



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ÇOCUK SAĞLIĞI VE HASTALIKLARI ANABİLİM DALI  
ÇOCUK KARDİYOLOJİ BİLİM DALI

SAĞLIKLI ÇOCUKLARDA TRİKÜSPİT ANÜLER DÜZLEM SİSTOLİK  
HAREKETİNİN NORMAL DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Fahrettin UYSAL

YAN DAL UZMANLIK TEZİ

BURSA-2014



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ÇOCUK SAĞLIĞI VE HASTALIKLARI ANABİLİM DALI  
ÇOCUK KARDİYOLOJİ BİLİM DALI

SAĞLIKLI ÇOCUKLARDA TRİKÜSPİT ANÜLER DÜZLEM SİSTOLİK  
HAREKETİNİN NORMAL DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Fahrettin UYSAL

YAN DAL UZMANLIK TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Özlem Mehtap Bostan

BURSA-2014

## İÇİNDEKİLER

Özet.....	ii
İngilizce Özet (Summary) .....	iii
Giriş.....	1
Sağ Ventrikül Anatomisi .....	2
Sağ Ventrikül Fizyolojisi .....	4
Sağ Ventrikül Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi.....	5
Sağ Ventrikülün Ekokardiyografik Değerlendirilmesi .....	6
Sağ Ventrikül ve Kardiyak Manyetik Rezonans Görüntüleme.....	23
Gereç ve Yöntem .....	25
Ekokardiyografik İnceleme .....	25
İstatistiksel Yöntem .....	26
Bulgular .....	27
Tartışma ve Sonuç .....	36
Kaynaklar .....	40
Ekler .....	47
EK-1: Simgeler ve Kısaltmalar .....	47
EK-2: Şekiller Dizini.....	48
EK-3: Tablolar Dizini .....	49
Teşekkür .....	50
Özgeçmiş .....	51

## ÖZET

Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi (TAPSE) sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını değerlendirmede kullanılan ekokardiyografik bir ölçümdür. Erişkinlerde normal TAPSE değerleri belirlenmişken çocuklarda referans aralıklarla ilgili yapılan çalışma sayısı yeterli değildir. Bu çalışmada ülkemizdeki sağlıklı çocukların referans TAPSE değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada polikliniğimize üfürüm nedeni ile yönlendirilen, yaşları 0-18 arasında değişen 670 sağlıklı çocuk değerlendirildi. Kardiyak problemi olanlar veya başka bir hastalığı olanlar çalışmaya dahil edilmedi. TAPSE ölçümü M-mod ekokardiyografi tekniği kullanılarak ölçüldü. Çocuklarda yaş ve yüzey alanının TAPSE ile ilişkisi araştırıldı.

Ortalama TAPSE değerleri  $19,96 \pm 5,49$  bulundu. Kız ve erkek çocuklar arasında TAPSE değerleri açısından anlamlı bir fark saptanmadı. Artan yaş ve yüzey alanı ile beraber TAPSE değerlerinin arttığı tespit edildi. Ortalama TAPSE değeri yenidoğan yaş grubunda  $9,00 \pm 1,35$  iken 13-18 yaş grubunda  $26,27 \pm 3,37$  bulundu. Çalışmada kalp hızı ile TAPSE arasında ise negatif korelasyon olduğu tespit edildi.

Bu çalışmada ülkemizde sağlıklı çocuklarda TAPSE değerlerinin normal aralıkları persantil tablolar oluşturularak sunuldu. Bu referans değerler çocuklarda sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını değerlendirmek için günlük pratikte yol gösterici olabilir.

**Anahtar kelimeler:** TAPSE, referans değerler, sağlıklı çocuklar, sağ ventrikül sistolik fonksiyonu

## SUMMARY

### NORMAL REFERENCES OF TRICUSPID ANNULAR PLANE SYSTOLIC EXCURSION VALUES IN HEALTHY CHILDREN

Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) is an echocardiographic measure that allows us to assess right ventricular systolic function. Although normal values are available in adults, there are not enough studies for references of TAPSE in children. Our objective was to establish reference values for TAPSE in our country.

This study included 670 healthy children (age range, 0 to 18 years) referred to our out-patient department for assessment of cardiac murmur. Patients with confirmed cardiac or any other disease were excluded. TAPSE was measured using M-mode echocardiography. The correlation between ages and body surface areas in children and TAPSE values were investigated.

Mean TAPSE values were  $19,96 \pm 5,49$ . There was no significant differences in TAPSE values between female or male children. TAPSE values increased by the increasing age and body surface area. TAPSE ranged from a mean of  $9 \pm 1,35$  in neonates to  $26,27 \pm 3,37$  in 13-18 years age group. There was found to be a negative correlation between TAPSE values and heart rate in the study.

Normal values of healthy children for TAPSE in our country were presented as percentile charts in this study. These reference values could guide the clinicians to evaluate the systolic functions of right ventricle in children in daily practice.

**Key words:** TAPSE, reference values, healthy children, right ventricle systolic function

## GİRİŞ

Sağ ventrikül ile ilgili bilgilerimiz sol ventriküle nazaran daha yetersiz kalmıştır. Sağ ventrikülün kompleks geometrik yapısı, endokardiyal yüzeyinin kalın ve trabeküllü olması, çıkım yolunun giriş yolundan daha farklı bir düzlemde yer alması, sol ventrikül fonksiyonlarında kullandığımız standart ölçümlerin sağ ventriküle uygulanmasını oldukça zorlaştırmaktadır (1-3). Eşlik eden konjenital kalp hastalığının varlığı sağ ventrikül geometrisini daha da karmaşık hale getirmektedir ve bu hastaların hem cerrahi öncesi hem de cerrahi sonrası izleminde sağ ventrikül fonksiyonlarının belirlenmesi son derece önemlidir (4,5). Aynı zamanda birçok hastalıkta sağ ventrikül fonksiyonlarının bozulduğu ve bu olumsuz gelişmenin hastaların klinik seyirlerinde önemli etkiler yarattığı bildirilmiştir (6). Tüm bu nedenlerle günlük pratik uygulamada sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının uygulanabilir ve güvenilir ölçümlerine ihtiyaç duyulmaktadır (7,8).

Klinikte, sağ ventrikül fonksiyon bozuklukları sağ kalp yetersizliği şeklinde tanınabilmektedir. Fakat kalp yetersizliği kliniği olmadan sağ ventrikül kavitesinde anormal doluş ve kontraksiyonla karşılaşmak mümkündür. Sağ ventrikül fonksiyonlarını en iyi değerlendiren parametrelerden birisi sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonudur. Fakat volüm yükünden etkilenmesi yanlış yorumlanmalara zemin hazırlamaktadır. Apikal 4-boşluk kesitte, M-mod ekokardiyografi ile lateral triküspit kapak anülüsünün sistol esnasındaki hareketinin ölçülmesi triküspit anüler düzlem sistolik hareketi (Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion, TAPSE) olarak tanımlanmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda TAPSE ölçümlerinin sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ve kardiyak manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile çok güçlü korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (9,10). TAPSE değerlerinin erişkinlerde referans aralıkları belirlenmiştir (7,11). Çocuk yaş grubunda ise TAPSE değerlerinin referans aralıkları ile ilgili yapılan çalışmalar az sayıdadır (12,13). Ülkemizde ise bu konuda yapılan çalışma yoktur.

Bu çalışmanın amacı ülkemizde yaşayan sağlıklı çocuklarda TAPSE değerlerinin referans aralıklarının belirlenmesidir.

Kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesi öncelikle sol ventriküle (SLV) yöneliktir. Ancak sağ ventrikülün de (SV) kardiyak performansta rol oynadığı ve birçok patolojik durumun preload (önyük), afterload (ardyük) ve kontraktileteyi etkilediği gelişmiş görüntüleme teknikleri ile ortaya konulmuştur. Bu patolojik durumların anlaşılabilmesi için sağ ventrikülün normal anatomik ve fizyolojik özellikleri iyi bilinmelidir.

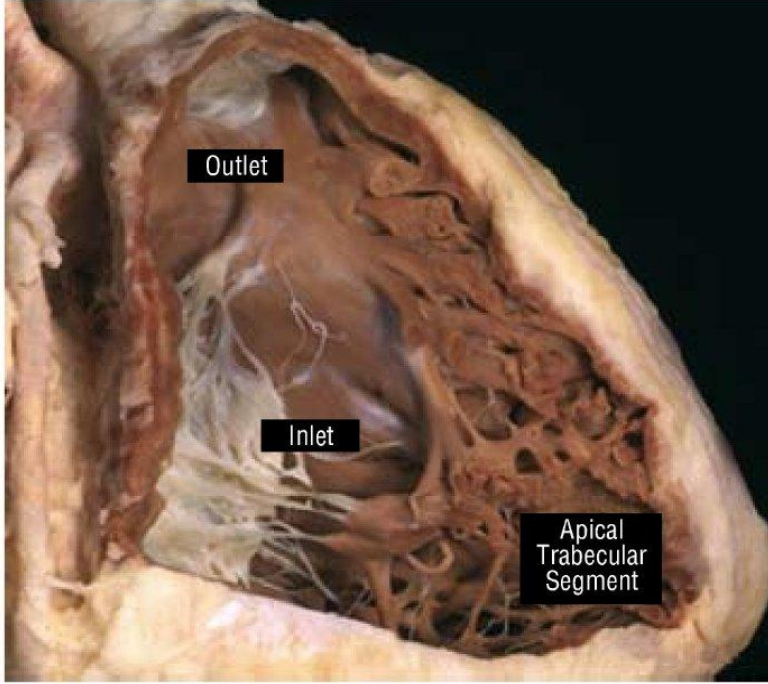
### 1.1. Sağ Ventrikül Anatomisi

Sağ ventrikülün yandan görünümü üçgen, enine kesiti ise yarım ay şeklindedir. Anatomik olarak sağ ventrikül inlet, trabeküler ve outlet olmak üzere 3 bölüme ayrılır (şekil 1).

1. Giriş (inlet) bölümü: Triküspit kapak, korda tendinealar ve papiller kaslardan oluşur. Anteroapikal bölgede septumdan serbest duvara uzanan belirgin kas demetleri bulunur ve bu kas demetleri trabeküler bölgenin sınırını oluşturur.
2. Trabeküler bölüm: Bu bölge sağ ventrikül kavitesini oluşturur. Biopsi dokusunun alındığı, transvenöz pacemaker'ların yerleştirildiği bölgedir.
3. Çıkış (outlet) bölümü: Nispeten düz yüzeylidir ve konus, infundibulum ve sağ ventrikül çıkım yolu olarak bilinen halka şeklindeki bölümdür.

Krista supraventrikularis (supraventriküler krest) neredeyse tamamen sirküler kas demetlerinden oluşan ve outlet bölüme açılan bir bölümdür ve parietal bant, septal bant, outlet septum ve moderatör banttandır. Parietal bant, triküspit ve pulmoner kapağı birbirinden ayıran serbest duvara ait bir yapıdır. Outlet septum, sağ ve sol ventrikül çıkış yollarını birbirinden ayırır ve septumun diğer kısımları ile arasında 45° açı vardır. Septal bant, Y-şeklinde, gövdesi geniş ve uzun, önde ve aşağıda küçük iki ucu olan bir yapıdır. Septal

bantın uçları triküspit kapağın medial papiller kasları içinde sonlanır. Apikal bölgede ise septal bant, apikal trabekülasyonlarla birleşir ve moderatör bant olarak devam eder. İleti sisteminin sağ dalı septal ve moderatör bantlar boyunca seyreder.



**Şekil-1:** Sağ ventrikülün morfolojik yapısı.

Sağ anterior oblik planda septum üçgen şeklinde görülür. Apeks, pulmoner anülüs ve triküspit anülüsü üçgenin köşelerini oluşturur. Normalde apekten pulmoner anülüse olan mesafe, apekten triküspit anülüse kadar olan mesafeden %25 daha fazladır. Pulmoner kapak anülüsü ile triküspit kapak anülüsünün inferior yüzü arasında membranöz septum bulunur.

Triküspit kapak anterior, septal ve posterior olmak üzere 3 yaprakçıktan oluşur. Septal ve posterior yaprakçıklar ventriküler septum ile sağ ventriküler inferior duvarı arasında uzanırlar. Anterior yaprakçık aralarında en hareketlisi olup, giriş ve çıkış yollarını birbirinden bölme gibi ayıran serbest bir yaprakçıktır. Bu yaprakların boyutları kişiden kişiye değişir (14). Üç papiller kas arasında anterior kas en büyüğü ve en iyi gelişmiş olanı olup kordalarla anterior ve posterior yaprakçıklara bağlıdır. Posterior papiller



kas septuma yakın inferior duvardan kaynaklanır ve posterior ve septal yaprakçıklara kordalarla bağlıdır. Medial papiller kas (Lancini kası) ise septal ve anterior yaprakçıklarla kordal bağlantıları vardır ve septal bandın üst kısmından başlar, membranöz septuma yapışır.

