dönemde (13-17 yaş grubu -3 SD TAPSE değeri 1,77 cm +3 SD TAPSE değeri 3,16 cm idi. Çalışmamızda RV S’ ortalaması $11,00 \pm 1,58$ cm/s, RV E’ ortalaması $13,91 \pm 2,68$ cm/s, RV A’ ortalaması $10,98 \pm 2,05$ cm/s ve RVMPİ ortalaması $0,29 \pm 0,02$ olarak bulundu. TAPSE, RV S’, RV E’ ortalamalarının kızlarda ve erkeklerde farklı olmadığı ancak yaş ile pozitif korelasyon gösterdiği RV MPİ ortalamalarının tersine yaş ile değişmediği ve kızlarda erkeklerden farklı olduğu bulundu.

Biz çalışmamızda yeni doğan döneminden 18 yaşa kadar Türk çocuklarında TAPSE normal değerlerini oluşturduk. Çalışma grubunun yaş gruplarına ve VYA göre gruplara ayrılıp her bir grup için 5, 10, 25, 50, 75, 90 ve 95. persentil değerlerinin ve her bir yaş grubu için -2 SD, -3 SD, +2 SD, +3 SD değerlerinin hesaplanmasının klinik kullanımı kolaylaştıracağını düşündük.

ABSTRACT

Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) has recent been used for evaluating right ventricle systolic functions. For pediatric age group adequate reference values is not available. In addition in Turkey enough TAPSE reference value does not exists. The purpose of the study is to determine the normal values of TAPSE, to generate z scores and percentiles and to determine the correlation of TAPSE with gender, body surface area and other ecocardiographic parameters in healthy patients between the ages of 1 day and 18 years.

The study group was composed of children who were referred to our hospital with cardiac murmur and/or chest pain and without any cardiac pathology on detailed transthoracic ecocardiography. The number of participants was 607 and their age was between 0-18 years. their demographic findings and ecocardiographic results were recorded.

The mean age was $6,29 \pm 5,31$ years. the 55,85% was male and 44,15 % was female (n:268). The TAPSE pecentile was calculated according to age groups. The mean TAPSE score was $1,89 \pm 0,50$ cm. In newborn period it was $0,96 \pm 0,08$ cm and in 13-17 years it was $2,49 \pm 0,29$ cm the -3 SD TAPSE score was 0,80 cm and the +3 SD TAPSE score was 1,14 cm in newborn period. In adolosant group (13-17 years) -3 SD TAPSE score 1,77 cm and +3 SD TAPSE score was 3,16 cm. Mean RV S score was $11,00 \pm 1,58$ cm/s, mean RVE score was $13,91 \pm 2,68$ cm/s. mean RV A score was $10,98 \pm 2,05$ cm/s and mean RVMPI was $0,29 \pm 0,02$. TAPSE, RV S, RV E mean values don't change statistically with gender but they have a positive correlation with age. otherwise RVMPI mean values don't differ with age but differ between gender.

In our study we calculated the mean TAPSE scores from newborn to 18 years old. Our hope is to facilitate the clinical use of body surface area score by differentiating it between age groups and according to body surface area, and calculating every 5,10,25,50,75,90,95 percentiles and -2 SD, -3 SD +2SD and +3SD scores foe each group.