Pulmoner kapak aort kapağının önünde ve solunda yer alır ve anterior, sağ ve sol olmak üzere 3 yaprakçığı bulunur.

Sağ ventrikül dört kas bandı ile sol ventriküle bağlanır. Bunlar; 1-Bulbo-spiral yüzeysel ve derin adaleler, 2-Sino-spiral süperiyör ve derin adalelerdir. Süperiyör adale bandları sol ventrikül ile derin adale bandları septum ile devam eder. Bu yapı özelliği ventriküllerin etkileşiminde önem taşır (15). Ventriküler etkileşim, çoğu kez sistolik ve diyastolik fazlarda değerlendirilir. Diyastolik etkileşim bir ventriküldeki volüm değişikliğinin septum aracılığıyla diğer ventrikül biçimini bozmasıdır. Böylece bir ventriküldeki gerginlik septumun diğer ventriküle kaymasına ve diyastolik doluşun bozulmasına yani diyastolik disfonksiyonuna sebep olur. Diyastolik olumsuz etkileşimin aksine sistolik etkileşim katılımcı özelliktedir. İki ventrikülün serbest duvarındaki ortak adale lifleri, perikard ve septum, ventriküller arası mekanik etkileşimin anatomik temelini oluşturur (15-17).

## **1.2. Sağ Ventrikül Fizyolojisi**

İntrauterin yaşamda pulmoner arteriyollerin hipertrofik 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 damar direncinde düşüğe neden olur. Yine doğum sırasında plasentanın ayrılması ve göbek kordonunun bağlanması ile sistemik vasküler direnç hızla yükselir.

Yetişkinde ince cidarlı sağ ventrikül, düşük dirençli 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 ventrikülün iş yükünü önemli derecede artırır. Aynı şekilde SLV diyastolik doluşu pulmoner venöz dönüşe 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 bandları 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 artırır, serbest duvarın körük etkisini güçlendirir (18).

### **1.3. Sağ Ventrikül Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi**

Sağ ventrikül fonksiyonu primer olarak sağ kalp hastalıklarından etkilenebileceği gibi, sekonder olarak sol kalp hastalıklarından veya kapak hastalıklarından da etkilenebilir (19). Buna ek olarak sağ ventrikül fonksiyonları, sol ventrikül ön yükünü azaltarak ve interventriküler septum hareketlerini etkileyerek sol ventrikülün sistolik ve diyastolik fonksiyonlarını bozabilir. Çalışmalarda sağ ventrikül fonksiyonlarının klinik gidişatin majör bir belirleyicisi olduğu gösterilmiş, takip ve tedavide mutlaka değerlendirilmesine gerek olduğu ortaya konulmuştur (19-26).

Sol ventrikülde olduğu gibi sağ ventrikül performansı da, kalp hızı, ritm, kontraktilite ve yüklenme durumlarından etkilenir. Yüklenme ve kontraktilite sağ ventrikül fonksiyonunda büyük önem taşır. Fonksiyonel değerlendirme sistolik ve diyastolik fazları içerir. Normal sağ ventrikül sistolik fonksiyonu ardyüke bağımlıdır. Bu bağımlılık akciğer hastalıklarıyla ilgili fizyopatolojik durumlarda belirginleşir. Sistolik faz, ejeksiyon fraksiyonu (EF) ile değerlendirilir. Diyastolik faz ise izovolümik relaksasyon (İVR), komplyans ve ventrikül diyastolik doluş özellikleri ile değerlendirilir.

Pratikte sağ ventrikül fonksiyonlarını değerlendirmede ekokardiyografi invazif olmaması, çabuk yapılabilmesi ve sık tekrarlanabilirliği nedeni ile büyük avantaja sahiptir. Sağ ventrikül fonksiyonlarında altın standart yöntem olarak belirlenen manyetik rezonans görüntüleme (MRG), hasta başında yapılamayışı, bilgilerin uzun sürede elde edilişı, nispeten pahalı olması nedeni ile sık kullanılamamaktadır.

#### **1.4. Sağ Ventrikülün Ekokardiyografik Değerlendirilmesi**

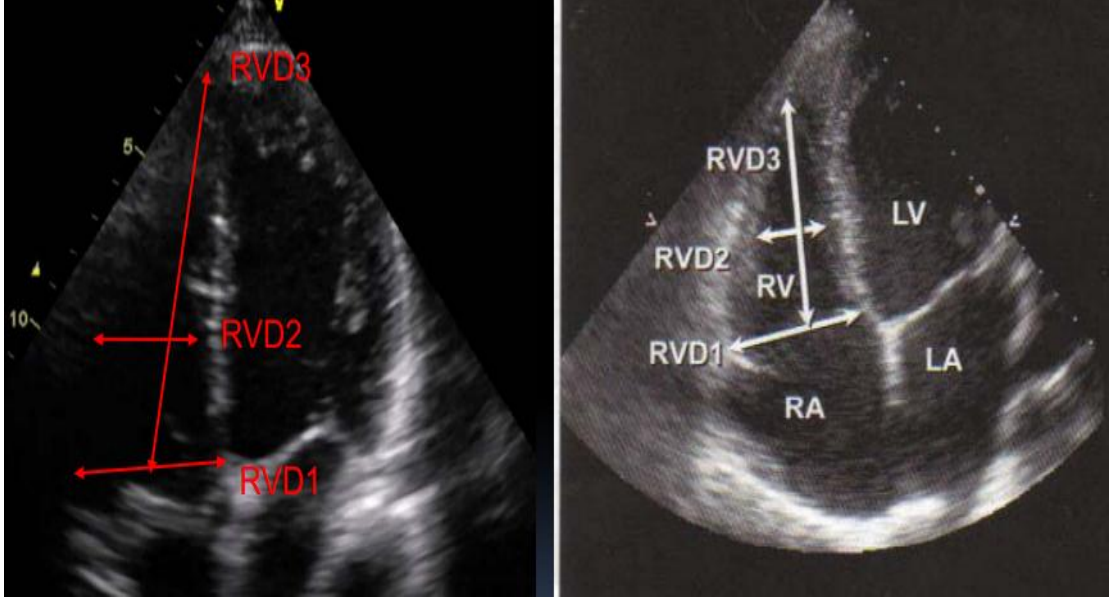
Ekokardiyografi, yaygın kullanımı nedeni ile sağ ventrikülün boyutu ve fonksiyonlarının değerlendirilmesinde ilk basamak görüntüleme yöntemidir. Sağ ventrikülün niceliksel değerlendirilmesi, bu ventrikülün karmaşık anatomisinden dolayı zor olmasına rağmen, kalitatif anlamda 2-boyutlu ekokardiyografi çok değerli bilgiler verebilir.

Sağ ventrikül, anatomi ve fonksiyonunun karmaşıklığı nedeniyle mümkün olduğu kadar çok planda incelenmelidir. En çok parasternal, sağ ventrikül inflow ve outflow, parasternal kısa aks, apikal dört boşluk, subkostal dört boşluktan, tamamlayıcı görüntüleme olarak transözofagiyal ekokardiyografik (TÖE) incelemelerden yararlanır. Transgastrik kısa aks ve transözofagiyal dört boşluk sağ ventrikülün değerlendirilmesinde kullanılan TÖE planlarıdır. İki boyutlu inceleme bulguları “pulsed wave” (PW), “continuous wave” (CW), renkli akım Doppler bulgularıyla birleştirilerek anatomik yapı yanında fonksiyonel bilgiler de elde edilir. Böylece sağ ventrikülün biçim ve büyüklüğü ile birlikte sistolik ve diyastolik fonksiyonları da değerlendirilmiş olur. Ekokardiyografinin avantajları yanında bazı teknik zorlukları da vardır. Sağ ventrikül çoğunlukla sternum altındadır. Boşluk biçimi düzensizdir. Endokard trabeküllerden dolayı düzgün yüzeyle değildir. Göğüs boşluğundaki yeri pozisyona bağlı olarak değişkendir.

### 1.4.1. İki boyutlu ekokardiyografi

Normalde kalp apeksine kadar uzanmayan ve tabanı triküspit anulus düzlemi olan sağ ventrikülün, sol ventrikülün uzun eksen uzunluğunun 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 atriyumun boyutunun sol atriyum boyutundan fazla olması, sağ atriyum genişlemesini düşündürür. Kalitatif yöntemler ilk bakışta ekokardiyografi 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.

Sağ ventrikül kavite çapları, septum- sağ ventrikül serbest duvar triküspit kapak düzeyinden ( $RVD_1$ ), mid-septum- mid- serbest duvar arasından ( $RVD_2$ ) ve triküspit kapak düzeyi ile apeks arasından ölçülür ( $RVD_3$ ) (şekil 2).

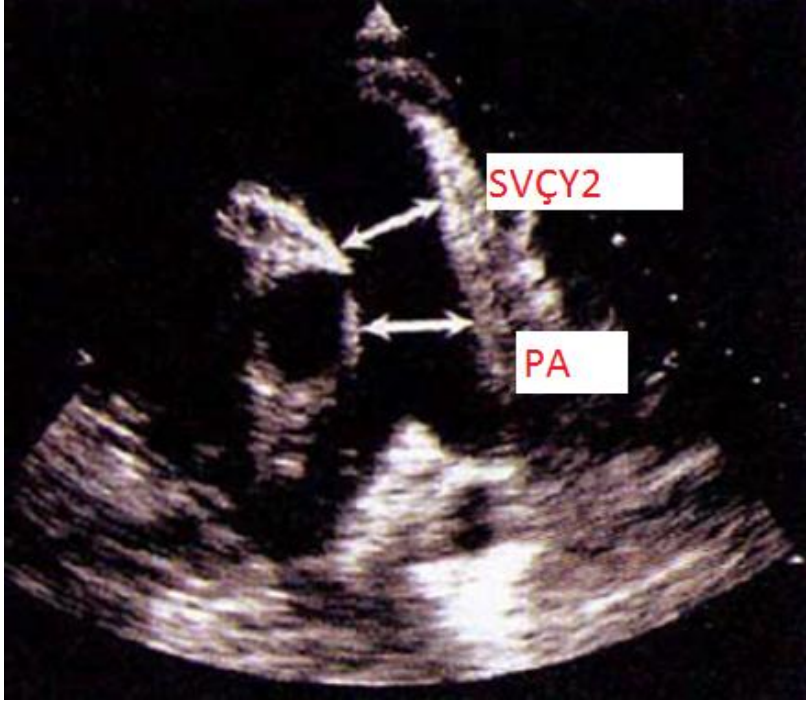


**Şekil-2:** Sağ ventrikül kavite çaplarının ölçülmesi.

Sağ ventrikül fonksiyonları değerlendirilirken sağ ventrikül çıkış yolu ve pulmoner arter çapları da değerlendirilmelidir. Sağ ventrikül çıkış yolu (SVÇY) parasternal kısa aksan aortik kapak düzeyinden (SVÇY<sub>1</sub>) ve pulmoner kapak düzeyinden (SVÇY<sub>2</sub>) değerlendirilir. Yine aynı pencereden pulmoner arter çapları ölçülür (Şekil 3 ve 4).



**Şekil-3:** Sağ ventrikül çıkış yolu çapının ölçülmesi.



**Şekil-4:** Sağ ventrikül çıkış yolu ve pulmoner arter çapının ölçülmesi.

#### **1.4.2. M-Mod ekokardiyografi**

M-mod ekokardiyografik yöntemle gerek sağ ventrikül lateral duvarı, gerekse interventriküler septumun incelenmesi mümkündür. M-Mod ekokardiyografik yöntemle parasternal uzun eksen görüntülemeye, septumun paradoks hareketi izlenebilir. Bu durum genel olarak sağ ventrikülün volüm yüklenmesinde görülmekle birlikte basınç yüklenmesinde de gözlenebilir.

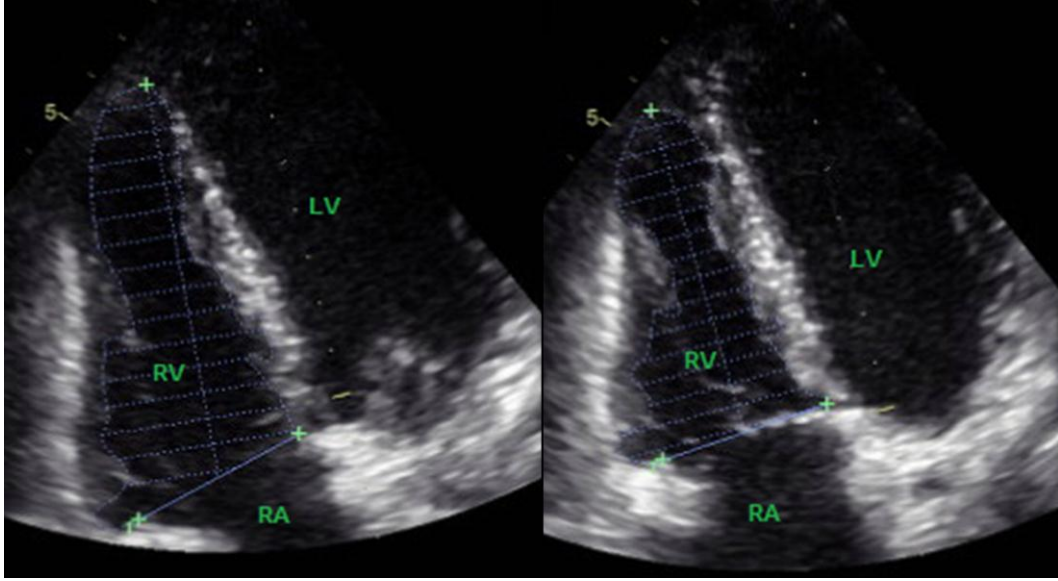
#### **1.4.3. Sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının kantitatif değerlendirilmesi**

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 ana belirteci olarak sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi önem taşır. Sağ ventrikülün fonksiyonel ve yapısal olarak değerlendirilmesi bazı nedenlerden dolayı sorunlu olmaya devam etmektedir. Bunlardan birincisi,

sağ ventrikülün sol ventrikülü saracak şekilde yarımay biçiminde olan karmaşık geometrik yapısıdır. İkincisi, ana kuvvet üreten inflow kısmından ayrı bir infundibulumu ve belirgin trabekülasyonu olmasıdır (27). 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 (28,29). Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun (SVEF) kantitatif olarak hesaplanması için kullanılan MRG, radyonüklid ventrikülografi gibi teknikler invaziv, görece pahalı, zaman alıcı ve sağ ventrikülün kompleks geometrisinden etkilenen tekniklerdir (10,30). Normal SVEF %40-76 arasındadır. Bu yöntemler klinik pratikte çok fazla uygulanmamaktadır. Buna karşılık ekokardiyografik olarak SVEF'nin ölçülmesi, kısa sürede yapılabilen, görece ucuz, girişimsel olmayan ve kısa sürede yorumlanabilen bir teknik olarak SV fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir.

Sağ ventrikül fonksiyonları için geliştirilen bir dizi 2-boyutlu ekokardiyografik parametre bulunmaktadır. Bunlar, biplan Simpson analizi (31,32), TAPSE (33) ve sağ ventriküler fraksiyonel alan değişimidir (SVFAD) (34).

Biplan Simpson yöntemi ile sağ ventrikül hacim analizinin invaziv kateterizasyon ile ölçülen atım hacmi (stroke volume) ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Şekil 5). Ne var ki, trabekülasyonlar ve papiller kaslar tarafından deplase edilen sağ ventrikül hacimlerinin hesaba katılmaması ve konveks interventriküler septum nedeniyle hacimler gereğinden fazla ölçülebilmektedir (35). Radyonüklid SVEF ile, biplan alan-uzunluk ve Simpson analizi ile ölçülen 2 boyutlu ekokardiyografik SVEF arasında iyi bir korelasyon bulunmuştur (36). 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 (8). Bu nedenle, hataya açık ve uygulanması zor olan bu yöntem yerine daha basit ve hataya yatkın olmayan teknikler araştırılmaktadır.



**Şekil-5:** Biplan Simpson yöntemi ile sağ ventrikül diyastol sonu ve sistol sonu hacimlerin analizi ve ejeksiyon fraksiyonunun ölçülmesi.

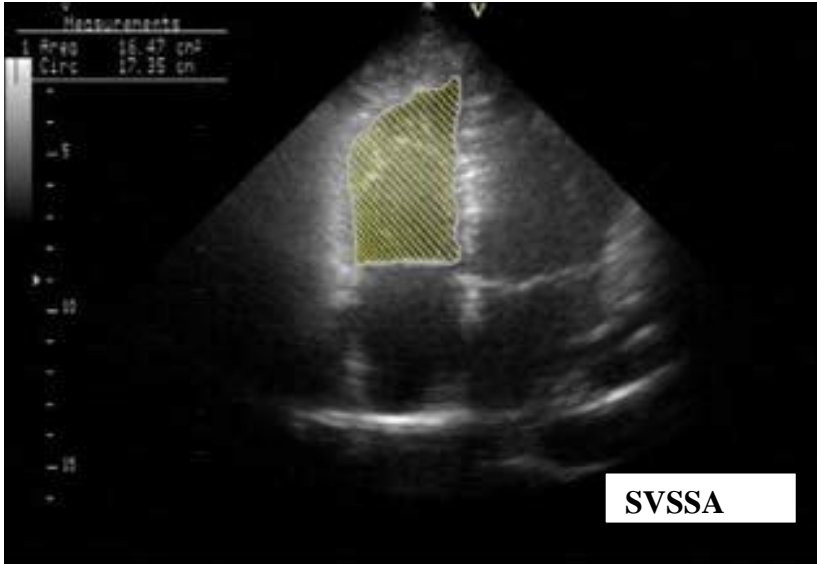
$$\text{SV EF (\%)} = \left[ \frac{\text{SVDSV} - \text{SVSSV}}{\text{SVDSV}} \right] \times 100$$

Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi apikal dört boşluktan ölçülen bir parametre olup, sağ ventrikül alan değişimi ve dolaylı yoldan sistolik fonksiyonlar hakkında bilgi verir (Şekil 6). Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişiminin sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının belirlenmesinde güvenilir olduğu bildirilmiştir (37,38). Manyetik rezonans görüntüleme ve radyonüklid ventrikülografi ile ölçülen SVEF ile oldukça iyi ilişkili olduğu bildirilmiştir (35,37) 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, sabır ve dikkat isteyen bir yöntemdir.





$$SVFAD = \frac{(SVDSA - SVSSA)}{SVDSA} \times 100$$



**Şekil-6:** Sağ ventriküler fraksiyonel alan değişim ölçümü.

Sağ ventrikül basınç yükü varlığında sağ ventrikül 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 SLV'deki daha yüksek basınçtır. Sağ ventrikül basıncı arttıkça septumun bu normal kurvatürü değişerek düzleşmekte ve SLV'e doğru yer değiştirmektedir. Bu yer

değiştirme, sağ ventrikül basıncının artması 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 sola yer değiştirme yalnızca diyastolde olmaktadır.

#### **1.4.4. Triküspit anüler düzlem sistolik hareketlerinin (TAPSE) ölçümü**

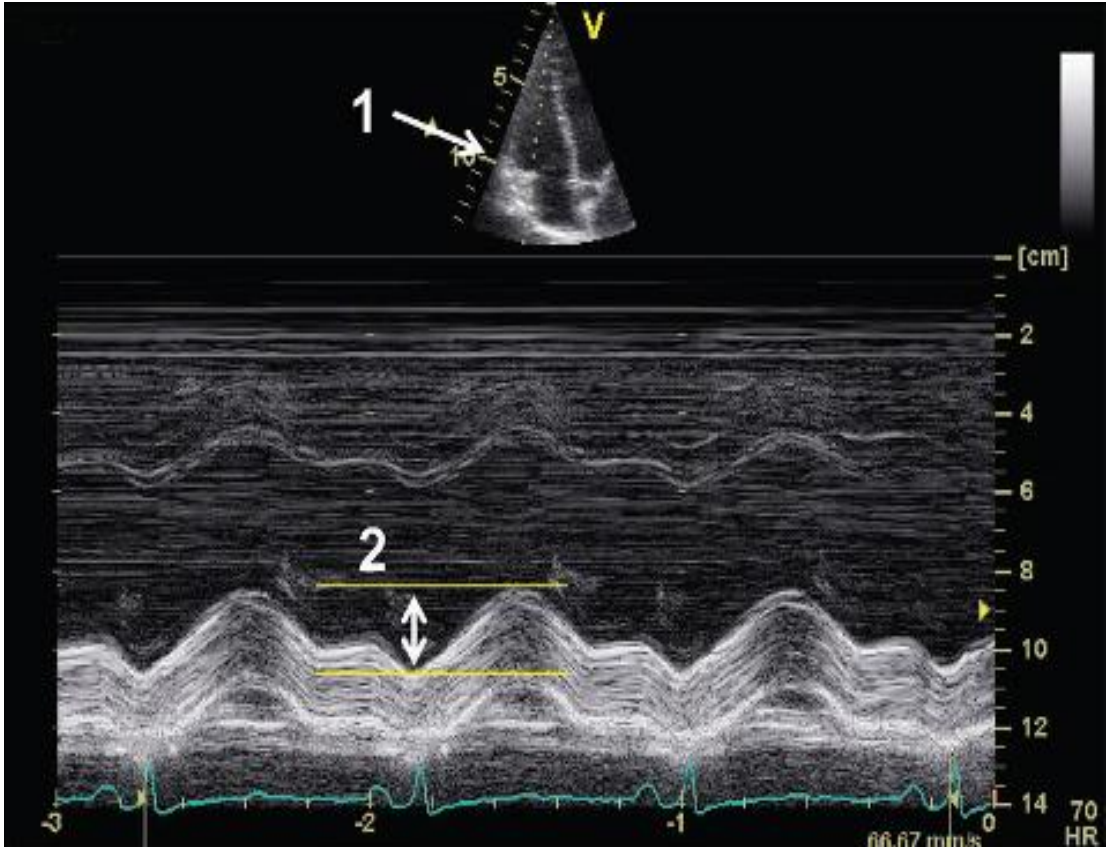
Sağ ventrikül fonksiyonları hakkında kantitatif bilgi veren TAPSE standart SV ölçümlerinden birisidir. Ventrikülün uzun aksı boyunca olan uzunlamasına/aksiyal hareketin en kuvvetli olması nedeni ile en hareketli kısmı bazal bölümdür ve global fonksiyonlarına büyük katkı sağlar. Kalp siklusu boyunca kalbin sirküler hareketinin az, rotasyonunun minimal ve apeksin relatif sabit oluşunu kabul edersek, kalbin uzun aks fonksiyonunu değerlendirmede atriyoventriküler kapak anulus hareketleri önem kazanır (38).

Triküspit anüler düzlem sistolik hareketini 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 ve triküspit anülüsün 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 (Şekil 7).

Triküspit kapak düzlem sistolik hareketinin ölçümü basit, tekrarlanabilir ve uygulanabilir olup sağ ventrikül fonksiyonları hakkında önemli bilgiler verir (7,8). Yapılan çalışmalarda TAPSE ile radyonüklid anjiyografik yöntemle ölçülen SVEF arasında çok güçlü bir korelasyon saptanmıştır (7). Klinik

pratikte TAPSE ölçümünün SVEF'sinin ölçümünden çok daha kolay olması bu ölçümün kullanımını arttırmaktadır.

Erişkinlerde 2 cm'den büyük TAPSE değerleri sağ ventrikülün fonksiyonlarının normal olduğunu gösterirken, 2 cm'den küçük olması değişik derecelerde bozulmuş fonksiyonları gösterir. Çocukluk yaş grubunda ise artan yaş, kilo ve boyla beraber TAPSE değerlerinin değiştiği bilinmektedir ve çocuklarda referans değerler belirlenmiştir (13).