H. KAYNAKLAR

1. Gülmez Ö, Sade LE. Sağ Ventrikül Fonksiyonlarının Değerlendirilmesinde Doku Doppler, Strain ve Strain Rate. *Turkiye Klinikleri J Cardiol-Special Topics* 2008;1(3):71-79
2. Davlourous PA, Niwa K, Webb G, Gatzoulis MA. The right ventricle in congenital heart disease *Heart* 2006;92:27–38.
3. Koestenberger M , Ravekes W , Everett AD , Stueger HP , Heinzl B , A Gamillscheg , Cvirn G , Boysen A , Fandl A, B Nagel. 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;22:715-719
4. Kjaergaard J, Iversen KK, Akkan D, Møller JE, Kober AG, Torp-Pedersen C, Hassager C. Predictors of right ventricular function as measured by tricuspidannular plane systolic excursion in heart failure. *Cardiovascular Ultrasound* 2009;7:51-58
5. Núñez-Gil IJ , Rubio MD , karton AJ , López-Romero P , Deiros L , García-Guereta L , Labrandero C , Gutiérrez-Larraya F . Determination of Normalized Values of the Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) in 405 Spanish Children and Adolescents. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64(8):674–680
6. Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, Everett AD, Stueger HP, Heinzl B, Sorantin E, Cvirn G, Gamillscheg A. Tricuspid annular plane systolic excursion and right ventricular ejection fraction in pediatric and adolescent patients with tetralogy of Fallot, patients with atrial septal defect, and age-matched normal subjects. *Clin Res Cardiol* 2011;100:67–75
7. Liu XQ, Li WZ, Wang YL, Ai Y. A study on atrioventricular annular movement in healthy children by tissue Doppler imaging. *Zhonghua Er Ke Za Zhi.* 2006;44(10):738-42
8. Richard, S.S., *Klinik Anatomi 5. baskıdan çevirisi*, 3. Bölüm Çeviri editörü: Prof. Dr. Mehmet Yıldırım, Çeviren: Dr.Savas HATİPOGLU, Dr. Sükrü DOĞRUYOL, Nobel Tıp Kitabevi
9. Moore K.L: *Clinically Oriented Anatomy. Third Edition*, 87-106, Williams & Wilkins A Waverly Company. Baltimore. 1992.
10. Sancak B, Cumhuri M: *Fonksiyonel Anatomi*, 159-174, METU Press, Ankara, 1999

11. Snell R: Clinical Anatomy for Medical Students. Fourth Edition, 345-359, Little Brown and Company, Boston, 1992.
12. Alexander RW., Schlant RC., Fuster W. Hurst's the heart; 9th edition. Vol 1. New York. McGraw-Hill Companies, 1998; 108-110.
13. Laizzo, P.A., Handbook of cardiac anatomy, physiology and devices. New Jersey, Humana press Inc, 2005: 51-93.
14. Terzioğlu M, Yiğit G, Oruç T. Kalp Siklusu. Fizyoloji Ders Kitabı, 2. Baskı, 1993; 10: 253-260.
15. Comess KA. Echocardiographic Findings in Acute and Chronic Pulmonary Disease. Differentiation from Primary Cardiac Disease. Otto CM ed. The Practice of Clinical Echocardiography. Philadelphia, WB Saunders Company. 1997; p.565-83
16. Stephanazzi J, Guidon-Attali C, Escarment J: Right Ventricular Function: Physiological and Physiopathological Features. Ann-Fr-Anest-Reanim. 1997;16(2):165-86.
17. Slater JP, Lipsitz EC, Chen JM et al: Systolic Ventricular Interaction in Normal and Diseased Explant Human Heart. J Thorac Cardiovasc Surg. 1997;113(6):1091-9.
18. Forrester AL. Hemodynamics of the Right Ventricle in Normal and Disease States. Cardiol.Clinic 1992;10:59-67.
19. Burgess MI, Bright-Thomas RJ, Ray SG. Echocardiographic evaluation of right ventricular function. Eur J Echocardiogr 2002; 3: 252-262.
20. Roldan C.A., 'Çeviri Editörü Prof.Dr.Filiz Özerkan, İzmir Güven Kitabevi', Güncel Eko Kılavuzu (2008), 1-18.
21. AE, Jiang L, Wieggers S. Right Ventricle. Weyman AE (ed). Principles and Practice of Echocardiography (second edition). Lea & Febiger Philadelphia 1994; 28: 901-919.
22. Redington AN. Right ventricular function. Cardiology Clin 2002; 20: 341-349.
23. Redington AN, Rigby ML, Shinebourne EA, Oldershaw PJ. Changes in the pressure- volume relation of the right ventricle when its loading conditions are modified. Br Heart J 1990; 63: 45-49.
24. Mohrman, D.E., and Heller, L.J. (eds.) Cardiovascular Physiology, 5th Ed. McGraw- Hill, New York, NY. 2003

25. Netter, F.H., Atlas of Human Anatomy. ICON Learning Systems, Teterboro, NJ. (2003).
26. Otto M. Echocardiographic Findings in Acute and Chronic Pulmonary Disease. Otto M. (ed). The Practice of Clinical Echocardiography (second edition). WB Saunders Com. Philadelphia 2002;33: 739-757
27. Koçak G, Atalay S, Tutar HE, Gümüç H, Ğmamoğlu A. Pulmoner hipertansiyonda sağ ventrikül diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesi. Ankara Üniv. Tıp Fak. Mec. 2000; 53: 3.
28. Piazza G, Goldhaber SZ. Acute pulmonary embolism: part I: epidemiology and diagnosis. Circulation 2006; 114: 28-32.
29. Connolly HM. Carcinoid heart disease: medical and surgical considerations. Cancer Control 2001; 8: 454-460.
30. Caso P, Galderisi M, Cicala S, Cioppa C, D'Andrea A, Lagioia G, Liccardo B, Martiniello AR, Mininni N. Association between myocardial right ventricular relaxation time and pulmonary arterial pressure in chronic obstructive lung disease: analysis by pulsed Doppler tissue imaging. J Am Soc Echocardiogr 2001; 14: 970-977.
31. Ghio S, Gavazzi A, Campana C, Inserra C, Klersy C, Sebastiani R, Arbustini E, Recusani F, Tavazzi L. Independent and additive prognostic value of right ventricular systolic function and pulmonary artery pressure in patients with chronic heart failure. J Am Coll Cardiol 2001; 37: 183-188.
32. Ghio S, Recusani F, Klersy C, Sebastiani R, Laudisa ML, Campana C, Gavazzi A, Tavazzi L. Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. Am J Cardiol 2000; 85: 837-842.
33. Karatasakis GT, Karagounis LA, Kalyvas PA, Manginas A, Athanassopoulos GD, Aggelakas SA, Cokkinos DV. Prognostic significance of echocardiographically estimated right ventricular shortening in advanced heart failure. Am J Cardiol 1998; 82: 329-334.
34. Yılmaz Ö, Nevruz Z, Camcı C, Özet G, Pürsünlerli G. Akut miyokard infarktüsünde sağ ventrikül fonksiyonlarının pulsed-doppler ekokardiyografi ile değerlendirilmesi. Türkiye Klin Kardiyoloji 1993; 1: 22-26.

35. Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum Ekokardiyografi 7. baskıdan çeviri 2. Bölüm Çeviri editörü Şahinarslan A, Çeviri Editörü: Çetin EROL. Güneş Tıp Kitabevi
36. Lai WW, Mertens LL, Cohen MS, Geva T. (eds.) Echocardiography in Pediatric and Congenital Heart Disease: From Fetus to Adult. (Chapter 1 eds.) Claus P and D'Hooge J. Blackwell Publishing Ltd 2009.
37. 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.
38. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: A Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2010;23:685-713.
39. Hanseus K, Björkhem G and Lundström N-R. Cardiac Function in Healty Infants and Children: Doppler Echocardiographic Evaluation. Pediatr Cardiol 1994; 15: 211-218.
40. Snider AR, Serwer GA, Ritter SB. Echocardiography in Pediatric Heart Disease, second ed, St. Louis, Missouri: Mosby-Year Book, Inc, 1997: pp 133-224.
41. Abhayaratna WP, Marwick TH, Smith TH, Becker NG. Characteristics of left ventricular diastolic dysfunction in the community: an echocardiographic survey. Heart 2006; 92: 1259-1264.
42. Rokey R, Kuo LC, Zoghbi WA, Limacher MC, Quiones MA. Determination of parameters of left ventricular diastolic filling with pulsed Doppler echocardiography: Comparison with cineangiography. Circulation 1985; 71: 543-550.
43. Poutanen T, Jokinen E, Sairanen H, Tikanoja T. Left atrial and left ventricular function in healty children and young adults assessed by three dimensional echocardiography. Heart 2003; 89: 544-549.
44. Riggs TW, Snider RA. Respiratory influence on right and left ventricular diastolic function in normal children. Am J Cardiol 1989; 63: 858-861.