**Şekil-7:** Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi (TAPSE) ölçümü.

#### 1.4.5. Sağ ventrikül diyastolik fonksiyonlarının ölçülmesi

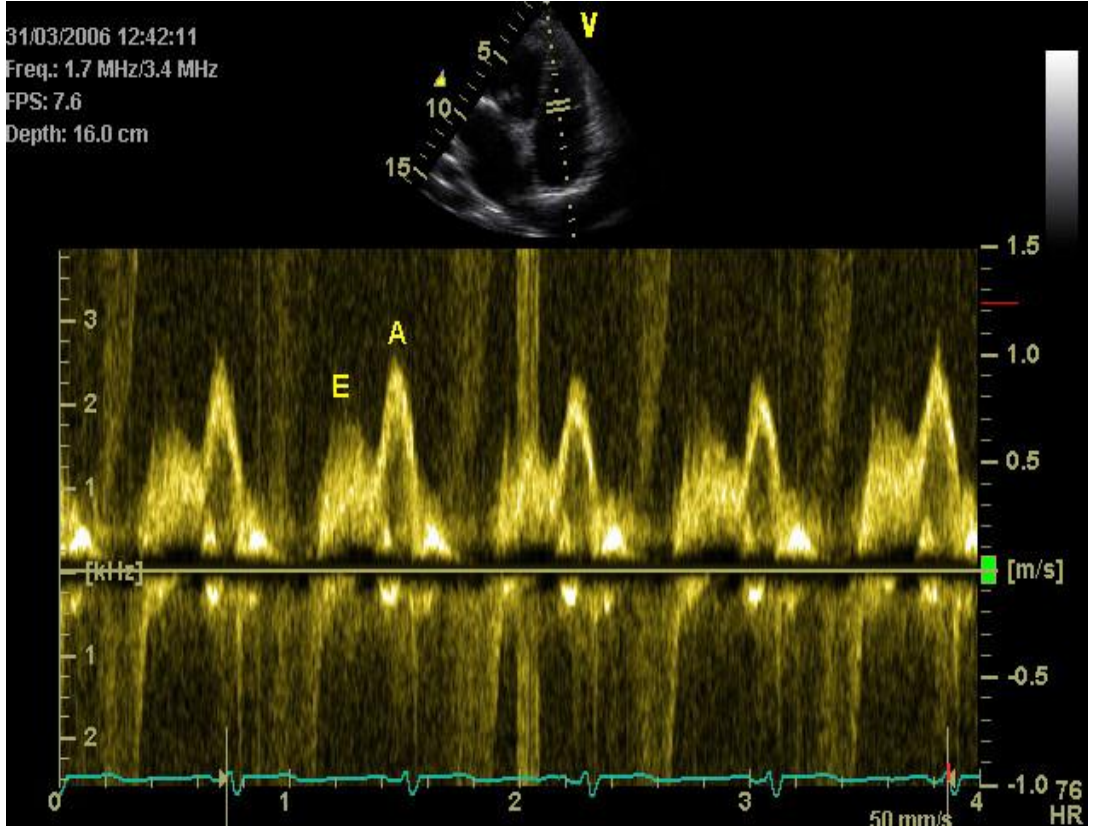
Diyastolik fonksiyonların Doppler ekokardiyografik bulguları, anjiyografik yöntemlerle elde edilen bulgularla benzerlik gösterirler. Sağ ventrikül doluşunu değerlendiren az sayıda çalışma olmasına rağmen elde edilen veriler sol ventriküle benzer. Ancak triküspit anülüsü geniş olduğu için

maksimum erken ve geç doluş akım hızları, sol ventrikülden küçüktür. Bunun yanı sıra erken doluş akım hızının yavaşlama zamanı yani deselerasyon zamanı (DZ) daha uzun olarak ölçülür (39,40).

Sağ ventrikül diyastolik doluş parametrelerini elde etmek için triküspit kapak uçlarına pulsed-wave (PW) Dopplerin örnekleme volümü konular ve elde edilen Doppler trasesinden erken hızlı doluş dalga (E) hızı ve azalma zamanı ve atriyal kontraksiyon dalga (A) hızı ölçülebilir (Şekil 8). E hızı, pasif olarak gerçekleşen erken doluş akımının hızını yansıtır. Normal olarak 30 ile 60 cm/sn arası alınabilir ve bu parametre yaş ve solunumdan en fazla etkilenir. A hızı ise atriyum kontraksiyonu ile oluşan geç doluş akım hızını gösterir. Normali 30 ile 50 cm/sn arasındadır ve 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. DZ için üst sınır 300 msn 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 msn arasında değişir. En fazla yaştan etkilenir.

Relaksasyon bozukluğunun ilk aşamalarında E amplitüdü azalmış, A amplitüdü artmış,  $E/A < 1$  dir. Hepatik ven (HV) ve vena kava akımlarında sistolik komponent artmış, diyastolik komponent azalmıştır. Diyastolik fonksiyonun daha ileri aşamalarında ise E dalga amplitüdü artmış, A dalga amplitüdü azalmış,  $E/A > 2$  dir. HV ve vena kava akımlarında ise sistolik komponent azalmış, diyastolik komponent artmıştır.



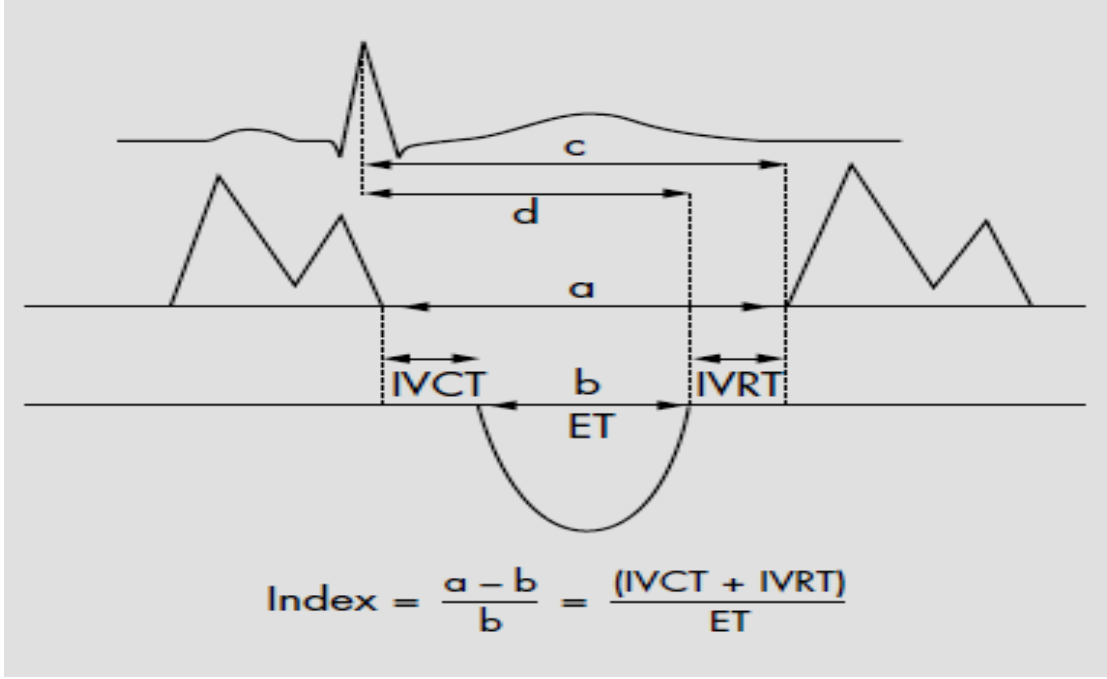
Şekil-8: Triküspit anüler PW doluş parametreleri.

#### 1.4.6. Sağ ventrikülün miyokardiyal performans indeksi (Tei- indeksi)

İlk kez Tei ve arkadaşları tarafından tanımlanan miyokardiyal performans indeksi (MPI), ventrikülün hem sistolik hemde diyastolik fonksiyonunu gösterir (41). İndeks; izovolümetrik kasılma ve gevşeme zamanlarının toplamının, ejeksiyon zamanına oranıdır ve PW Doppler traselerinden elde edilir (Şekil 9). Ancak triküspit ve pulmoner arter ileri akım kayıtlarının birlikte alınması mümkün olmadığından, kayıtlar ayrı ayrı alınarak birleştirilmek zorundadır. Buna karşın doku Doppler kayıtlarında MPI daha kolay hesaplanır.

İndeksin normal değeri SLV için  $0,39 \pm 0,05$  iken, sağ ventrikül için  $0,28 \pm 0,04$  olarak bildirilmiştir (42). Konjenital kalp hastalığı (43), primer pulmoner hipertansiyon (44), kronik obstruktif akciğer hastalıklarında (45,46) prognozun iyi bir göstergesi olduğu gösterilmiştir. Bir başka çalışmada sağ

ventrikül MPI'nin 0,50'nin üzerinde olmasının ciddi anlamda SV sistolik fonksiyon bozukluğunu gösterdiği saptanmıştır (47).



**Şekil-9:** Sağ ventrikül miyokard performans indeksi.

Tei indeksinin kalp hızından ve ard yükten etkilenmemesi, geometri ile ilişkili olmaması, hem sistolik hem de diyastolik performansı göstermesi ve triküspit yetersizliğinden etkilenmemesi en önemli avantajlarıdır (48).

#### 1.4.7. Sağ ventrikül doku Doppler görüntülemesi

Doku Doppler görüntüleme miyokard hareket hızının analiz esasına dayanan bir yöntem olup, sağ ventrikül sistolik ve diyastolik fonksiyonlarının niceliksel değerlendirilmesinde son zamanlarda yaygın olarak kullanılan bir ekokardiyografik yaklaşımdır (49,50).

Doku Doppler görüntülemede aynı Doppler kuralları geçerlidir. Ancak konvansiyonel Dopplerde yüksek frekanslı ve düşük amplitüdü kan hücrelerinin hızı ölçülürken, doku Doppler 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 doku Doppler ile anulus hareketlerinin izlenmesi bize global ventrikül fonksiyonu hakkında bilgi sağlar.

Spektral PW doku Doppler yöntemi ile maksimal hızlar ölçülür. Miyokard diyastolik/sistolik fonksiyonların objektif değerlendirilmesine olanak sağlar. PW Dopplerde 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 anulus lateral köşeden alınan pulsed doku Doppler görüntüleri, sağ ventrikül fonksiyonlarını değerlendirilmesinde kullanılabilir. Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, sağ ventrikül infarktüsü ve pulmoner hipertansiyon gibi sağ taraf hastalıklarında PW doku Doppler sayesinde sağ ventrikül sistolik ve diyastolik fonksiyonlarının azaldığı tespit edilmiştir.

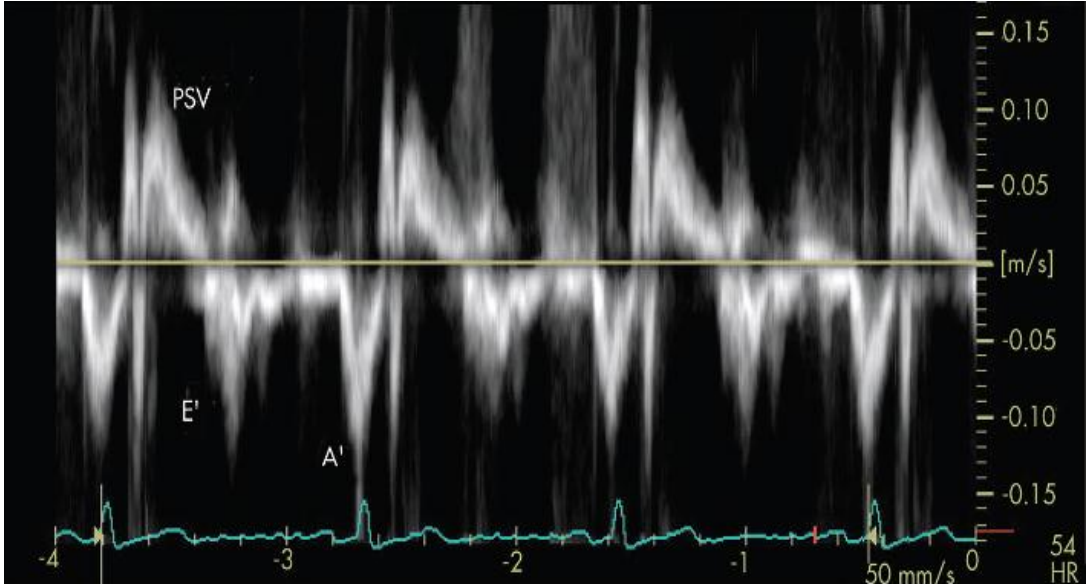
Son yapılan çalışmaların birinde pulmoner arter basıncından bağımsız sağ ventrikül sistolik fonksiyonun tesbitinde triküspit anuler sistolik velositenin önemi gündeme gelmiştir.

Pulsed-wave doku Doppler ile sistolik/diyastolik triküspit anülüs velositelerin ve zaman intervallerinin saptanması mümkün olmaktadır. Sistolik ejeksiyon sırasında oluşan triküspit anülüs velositesi ile sağ ventrikül fonksiyonları değerlendirilmektedir (51). Benzer şekilde erken diyastolik anülüs velosite (E') ve geç diyastolik triküspit anülüs velosite (A') ve E'/A' oranı diyastolik fonksiyon değerlendirilmesine imkan sağlar.

Sağ ventrikül doku Doppler görüntüsünü almak için, apikal dört boşluk görüntüde PW örnekleme volümü, triküspit lateral lifetine komşu sağ ventrikül serbest duvar köşesine yerleştirilir. Alet ayarları; kazanç, filtre ayarı en düşük konumda, kompres ve rejekt ayarı en yüksek düzeyde, hız ayarı genellikle -30 ve +30 cm/sn arasında tutulacak şekilde ve örnekleme volüm



genişliği 5mm olacak şekilde ayarlanır. Ölçümlerin solunumdan etkilenmemesi için ekspiryum sonundaki kayıtlar ölçüm için kullanılır. Bu şekilde elde edilen Doppler trasesinde esas olarak bir pozitif PSV (pik sistolik velosite) ve E' ve A' olmak üzere iki tane negatif diyastolik dalga görülür (Şekil 10).



**Şekil-10:** Sağ ventrikül doku Doppler incelemesi.

Son olarak 2-boyut renkli doku Doppler incelenmesi ile birçok segmentin aynı anda çevrim dışı olarak değerlendirilmesi mümkündür.