45. Uyan A, Uyan C and Özyürek H. Assessment of right ventricular diastolic filling parameters by Doppler echocardiography. *Pediatrics Int.* 2003; 45: 263-267.
46. Sutherland GR, Stewart MJ, Groundstroem KWE, Moran CM, Fleming A, Guell-Peris FJ, Riemersma RA, Fenn LN, Fox KAA, McDicken WN. Color doppler myocardial imaging: a new technique for assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 1994;7:441-458
47. Naqvi TZ. Recent advances in echocardiography. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2004;2:89-96
48. Yılmaz R, Baykan M, Erdöl C. Pulsed Wave doku doppler ekokardiyografi. *Anadolu Kardiyol Derg* 2003;3:54-59
49. Ata N. Doku doppler görüntülemesi. *T Klin Kardiyol* 1999;12:152-155
50. Isaz K, Thompson A, Ethevenot G, Cloez JL, Brembilla B, Pernot C: Doppler echocardiographic measurement of low velocity motion of the left ventricular posterior wall. *Am J Cardiol* 1989;64:66–75.
51. McDicken WN, Sutherland GR, Moran CM, Gordon L: Colour doppler velocity imaging of the myocardium. *Ultrasound Med Biol* 1992;18:651-654.
52. Waggoner AD, Bierig SM. Tissue doppler imaging: a useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:1143-1152
53. Geva T. Echocardiography and Doppler ultrasound. In: *The Science and Practice of Pediatric Cardiology Volume II*. Garson A, Bricker JT, Fisher DJ, Neish SR (eds). 2nd ed. Baltimore:Williams & Wilkins; 1998: 789-843.
54. Goldstein J. The right ventricle: what's right and what's wrong. *Coron Artery Dis.* 2005; 16: 1–3.
55. Lee FA. Hemodynamics of the right ventricle in normal and disease states. *Cardiol Clin.* 1992; 10: 59–67.
56. Galderisi M., Severino S., Cicala S., and Caso P., 'The Usefulness of Pulsed Tissue Doppler for the Clinical Assessment of Right Ventricular Function', *Ital Heart J*:2002;241-47.

57. Jurcut R., Giusca S., La Gerche A., Vasile S., Gingham H., and Voigt J.U., 'The Echocardiographic Assessment of the Right Ventricle: What to Do in 2010?', *European Journal of Echocardiography*. 2010;11;81–96.
58. Barnard D, Alpert JS. Right ventricular function in health and disease. *Curr Probl Cardiol* 1987;12:417-49 ve Armour JA, Randall WC. Structural basis for cardiac function. *Am J Physiol* 1970;218:1517-23.
59. Weyman AE, Wann S, Feigenbaum H, Dillon JC. Mechanism of abnormal septal motion in patients with right ventricular volume overload: a cross-sectional echocardiographic study. *Circulation* 1976;54:179-86.
60. Ryan T, Pterovic O, Dillon JC, et al. An echocardiographic index for separation of right ventricular volume and pressure overload. *J Am Coll Cardiol* 1985;5:918-27
61. Helbing WA, Bosch HG, Maliepaard C, et al. Comparison of echocardiographic methods with magnetic resonance imaging for assessment of right ventricular function in children. *Am J Cardiol* 1995;76:589-94.
62. Maddahi J, Berman DS, Matsuoka DT, et al. A new technique for assessing right ventricular ejection fraction using rapid multi-gated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy: description, validation, and findings in chronic coronary artery disease. *Circulation* 1979;60:581-89.
63. Ninomiya K, Duncan WJ, Cook DH, et al. Right ventricular ejection fraction and volumes after mustard repair: correlation of two-dimensional echocardiograms and cineangiograms. *Am J Cardiol* 1981;48:317-24.
64. Hiraishi S, DiSessa TG, Jarmakani Jm, et al. Two-dimensional echocardiographic assessment of right ventricular volume in children with congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1982;50:1368-75.
65. Alam M, Samad BA. Detection of exercise-induced reversible right ventricular wall motion abnormalities using echocardiographically determined tricuspid annular motion. *Am J Cardiol* 1999;83:103-5.
66. Anavekar NS, Gerson D, Skali H, et al. Two-dimensional assessment of right ventricular function: An echocardiographic-MRI correlative study. *Echocardiography* 2007;24:452-6.