Kukulski ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sağ ventrikül miyokard velositeleri yaklaşık olarak, sistolik  $12,2\pm 2,6$  cm/sn, erken diyastolik  $12,9\pm 3,5$  cm/sn, geç diyastolik  $11,6\pm 4,1$  cm/sn saptanmıştır (52). Bir çalışmada pik sistolik velositenin  $< 11,5$  cm/sn olmasının, %90 duyarlılık ve %85 özgüllük ile sağ ventrikül fonksiyon bozukluğunu gösterdiği belirtilmiştir (51). Yaş arttıkça PSV ve erken diyastolik hızlar düşerken, 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 (52).



Sağ atriyum basıncı, triküspit kapak PW Doppler ve doku Doppler yöntemi beraber kullanılarak non-invasiv olarak ölçülebilir. Buna göre;

**Sağ atrium basıncı=  $[1,76 \times (E/E')]$  - 3,7** şeklinde hesaplanır.

Hipertrofik kardiyomyopati de sağ ventrikülün subklinik etkilenmesi, triküspit anüler pik sistolik ve erken diyastolik velositelerinin azalması ve triküspit anülüs E/A' oranının tersine dönmesi ile gösterilebilir (53).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda doku Doppler ile belirlenen triküspid kapak anüler izovolumik miyokardial akselerasyon (İVA) zamanının sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, ön ve ard yük değişikliklerinden bağımsız, güvenilir bir parametre olduğu bildirilmiştir. İVA zamanının kısalmasının sağ ventrikül sistolik disfonksiyonun özellikle erken belirteci olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (54,55). Vogel ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, İVA'nın SV sistolik fonksiyonunu göstermede; ön ve ardyükten bağımsız ve SV basınç-volüm yüklenmesinden ise etkilenmediği bildirilmiştir. Bunu konjenital kalp hastalıklarından düzeltilmiş büyük arter transpozisyonunda yaptığı çalışma ile de desteklemiştir (56).

Apikal dört boşluk görüntüde PW doku Doppler örnek volüm sağ ventrikül serbest duvar triküspit anülüs bileşkesine konularak doku Doppler kaynaklı hız parametreleri ile ölçülür (frame rate 120-180 Hz).

1-İzovolumik kasılma sırasında zirve miyokard hızı (İVV m/sn)

2-İzovolumik kasılma sırasında akselerasyon (İVA m/sn<sup>2</sup>)

3-Zirve sistolik akım (St m/sn)

4-İzovolumik kasılma sırasında bazal çizgi-pik velosite zamanı

(AT)

İVA elektrokardiyografide (EKG) R dalgasının pikinden hemen önce ortaya çıkan ve doku Doppler trasesindeki sistolik dalganın önünde yer alan dalganın maksimum hızının (İVV) zirve hıza ulaşincaya kadar geçen zaman aralığına (AT) bölünmesiyle hesaplanır (şekil 11).



**Şekil-11:** İzovolumik akselerasyon zamanının ekokardiyografik olarak ölçülmesi.

#### 1.4.7. Strain ve strain hız (SR) görüntüleme

Doku Doppler görüntülemenin dezavantajı aktif doku hareketi ile dokunun pasif hareketini (örneğin kalbin translasyonel hareketleri gibi) birbirinden ayırt edememesidir. Bu sorunun üstesinden gelmek için geliştirilen yöntem 'strain rate' görüntüleme yöntemidir ve aslında doku Doppler görüntülemenin bir uzantısıdır. Bölgesel duvar hareketlerinin yüksek çözünürlükte incelenmesini sağlayan bu yöntem miyokard üzerindeki iki noktanın eş zamanlı hareketlerinin ve bunun yanısıra bu iki nokta arasındaki nisbi uzaklığın belirlenmesi prensibine dayanır.

Strain boyutu olmayan bir ölçüdür ve incelenen objenin orjinal boyuna göre deformasyonunu ifade eder. Tek boyutlu nesnelere (ör: ölçülemeyecek kadar ince bir çubuk) mümkün olan tek deformasyon kısalma veya uzama

yönünde olacaktır. Deformasyonun rölatif miktarı strain olarak adlandırılır. Strain ( $\epsilon$ ) şu şekilde formülize edilir;

$$\epsilon = (L - L_0) / L_0$$

Bu formülde L deformasyon sonrası uzunluk,  $L_0$  orijinal uzunluktur ve orijinal boyuta göre rölatif bir değişimdir ve boyutu olmayan bir ölçümdür ve oran olarak gösterilir. Uzama pozitif, kısalma ise negatif değer olarak ifade edilir.

Objenin boyu deformasyon öncesi, sonrası ve hatta deformasyon işlemi sonrası bilinmiyorsa anlık (instantaneous) strain şu şekilde ifade edilebilir;

$$\epsilon = L(t) - L(t_0) / L(t_0)$$

Yani anlık deformasyon rölatif olarak o anki boyaya göre ölçülür buna Langrangian Strain denir.

Bununla birlikte deformasyon daha önceki bir uzunluğa göre de alınabilir;

$$d\epsilon_N(t) = L(t + dt) - L(t_0) / L(t_0)$$

Burada dt çok küçük zaman aralığı  $d\epsilon_N(t)$  bu zaman aralığında oluşan çok küçük deformasyondur. Toplam strain miktarını bu ölçülemeyecek kadar küçük strain katkılarını katarak tahmin edebiliriz. Diğer bir deyişle bu tanımda instantaneous strain referans değer zaman boyunca sabit değil fakat deformasyon işlemi sırasında değişir ve doğal (natural) strain olarak adlandırılır. Langrangian ve natural strain arasında lineer bir ilişki vardır (57).

Yukarıda tarif ettiğimiz deformasyon tek boyutlu cisimler için geçerlidir. İki boyutlu cisimler için deformasyon x ve y aksları boyunca, üç boyutlu objelerde x, y ve z aksları boyunca olmaktadır.

Strain rate deformasyondaki hızdır ve " $\dot{\epsilon}$ " ile gösterilir ve birimi 1/S dir ki aslında 1/S, Hz ile aynıdır. Normal şartlarda, strain (keza strain rate)'in sıklık bir doğası yoktur, bir obje bir ölçüm periyodunda bir kere deforme olur.

Örneğin; tek boyutlu bir nesnede toplam %20 (Langrangian) strain olduğunu farz edersek (bir nesnenin boyunun 2 cm'den 2,4 cm'ye uzaması) ve toplam deformasyon 2 sn'de olmuşsa ortalama strain rate ( $\dot{\epsilon}$ )  $0.20/2 = 0,1$  1/S'e eşittir ve nesne 1 sn'de %10 uzamıştır. Aynı miktarda deformasyon 1 sn'de olmuşsa strain rate 0,2 1/S olacak ve nesne 1 sn'de %20 uzayacaktır. Bu örnekten de anlaşılacağı gibi strain rate ve strain, hız ve mesafe arasındaki benzerlikle özdeş bir ilişkiye sahiptir.

Sol ventrikülün homojen dağılımlı deformasyon özelliklerinin aksine sağ ventrikülün strain ve strain hız değerleri apikal ve out-flow segmentlerde en yüksek olmak üzere oldukça heterojendir (52,58). Bunun nedeni sağ ventrikülün kompleks geometrisi ve bölgesel duvar stres dağılımının homojen olmamasıdır.

### **1.5. Sağ Ventrikül ve Kardiyak Manyetik Rezonans Görüntüleme**

Manyetik rezonans görüntüleme sağ ventrikülün biçim ve iç yapısının ayrıntılı görüntüsünü verir. Ventrikül içinde hızlı hareket eden kan kitlesi ile miyokard arasındaki güvenli ayırımdan dolayı epikardiyal ve endokardiyal sınırların ayrıntılı incelemesi mümkün olur, MRG tekniği sağ ventrikül biçimini belirli bir geometrik şekilde farzetmeyi gerektirmez. Ventrikül volümü kavite kesit alanlarının kesit kalınlıkları ile çarpımlarının toplamı olarak hesap edilir.

Kardiyak MRG SV fonksiyonlarını belirlemede referans yöntem olarak kabul edilmiştir (59,60). MRG ile elde edilen SV hacim değerlerinin in-vivo standart testlerle iyi bir korelasyon gösterdiği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (61-63).

'Kontrast enhanced MRG' yaklaşık 20 yıl önce tanımlanmış ve miyokardiyal skarları göstermek için kullanılan bir yöntemdir (64,65). Çoğu çalışma sol ventriküldeki skarları göstermeye odaklanmış iken Sato ve ark. bu yöntemin sağ ventriküldeki skar dokusunu göstermede de oldukça duyarlı olduğunu bildirmişlerdir (66).

Ekokardiyografi ile karşılaştırıldığında MRG'nin yorumlanmasının zaman alıcı olması, çocuklarda sedasyon ihtiyacının olması ve yüksek

oranda tecrübe gerektirmesi kullanımını azaltmaktadır. Aynı şekilde kardiyak MRG'nin yaygın bir kullanım alanını oluşturan postoperatif hastalarda var olabilen pacemaker varlığı bu yöntem için kontrendikasyonu oluşturmaktadır. Tüm bu dezavantajlara rağmen yine de kardiyak MRG, sağ ventrikül hacim ve fonksiyonlarını belirlemede en hassas görüntüleme yöntemidir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi (UÜTF) Çocuk Kardiyoloji bölümüne 25 Ocak 2013- 31.12.2013 tarihleri arasında, fizik muayenelerinde üfürüm duyulması nedeni ile başvuran ve başka bir sağlık problemi olmayan yaşları 0-18 arasında olan 670 sağlıklı çocuk dahil edildi. Çocuklar yaş gruplarına göre 0-1 ay, 1-3 ay, 3-6 ay, 6-12 ay, 1-3 yaş, 3-5 yaş, 5-9 yaş, 9-13 yaş, 13-18 yaş olarak 9 gruba ayrıldı.

Çalışmanın amacına uygun olarak 2mm'den küçük patent foramen ovalesi olanlar dışında normal ekokardiyografisi olan çocuklar incelendi.

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri;

- Prematüre bebekler
- Konjenital kalp hastalığı veya aritmisi olan hastalar
- Çarpıntı, göğüs ağrısı veya bayılma gibi üfürüm dışı nedenlerle tarafımıza yönlendirilen olgular
- 2 mm'den büyük patent foramen ovalesi olanlar
- Büyüme-gelişme geriliği olanlar
- Kalp dışı herhangi bir tanısı olan hastalar

Çalışma UÜTF Etik Kurulu tarafından onaylandı (15.01.2013 tarih ve 2013-1/2 nolu karar).

### 3.1. Ekokardiyografik İnceleme

Ekokardiyografik değerlendirme standart kesitlerde sırtüstü veya sol dekubitis pozisyonunda 3- ve 8- MHz transduser kullanılarak Vivid-6 GE ® ve HP/SONOS 5500® cihazları ile yapıldı. Ayrıca tüm hastalarda renkli Doppler, CW ve PW Doppler teknikleri kullanıldı. Sol ventrikül diyastol sonu çapı (SVDSÇ), EF, kısalma fraksiyonu, septum kalınlığı M-mod ile parasternal uzun eksen kesitte değerlendirildi. Tüm ekokardiyografik değerlendirmeler "*American Society of Echocardiography*" kılavuz bilgilerine göre yapıldı.

Değerlendirmeler yapılırken üç ardışık kardiyak döngüdeki değerlerin ortalaması alındı.

TAPSE ölçümü, 2-boyut ekokardiyografide M-mod tekniği kullanılarak apikal dört boşluk kesitte, kursor triküspit anülüsün lateral serbest duvar ile birleştiği noktaya konularak yapıldı. Kursor mümkün olduğunca lateral anülüse dik gelecek şekilde ve kalbin apeksi ile aynı düzlemde olacak şekilde ayarlandı. Ölçüm yapılırken açı düzeltme yöntemi kullanılmadı. Ardışık 3 ölçüm yapılarak ortalaması alındı. Eş zamanlı olarak iki R-R mesafesi ölçülerek kalp hızı hesaplandı. Ölçümler çocuk sakin durumdayken yapıldı.

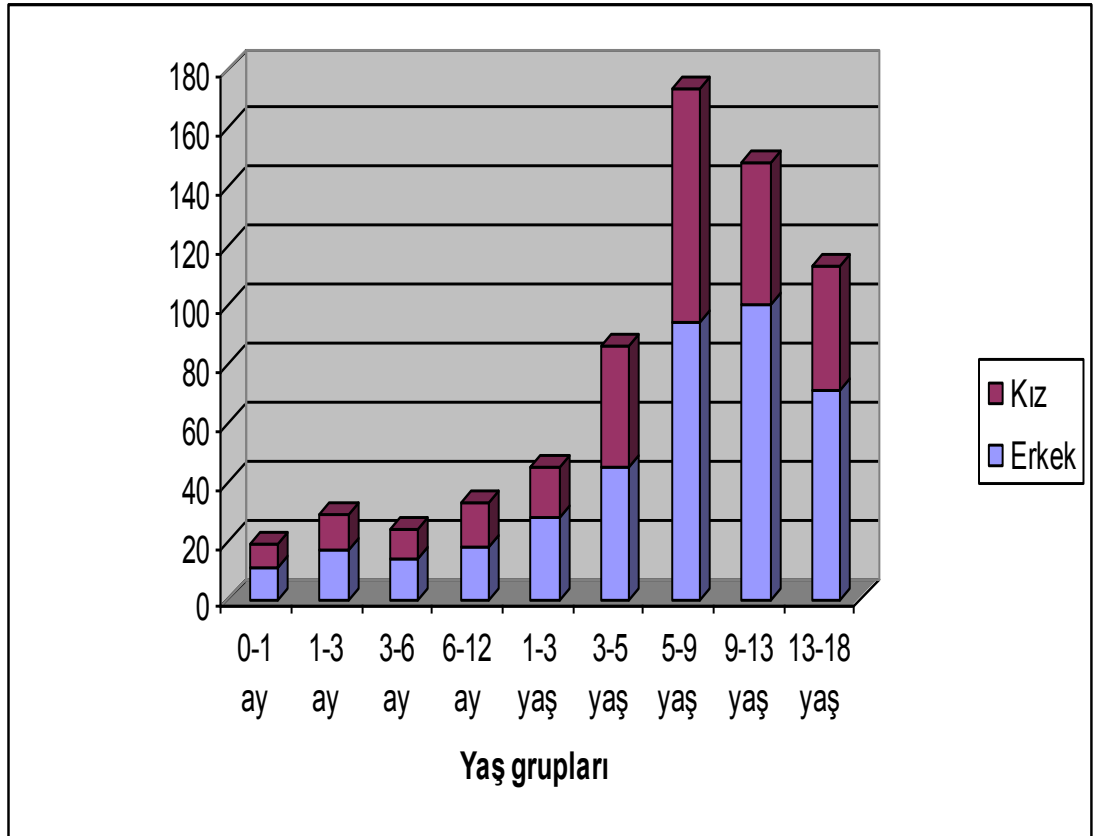
### **3.2. İstatistiksel Yöntem**

İstatistiksel hesaplamalar bilgisayar ortamında SPSS 20,0 program paketi kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için Kolmogorov Simirnow testi uygulandı. Normal dağılım özelliği gösteren değişkenler için veriler ortalama  $\pm$  standart sapma olarak belirtildi. Nominal değerler, yüzde olarak sunuldu. İki sürekli değişkenin karşılaştırılmasında korelasyon analizi yapılarak aralarındaki ilişki incelendi. İki yönlü p değerinin  $<0,05$  olması anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Çalışmada üfürüm nedeni ile çocuk kardiyoloji polikliniğine başvuran ve masum üfürüm tanısı alan 272'si kız (%40,6), 398'si erkek (%59,4) toplam 670 sağlıklı çocuk incelendi. Yaş grupları arasında cinsiyet dağılımı açısından anlamlı bir fark saptanmadı ve şekil 12'de yaş gruplarının cinsiyete göre dağılımı gösterildi.

Değerlendirilen çocukların antropometrik özellikleri tablo 1'de özetlendi.



Şekil-12: Yaş grupları içindeki cinsiyet dağılımı.



**Tablo-1:** Çalışmada incelenen çocukların genel özellikleri.

	<b>TOPLAM</b>	<b>KIZ</b>	<b>ERKEK</b>
<b>Hasta sayısı</b>	670	272	398
<b>Yaş (ay)</b>	89,47±60,01	83,37±58,60	93,64±3,04
<b>Kilo (kg)</b>	28,19±18,59	25,91±17,28	29,75±19,31
<b>Boy (cm)</b>	117,13±34,41	113,37±33,07	119,69±35,11
<b>Yüzey alanı (m<sup>2</sup>)</b>	0,93±0,44	0,87±0,41	0,96±0,45
<b>Kalp hızı</b>	96,62±23,63	100±21,59	94,30±24,69
<b>TAPSE (mm)</b>	19,96±5,49	19,28±5,27	20,42±5,60

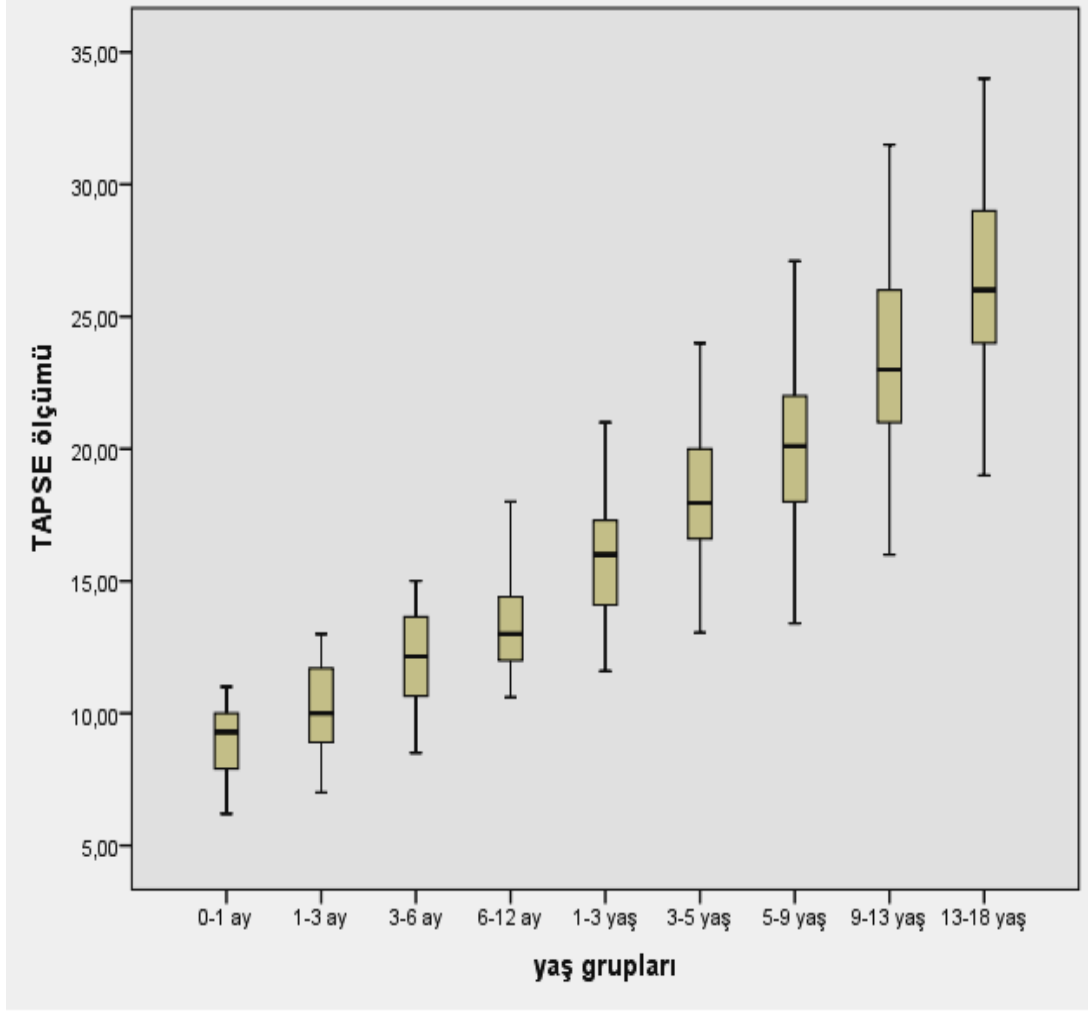
**TAPSE:** Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi

Ortalama TAPSE±2 SD değeri yenidoğan yaş grubunda 9,00±1,35 iken 13-18 yaş grubunda 26,27±3,37 bulundu. Yaş gruplarına göre TAPSE±2 SD değerleri tablo 2'de ve şekil 13'de gösterilmiştir.

**Tablo-2:** Yaş gruplarına göre TAPSE'nin ortalama değerleri.

	<b>Hasta sayısı</b>	<b>Ortalama TAPSE± 2SD (mm)</b>
<b>0-1 ay</b>	19	9,00 ± 1,35
<b>1-3 ay</b>	29	10,21 ±1,59
<b>3-6 ay</b>	24	12,00±1,84
<b>6-12 ay</b>	33	13,42±2,02
<b>1-3 yaş</b>	45	16,01±2,45
<b>3-5 yaş</b>	86	18,26±2,36
<b>5-9 yaş</b>	173	20,18±2,79
<b>9-13 yaş</b>	148	23,13±3,32
<b>13-18 yaş</b>	113	26,27±3,37
<b>Toplam</b>	670	19,96±5,49

**TAPSE:** Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi



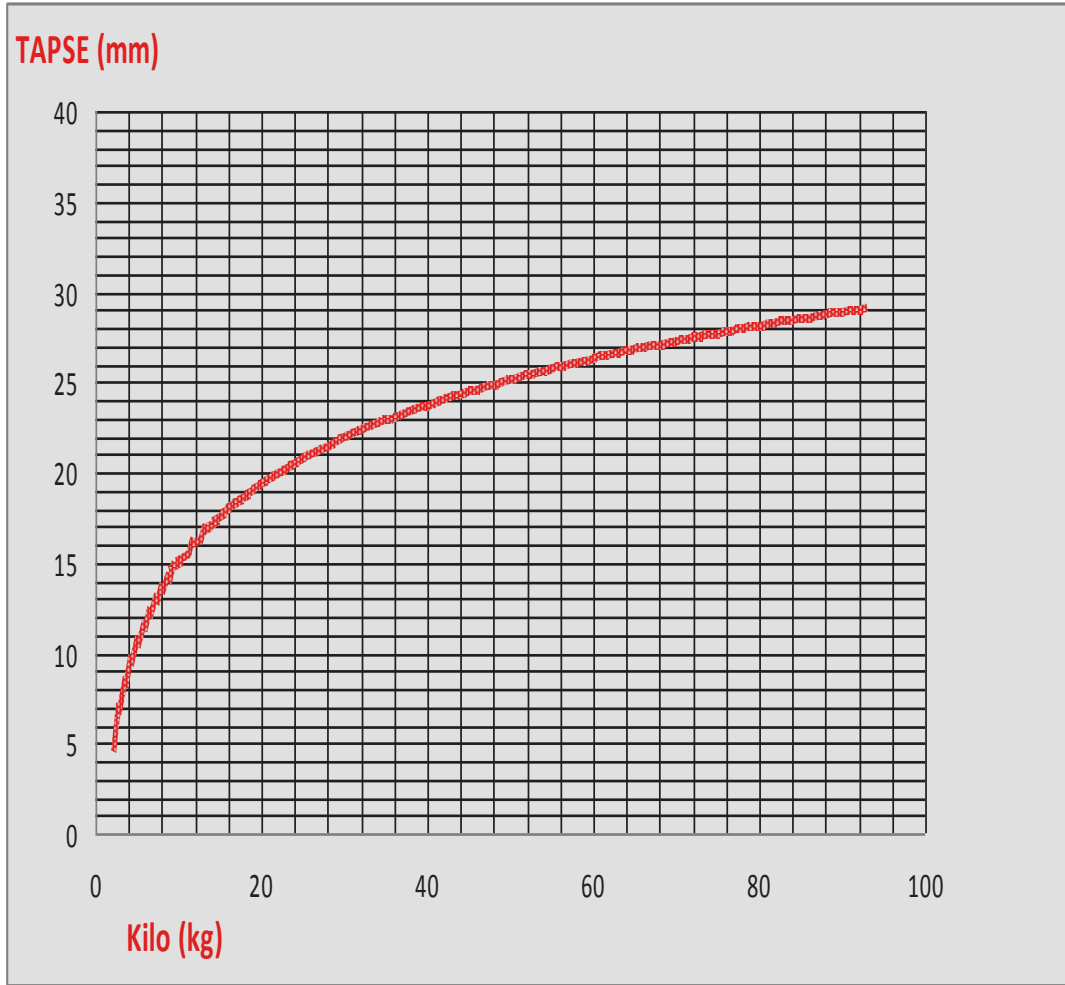
**Şekil-13:** TAPSE ölçümlerinin yaş gruplarına göre normal değerleri