67. Jiang L, Levine RA, Weyman AE. Echocardiographic assessment of right ventricular volume and function. *Echocardiography* 1997;14:189-206.
68. Panidis IP, Ren JF, Kotler MN, et al. Two-dimensional echocardiographic estimation of right ventricular ejection fraction in patients with coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1983;2:911-8.
69. Miller D, Farah MG, Liner A, et al. 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.
70. Zornoff LA, Skali H, Pfeffer MA, et al. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1450-5.
71. Maslow AD, Regan MM, Panzica P, et al. Precardiopulmonary bypass right ventricular function is associated with poor outcome after coronary artery bypass grafting in patients with severe left ventricular systolic dysfunction, *Anesth Analg* 2002; 95: 1507-18.
72. Himelman R.B., Stulbarg M., Kircher B., Lee E., Kee L., Dean N.C., Golden J., Wolfe C.L., and Schiller N.B., 'Noninvasive Evaluation of Pulmonary Artery Pressure During Exercise by Saline-Enhanced Doppler Echocardiography in Chronic Pulmonary Disease. *Circulation*. 1989: 79:863-71.
73. Pai R.G., Bansal R.C., and Shah P.M., 'Determinants of the Rate of Right Ventricular Pressure Rise by Doppler Echocardiography: Potential Value in the Assessment of Right Ventricular Function. *J Heart Valve Dis* 1994;3:179-84.
74. Slager CJ, Hooghoudt TE, Serruys PW et al: Quantitative assessment of regional left ventricular motion using endocardial landmarks. *J Am Soc Echocardiogr* 1991;4:131-9
75. Alam M, Høglund C. Assessment by echocardiogram of left ventricular diastolic function in healthy subjects using the atrioventricular plane displacement. *Am J Cardiol*. 1992;69:565-8.
76. Alam M, Wardell J, Andersson E, Samad BA, Nordlander R: Characteristics of mitral and tricuspid annular velocities determined by pulsed wave Doppler tissue imaging in healthy subjects. *J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:618-28.
77. Rushmer RF, Crystal DK, Wagner C. The functional anatomy of ventricular contraction. *Circ Res* 1953;1(2):162-70.

78. Habib GB, Zoghbi WA: Doppler assessment of right ventricular filling dynamics in systemic hypertension: *Am Heart J* 1992;124:1313-20
79. Eren M, Dağdeviren B, Bolca O, et al. Sağ ve Sol Ventrikül İzovolümetrik Gevşeme Zamanlarının Elektrokardiyografi ve Pulsed Doppler Ekokardiyografi ile Karşılaştırılması. *Türk Kardiyol Dern Arş* 1999;27:352-8
80. Appleton CP, Jensen JL, Hatle LK et al. Doppler Evaluation of Left and Right Ventricular Diastolic Function: A Technical Guide for Obtaining Optimal Flow Velocity Recordings. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:271-91.
81. Burstin L: Determination of Pressure in Pulmonary Artery by External Grapic Recordings. *Br Heart J* 1967;29:396-404.
82. Hatle L, Angelsen BAJ, Tromsdal A: Non-Invasive Estimation of Pulmonary Artery Systolic Pressure with Doppler Ultrasound. *Br Heart J* 1981;45:157-65.
83. Larrazet F, Pellerin D, Fournier C et al. Right and Left Isovolumic Ventricular Relaxation Time Intervals Compared in Patients by Means of a Single-Pulsed Doppler, Method. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:699-706.
84. Tei C. New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. *J Cardiol.* 1995 26;(2):135-6.
85. Tei C, Nishimura RA, Seward JB, Tajik AJ. Noninvasive Doppler-derived myocardial performance index: correlation with simultaneous measurements of cardiac catheterization measurements. *J Am Soc Echocardiogr.* 1997;10:169-78.
86. Eidem BW, Tei C, O'Leary PW, Cetta F, Seward JB. Nongeometric quantitative assessment of right and left ventricular function: myocardial performance index in normal children and patients with Ebstein anomaly. *J Am Soc Echocardiogr.* 1998 Sep;11:849-56.
87. Ishii M, Eto G, Tei C, Tsutsumi T, Hashino K, Sugahara Y, et al. Quantitation of the global right ventricular function in children with normal heart and congenital heart disease: a right ventricular myocardial performance index. *Pediatr Cardiol.* 2000 Sep-Oct;21(5):416-21.
88. Yeo TC, Dujardin KS, Tei C, Mahoney DW, McGoon MD, Seward JB. Value of a Doppler-derived index combining systolic and diastolic time intervals in predicting outcome in primary pulmonary hypertension. *Am J Cardiol.* 1998 1;81(9):1157-61.