**Tablo 3.** Sağlıklı çocuklarda yaş gruplarına göre TAPSE persantilleri.

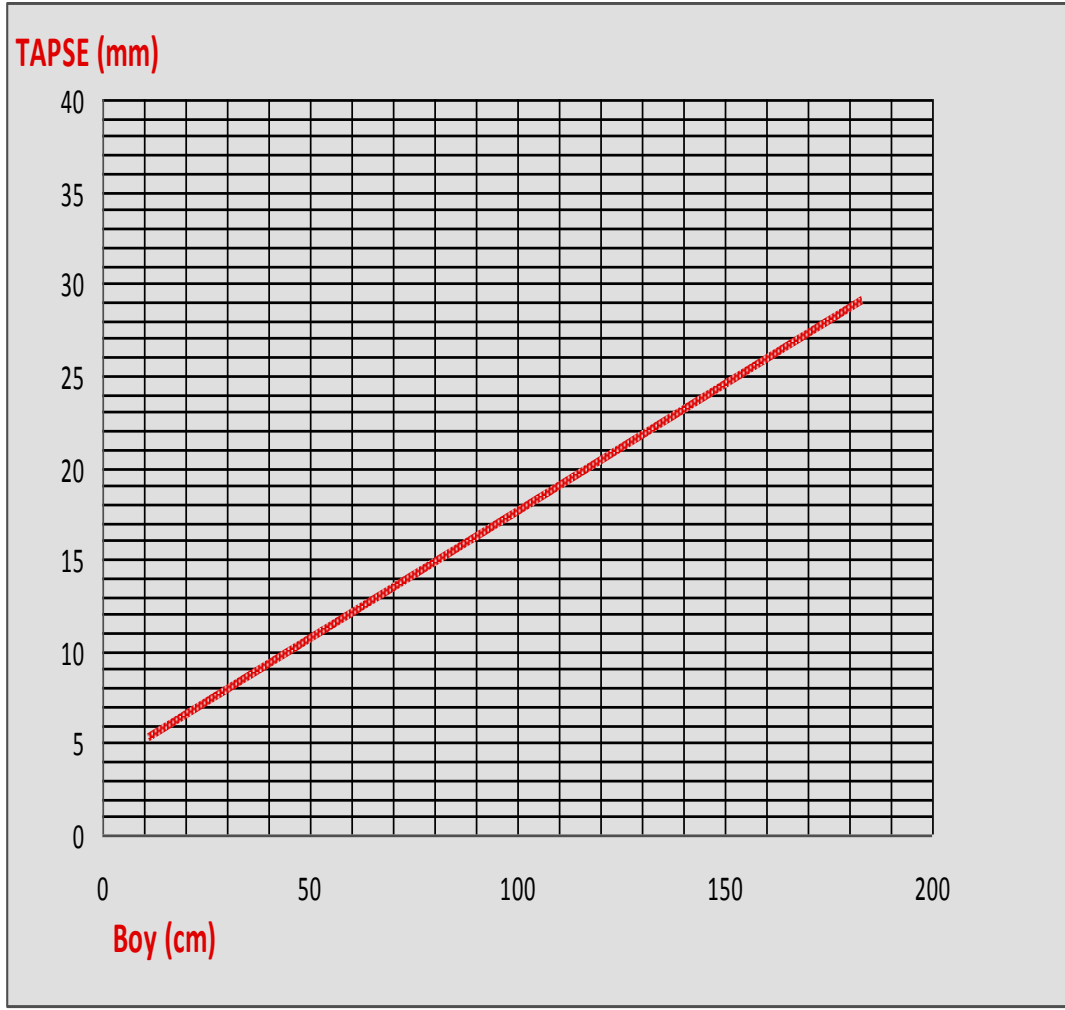
Yaş grupları	N	p5	p10	p25	p50	p75	p90	p 95
0-1 ay	19	6,20	7,14	7,90	9,50	10,20	11,56	11,97
1-3 ay	29	7,00	8,70	8,85	10,00	11,75	12,40	12,85
3-6 ay	24	8,62	9,25	10,62	12,15	13,72	14,55	14,90
6-12 ay	33	10,74	11,00	12,00	13,00	14,60	17,00	17,30
1-3 yaş	45	12,12	12,88	14,10	16,00	17,30	19,94	20,73
3-5 yaş	86	14,50	15,14	16,57	17,95	20,00	21,00	22,19
5-9 yaş	173	15,67	16,50	18,00	20,10	22,00	24,00	24,79
9-13 yaş	148	17,50	18,09	21,00	23,00	26,00	27,05	28,82
13-18 yaş	113	20,68	20,00	24,00	26,00	29,00	30,80	32,00

**TAPSE:** Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi

Triküspit kapağın anüler düzlem sistolik hareketleri ile kilo ve boy arasında güçlü bir ilişki saptandı ( $p<0,001$ ) ve Spearman korelasyon katsayısı her iki parametre için de 0,855 bulundu. Şekil 14 ve 15'de TAPSE ile kilo ve boy arasındaki ilişkiler gösterildi.



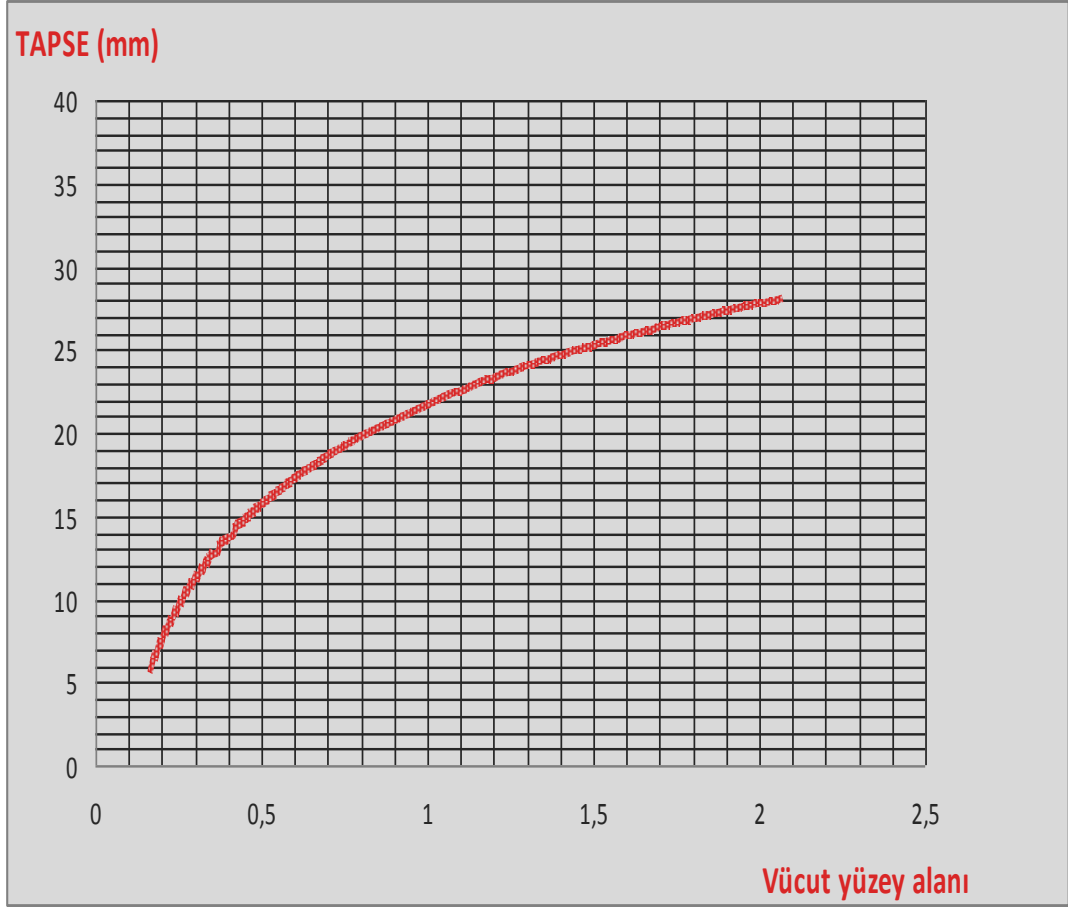
**Şekil-14:** TAPSE ile kilo arasındaki ilişki ( $r=0,855$ ;  $p<0,001$ ).



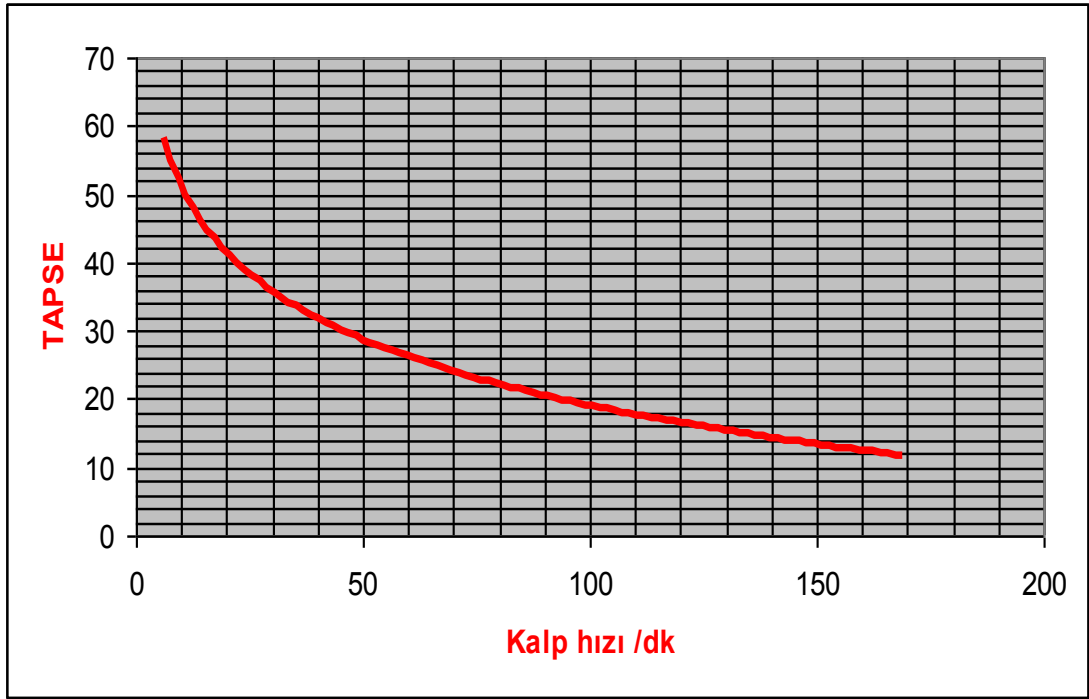
**Şekil-15:** TAPSE ile boy arasındaki ilişki ( $r=0,855$ ;  $p<0,001$ ).

Çalışmamızda vücut yüzey alanı ile TAPSE arasında güçlü bir pozitif ilişki tespit edildi ( $r=0,863$ ;  $p<0,001$ ) ve şekil 16'de bu ilişki gösterildi.

Kalp hızı ile TAPSE arasında ise negatif yönde güçlü bir korelasyon saptandı ( $r= -0,682$ ;  $p<0,001$ ) (şekil 17).



**Şekil-16:** Yüzey alanı (m<sup>2</sup>) ile TAPSE arasındaki ilişki ( $r=0,863$ ;  $p<0,001$ ).



**Şekil-17:** Kalp hızı ile TAPSE arasındaki ters korelasyon ( $r = -0,682$ ).

Vakalarımızın vücut yüzey alanlarına ( $m^2$ ) göre ölçülen TAPSE persantilleri tablo 4'de gösterilmiştir.

**Tablo-4:** Triküs pit anüler düzlem sistolik hareket değęerlerinin vücut yüzey alanlarına göre persantilleri.

Vücut yüzey alanı ( m <sup>2</sup> )	Sayı (n)	p5	p10	p25	p50	p75	p90	p95
0- 0,25	26	6,48	7,00	7,80	9,60	10,05	11,61	12,10
0,26- 0,5	96	8,78	9,30	10,70	12,40	14,07	16,00	17,00
0,51-0,75	127	13,80	14,40	16,10	17,90	19,90	21,00	22,00
0,76- 1	161	15,90	17,00	18,30	20,20	22,80	24,00	25,00
1,01- 1,25	94	17,50	18,00	19,70	22,00	24,00	26,00	26,20
1,26- 1,5	75	19,00	20,90	23,00	24,50	27,00	29,00	29,34
1,51- 1,75	64	22,00	22,50	24,00	26,10	29,00	30,10	31,87
1,76- 2,07	27	22,40	23,00	27,00	28,00	30,00	32,20	33,00



## TARTIŞMA VE SONUÇ

Sağ ventrikülün fizyolojik önemi genellikle hafife alınmakla birlikte, sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesi hem klinik olarak hem de prognoz açısından oldukça önemlidir (25,67-70). Sağ ventrikülün başlıca görevleri; sistemik venöz kanı akciğerlere pompalayarak yeterli pulmoner perfüzyonu sağlamak ve organ ve doku konjesyonunu önlemek için düşük sistemik venöz basıncı idame ettirmektir.