89. Burgess MI, Mogulkoc N, Bright-Thomas RJ, Bishop P, Egan JJ, Ray SG, Comparison of echocardiographic markers of right ventricular function in determining prognosis in chronic pulmonary disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002 Jun;15(6):633-9.
90. Nishimura E, Ikeda S, Naito T, Yamaguchi K, Yakabe K, Iwasaki T, et al. Evaluation of right-ventricular function by Doppler echocardiography in patients with chronic respiratory failure. *J Int Med Res* 1995;27(2):65-73.
91. Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr.* 1996;9(6):838- 47.
92. Tei C, Ling LH, Hodge DO, Bailey KR, Oh JK, Rodeheffer RJ, et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function-a study in normals and dilated cardiomyopathy. *J Cardiol.* 1995;26(6):357-66
93. Poulsen SH, Nielsen JC, Andersen HR. The influence of heart rate on the Doppler-derived myocardial performance index. *J Am Soc Echocardiogr.* 2000;13(5):379-84.
94. Garcia MJ, Thomas JD, Klein AL. New Doppler echocardiographic applications for the study of diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:865-75.
95. Miyateke K, Yamagishi M, Tanaka N, et al. New method for evaluating left ventricular wall motion by color-coded tissue Doppler imaging: In vitro and in vivo studies. *J Am Coll Cardiol* 1995;25:717-24.
96. Kukulski T, Hubbert L, Arnold M, et al: Normal region right ventricular function and its change with age: A Doppler myocardial imaging study: *J Am Soc Echo*, 2000;13:194-204.
97. Vogel M, Schmidt M, Kristiansen SB, et al. Validation of myocardial acceleration during isovolumic contraction as a novel noninvasive index of right ventricular contractility. *Circulation*; 2002;105:1693-9.
98. Harada K, Tamura M, Toyono M, Yasuika 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;90:556-9.
99. Meluzin J, Pinarova 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* 2001;24:135-9.

100. Baros MI, Machado FS, Ribeiro AP, Rocha MC. Detection of early right ventricular diastolic dysfunction in Chagas disease using Doppler tissue imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:1197-201.
101. Turhan S, Tulunay C, Ozduman CM, et al. Effects of thyroxine therapy on right ventricular systolic and diastolic function in patients with subclinical hypothyroidism: a study by pulsed wave tissue Doppler imaging. *J Clin Endocrinol Metab.* 2006;91 (9):3490-3
102. Ueti O.M, Camargo E.E, UetiAde A, Lima-Filho E.C, Nogueira E. Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion comparison with radionuclide angiography. *Heart* 2002;88:244-8
103. 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
104. 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
105. Roge CL, Silverman NH, Hart PA. Cardiac structure growth pattern determined by echocardiography. *Circulation* 1978;57:285-290.
106. Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: Results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978;58:1072-1083.
107. Rushmer RF, Krystal DK. Changes in configuration of the ventricular chambers during the cardiac cycle. *Circulation* 1951;4:211-8
108. Arce O, Knudson O, Ellison M, Baselga P, Ivy D, DeGroff C, et al. Longitudinal motion of the atrioventricular annuli in children: reference values, growth related changes, and effects of right ventricular volume and pressure overload. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:906-16.
109. Hsiao S-H, Wang W-C, Yang S-H, Lee C-Y, Chang S-M, Lin S-K, and Chiou K-R. Myocardial Tissue Doppler-Based Indexes to Distinguish Right Ventricular Volume Overload from Right Ventricular Pressure Overload. *Am J Cardiol* 2008;101:536 –541.

110. Srinivasan C, Sachdeva R, Morrow WR, Greenberg SB, Vyas HV. Limitations of standard echocardiographic methods for quantification of right ventricular size and function in children and young adults. *J Ultrasound Med* 2011; 30:487–493.
111. Papaioannou V, Stakos DA, Dragoumanis CK and Pneumatikos IA. Relation of tricuspid annular displacement and tissue Doppler imaging velocities with duration of weaning in mechanically ventilated patients with acute pulmonary edema *BMC Cardiovascular Disorders* 2010;10:20-27.
112. Ahmad H, Mor-Avi V, Lang RM, Nesser HJ, Weinert L, Tsang W, et al. Assessment of right ventricular function using echocardiographic speckle tracking of the tricuspid annular motion: comparison with cardiac magnetic resonance. *Echocardiography* 2012;29:19-24
113. Teske AJ, Prakken NH, De Boeck BW, Velthuis BK, Martens EP, Doevendans PA, and Cramer MJ. Echocardiographic tissue deformation imaging of right ventricular systolic function in endurance athletes. *European Heart Journal* 2009: 30:969–977
114. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989;2:358-67.
115. Kjaergaard J, Sogaard P, Hassager C. Quantitative echocardiographic analysis of the right ventricle in healthy individuals. *J Am Soc Echocardiogr* 2006;19:1365-72.
116. Innelli P, Esposito R, Olibet M, Nistri S, Galderisi M. The impact of ageing on right ventricular longitudinal function in healthy subjects: a pulsed tissue Doppler study. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:491–8.
117. Germing A, Gotzmann M, Rauße R, Brodherr T, Holt S, Lindstaedt M, et al. Normal values for longitudinal function of the right ventricle in healthy women >70 years of age. *European Journal of Echocardiography* 2010;11:725–728.
118. Lopez-Candales A, Rajagopalan N, Saxena N, Gulyasy B, Edelman K, Bazaz R. Right ventricular systolic function is not the sole determinant of tricuspid annular motion. *Am J Cardiol* 2006;98:973-7.

119. Gupta S, Khan F, Shapiro M, Weeks SG, Litwin SE, Michaels AD: The associations between tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), ventricular dyssynchrony, and ventricular interaction in heart failure patients. *Eur J Echocardiogr* 2008;9:766-71.
120. Alp H, Karaarslan S, Baysal T, Cimen D, Ors R, Oran B. Normal values of left and right ventricular function measured by M-mode, pulsed doppler and Doppler tissue imaging in healthy term neonates during a 1-year period. *Early Hum Dev* 2012;88(11):853-9.
121. Borzoe M, Kheirandish Z. Doppler-Derived Myocardial Performance Index in Healthy Children in Shiraz. *IJMS*; 2004;29(2):85-89
122. Spencer KT, Kirkpatrick JN, Mor-Avi V, Decara JM, Lang RM. Age dependency of the Tei index of myocardial performance. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 17: 350-2.
123. Miyahara Y, Ikeda S, Yoshinaga T, Yamaguchi K, Nishimura-Shirono E, Yamasa T. Echocardiographic evaluation of right cardiac function in patients with chronic pulmonary diseases. *Jpn Heart J* 2001; 42: 483-493.
124. Yamaguchi K, Miyahara Y, Yakabe K, Kiya T, Nakatomi M, Shikuwa M. Right ventricular impairment in patients with chronic respiratory failure on home oxygen therapy-non-invasive assessment using a new Doppler index. *J Int Med Res* 1998; 26: 239-247.
125. Yilmaz R, Gencer M, Ceylan E, Demirbag R. Impact of chronic obstructive pulmonary disease on the right side of the heart. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18: 873-881.
126. Eidem BW, O'leary PW, Tei C, Seward JB. Usefulness of the myocardial performance index for assessing right ventricular function in congenital heart disease. *Am J Cardiol* 2000; 86: 654-8.
127. Baysal T, Oran B, Doğan M, Çimen D, Karaaslan S. The myocardial performance index in children with isolated left-to-right shunt lesions. *Anadolu Kardiyol Derg* 2005; 5: 108-11.
128. Uluçam M, Yıldırım A, Müderrisoğlu H, Yakupoğlu U, Korkmaz ME, Özdemir N, et al. Effects of hemodialysis on myocardial performance index. *Adv Ther* 2004; 21: 96-106.
129. Jurko A Jr, Jurko A, Minarik M. Doppler derived myocardial performance index in healthy children. *Bratisl Lek Listy*. 2011;112(2):77-9.
130. Roberson DA, Cui W. Right ventricular Tei index in children: effect of method, age, body surface area, and heart rate. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007 Jun;20(6):764-70.

131. Malakan-Rad E and Momtazmanesh Doppler-derived right ventricular Myocardial Performance Index in neonates: Normal values. *N. Acta Medica Iranica* 2002;40(4): 226-9.
132. Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, Avian A, Heinzl B, Fandl A, et al. Tricuspid Annular Peak Systolic Velocity (S') in children and young adults with pulmonary artery hypertension secondary to congenital heart diseases, and in those with repaired tetralogy of fallot: echocardiography and MRI data. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25(10):1041-9.
133. Saxena N, Rajagopalan N, Edelman K, and L'opez-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.
134. Mori K, Nakagawa R, Nii M, Edagawa T, Takehara Y, Inoue M, Kuroda Y. Pulsed wave Doppler tissue echocardiography assessment of the long axis function of the right and left ventricles during the early neonatal period. *Heart* 2004;90:175–180.
135. Frommelt PC, Ballweg JA, Whitstone BN, Frommelt MA. Usefulness of Doppler tissue imaging analysis of tricuspid annular motion for determination of right ventricular function in normal infants and children. *Am J Cardiol* 2002;89:610–613.
136. Harada K, Orino T, Yasuoka K, Tamura M, Takada G. Tissue doppler imaging of left and right ventricles in normal children. *Tohoku J Exp Med*. 2000 May;191(1):21-9.
137. Egan MJ, Husain N, Stines JR, Moiduddin N, Stein MA, Nelin LD, Cua CL. Mid-term differences in right ventricular function in patients with congenital diaphragmatic hernia compared with controls. *World J Pediatr* 2012;8(4):350-354
138. Kapusta L, Thijssen JM, Cuypers MH, Peer PG, Daniëls O. Assessment of myocardial velocities in healthy children using tissue Doppler imaging. *Ultrasound Med Biol* 2000;26:229–237.
139. Swaminathan S, Ferrer PL, Wolff GS, Gómez-Marín O, Rusconi PG. Usefulness of tissue Doppler echocardiography for evaluating ventricular function in children without heart disease. *Am J Cardiol* 2003; 91:570–574.
140. Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, Avian A, Heinzl B, Cvirn G, et al. Reference values of Tricuspid Annular Peak Systolic Velocity in healthy pediatric patients, calculation of Z score, and comparison to Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion. *Am J Cardiol* 2012;109:116–121.

141. Rafeiyian S, Looiti-Shahrokh B, Motamedi MR, Karkhaneh-Yousefi Z, Mojtahedzadeh S, Kouhi A. Pulse tissue Doppler analysis of tricuspid annular motion in Iranian children. *Int J Cardiovasc Imaging* 2006; 22:363–367.
142. Zedan M, Alsawah GA, El-Assmy MM, Hasaneen B, Zedan MM and Nasef NA, Clinical asthma phenotypes: Is there an impact on myocardial performance? *Echocardiography* 2012 1-7.
143. Tanasan A, Zanjani KS, Kocharian A, Kiani A, Navabi MA. Right ventricular myocardial tissue velocities, Myocardial Performance Index, and Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion in totally corrected tetralogy of fallot patients. *J Teh Univ Heart Ctr* 2012;7(4):160-163.