Pulmoner hipertansiyonlu hastalarda sağ ventrikülün boyutu ve fonksiyonları sadece hastalığın ciddiyetini belirlemekle kalmayıp bu hastalardaki yaşam süresinin en önemli göstergesidir (22,71). Aynı şekilde SV fonksiyonları, sol ventrikülü etkileyen hastalıklarda prognozun önemli belirleyicilerinden biridir. Miyokarditli hastalarda sağ ventrikül fonksiyonları bozuk olan hastalarda ölüm riskinin ve transplantasyon yapılma oranlarının sağ ventrikül fonksiyonları normal olanlara göre daha yüksek olduğu gösterilmiş ve bu hastalarda kötü gidişatin en güçlü belirleyicisi olduğu gösterilmiştir (72). İdiyopatik dilate kardiyomyopati hastalarda anjiyografik olarak kanıtlanmış biventriküler disfonksiyonu olanlarda (SLV EF < %50; SV EF < %40), sadece SLV fonksiyon bozukluğu olanlara kıyasla yaşam şansı daha azdır ve bu hastaların semptomları daha ağır seyretmektedir (73).

İlerlemiş konjestif kalp yetmezliği olanlarda SV EF'sinin >%35'in üzerinde olması sadece yaşam süresini uzatmakla kalmayıp efor kapasitesini de belirgin arttırdığı bildirilmiştir (74). Aynı çalışmada efor kapasitesinin sağ ventrikül fonksiyonlarından, sol ventrikül fonksiyonlarına göre daha fazla etkilendiği saptanmıştır.

Konjenital kalp hastalıklarından özellikle opere olmuş Fallot tetralojisinde uzun dönem prognozu belirlemede ve pulmoner kapak implantasyon zamanını belirlemede sağ ventrikül fonksiyonlarının önemi birçok çalışmada gösterilmiştir (75-77).

Sağ ventrikülün mevcut anatomik yapısı standart ekokardiyografik değerlendirmelerde kısıtlılık yaratmaktadır (7). Bu durum SV EF ölçümlerinde

de kısıtlılık oluşturmaktadır. Sol ventrikülde olduğu gibi sağ ventrikül performansı da, kalp hızı, ritm, kontraktilite ve yüklenme durumlarından etkilenir. Yüklenme ve kontraktilite SV fonksiyonunda büyük önem taşır. Geleneksel olarak 2-boyutlu ekokardiyografi kullanılarak SV EF ve SVFAD ölçümü karmaşık anatomisinden dolayı zordur. Sağ ventrikül Tei indeksi sağ ventrikül sistolik ve diyastolik fonksiyonlarını beraber değerlendirdiği için değerlidir (78). Tei indeksinin artan yaş ve yüzey alanı ile beraber arttığı gösterilmiştir. Pretermlerde bu değer üst sınırı 0,44 iken adölesanlarda üst sınır 0,54 olarak kabul edilmektedir. Eidem ve ark. (79) tarafından yapılan bir çalışmada, Tei indeksinin ön yük ve ard yükden bağımsız olarak sağ ventrikül fonksiyonlarını belirlemede değerli olduğu gösterilmiştir. Ancak özellikle küçük çocuklarda Tei indeksini ölçmek zaman alır. Sağ ventrikül fonksiyonlarında altın standart kabul edilen kardiyak MRG ise çocuklarda uygulanması ve tekrar edilebilirliği zor ve pahalı bir yöntemdir. Tüm bu nedenlerden dolayı sağ ventrikül fonksiyonlarını belirlemede kolay uygulanabilir, invazif olmayan ve pahalı olmayan yöntemlere ihtiyaç vardır (80).

Son yıllarda TAPSE ölçümü hem kolay hem de SV ard yükünden etkilenmemesi nedeni ile sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmalarda TAPSE ile SVEF arasında iyi bir korelasyon saptanmışken (8,55,81-83), SVFAD (84,85) ve global sağ ventrikül straini (86) arasında daha güçlü bir ilişki bulunmuştur. Manyetik rezonans ile sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ölçümünün ise TAPSE ile daha az uyumlu olduğu gösterilmiştir (81). Teorik olarak sağ ventrikül anüler yer değişimi atım hacmi ile ilişkilidir. Urheim ve ark. (87) tarafından yapılan çalışmada atım hacmi ile TAPSE arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır. TAPSE değeri <1,8 cm'nin altında olanlarda atım hacmi indeksinin <29 ml/dk/m<sup>2</sup> olduğu aynı çalışmada tespit edilmiştir. Ancak bir başka çalışmada özellikle M-mod ile ölçülen TAPSE'nin atım hacmi ile zayıf bir korelasyon gösterdiği bulunmuştur (88). Erişkinlerde yapılan çalışmalarda TAPSE'nin < 2cm altında olmasının, sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun <%40'ın altında olduğunu gösterdiği bulunmuştur (89,90). Çocuklarda ise

erişkin referans değerleri kullanılamaz çünkü TAPSE, çocuk büyüdükçe değişmektedir.

Çocuklarda TAPSE ölçümleri ile ilgili çalışma sayısı oldukça azdır (91,92). Koestenberger ve ark.'nın (93) çalışmasında Fallot tetralojili ve atrial septal defektli (ASD) çocuklar normal çocuklarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada ASD'li çocuklarda TAPSE'nin değişmediği ancak Fallot tetralojili çocuklarda postoperatif dönemde yıllar içerisinde TAPSE'nin azaldığı belirlenmiştir. Bu konu ile ilgili çocuklarda yapılmış diğer önemli çalışmada ise ASD'si olanlarda TAPSE değerlerinin normalden fazla olduğu, primer pulmoner hipertansiyonu olan çocuklarda ise TAPSE'nin anlamlı şekilde daha düşük olduğu saptanmıştır (91).

Çocuklarda konjenital kalp hastalıklarında cerrahisi öncesi ve sonrası, pulmoner hipertansiyonda ve sol kalp hastalıklarında prognozu belirlemede değişen TAPSE ölçümlerinin değerlendirilmesi için referans aralıklara ihtiyaç vardır. Literatürde İspanya'da ve Avusturya'da yaşayan çocuklarda TAPSE'nin normal aralıkları belirlenmiştir ve tüm dünyada özellikle Koestenberger ve ark.'nın belirledikleri aralıklar kullanılmaktadır (12,13). Ancak ülkemizde yaşayan çocuklarda belirlenmiş referans aralıkları henüz yoktur. Bu çalışmada ülkemizdeki sağlıklı çocuklarda, hem tanı hem de prognoz açısından değerli olduğu kabul edilen TAPSE'nin, yaşa ve vücut yüzeyine göre normal referans aralıkları saptanarak sunuldu.

Çalışmada TAPSE ile boy, ağırlık ve yüzey alanı arasında güçlü bir ilişki saptandı. Koestenberger ve ark.'nın (13) ve Nunez-Gil ve ark.'nın (12) çalışmalarında da TAPSE'nin yaş ve yüzey alanı ile güçlü bir korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Çocuklarda gelişimsel değişiklikler nedeni ile TAPSE için tek bir değer kullanmak doğru değildir. Bundan dolayı çalışmada TAPSE referans aralıkları hem yaş grupları hem de yüzey alanına göre saptandı ve tablo 3 ve tablo 4'de gösterildi. Bu çalışma ile çocuklarda TAPSE'nin sadece yaşa göre değil, aynı zamanda yüzey alanına göre de değerlendirilmesi gerektiği saptandı.

Koestenberger ve ark. tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde TAPSE'nin özellikle yüzey alanı  $< 0,5 \text{ m}^2$ 'den az olanlarda hızlı bir artış

gösterdiği ve yüzey alanı arttıkça bu artış hızının azaldığı saptanmıştır (şekil 16). Bu çalışmadan farklı olarak, sunulan çalışmada kalp hızı ile TAPSE arasında negatif yönde güçlü bir korelasyon saptandı (şekil 17). Ancak kısmi korelasyon yöntemi ile yaş kontrol edilerek bu ilişki incelendiğinde Spearman korelasyon katsayısı  $r=-0,249$  olarak hesaplandı. Bu sonuçla kalp hızının artan yaşla beraber zaten azaldığı ve TAPSE ile kalp hızı arasındaki bu ters yöndeki güçlü ilişkinin aslında dolaylı olduğu söylenebilir.

Sunulan çalışmada saptanan önemli bir bulgu da; gerek Koestenberger ve ark.nın Avusturya'lı çocuklarda belirlediği, gerek ise İspanyol çocuklarda belirlenen TAPSE referans aralıklarının, bu çalışmada belirlenen referans aralıkları ile belirgin farklı olduğu gerçeğidir. Örneğin Nunez ve ark.'nın (12) İspanyol çocuklarda yapmış oldukları persantil eğrilerinde TAPSE'nin 13-18 yaş grubu için 5. persantil değeri 15,5 mm iken, Koestenberger ve ark.'nın (13) bu yaş grubundaki Avusturyalı çocuklarda belirledikleri alt sınır 19,4 mm'dir. Sunulan çalışmada ise aynı yaş grubundaki sağlıklı çocuklarda TAPSE ölçümünün 5. persantil değeri 20,68 mm olarak hesaplanmıştır. Yüzey alanına göre TAPSE persantilleri incelendiğinde de aynı farklılıklar göze çarpmaktadır. Örneğin İspanya'da yüzey alanı 1,26-1,50 m<sup>2</sup> olan çocuklarda TAPSE alt sınırı; 14,6 mm iken, sunulan çalışmada bu alt sınır 19 mm olarak bulunmuştur. Bu nedenlerden dolayı, çocuklarda TAPSE değerlerinin ırksal ve çevresel faktörlerden etkilenebileceği ve TAPSE ölçümleri değerlendirirken, bu farklılıkların iyi bilinmesi ve her ülkenin kendi persantil eğrilerini kullanması gerektiği söylenebilir.

Sonuç olarak; sol ventrikül gibi sağ ventrikül fonksiyonlarını değerlendirmek de son derece önemlidir. Günlük pratikte sağ ventrikül fonksiyonlarının TAPSE ile değerlendirilmesi güvenilir, uygulanabilirliği ve tekrar edilebilirliği kolay bir yöntemdir. Sunulan çalışmada TAPSE değerlerinin yaş, boy, kilo ve yüzey alanı ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon gösterdiği saptandı ve sağlıklı Türk çocuklarındaki TAPSE ölçümlerinin referans aralıkları belirlendi.

## KAYNAKLAR

1. Ho SY, Nihoyannopoulos P. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart* 2006;92:i2–13.
2. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation* 2008;117:1436–48.
3. Sheehan F, Redington A. The right ventricle: anatomy, physiology and clinical imaging. *Heart* 2008;94:1510–5.
4. Davlouros PA, Niwa K, Webb G, Gatzoulis MA. The right ventricle in congenital heart disease. *Heart* 2006;92:i27–38.
5. Warnes CA. Adult congenital heart disease: importance of the right ventricle. *J Am Coll Cardiol* 2009;54:1903–10.
6. Haddad F, Doyle R, Murphy DJ, Hunt SA. Right ventricular function in cardiovascular disease, part II: Pathophysiology, clinical importance, and management of right ventricular failure. *Circulation* 2008;117:1717-31.
7. Kaul S, Tei C, Hopkins JM, Shah PM. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984;107:526–31.
8. Miller D, Farah MG, Liner A, Fox K, Schluchter M, Hoit BD. The relation between quantitative right ventricular ejection fraction and indices of tricuspid annular motion and myocardial performance. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:443–7.
9. Popescu BA, Antonini-Canterin F, Temporelli P, et al. GISSI-3 Echo Substudy Investigators. Right ventricular functional recovery after acute myocardial infarction: relation with left ventricular function and interventricular septum motion. *GISSI-3 echo substudy. Heart* 2005;91:484–488.
10. 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.
11. Lamia B, Teboul JL, Monnet X, Richard C, Chemla D. Relationship between the tricuspid annular plane systolic excursion and right and left ventricular function in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2007;33:2143–9.
12. Nunez-Gil IJ, Rubio MD, Carton AJ, et al. Determination of Normalized Values of the Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) in 405 Spanish Children and Adolescents. *Revista Espanola de Cardiologia (English Edition)* 2011;64:674-78.

13. Koestenberger M, Ravekes W, Everett AD, et al. Right ventricular function in infants, children and adolescents: reference values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 640 healthy patients and calculation of z score values. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:715–9.
14. John F. Seccombe, Donald R. Cahill, Dr. William D. Edwards Quantitative morphology of the normal human tricuspid valve: Autopsy study of 24 case. *Clinical Anatomy* 1993;6:203-12.
15. Slater JP, Lipsitz EC, Chen JM, et al: Systolic Ventricular Interaction in Normal and Diseased Explanted Human Heart. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;113(6):1091-9.
16. 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.
17. Forrester AL. Hemodynamics of the Right Ventricle in Normal and Disease States. *Cardiol.Clinic* 1992;10:59-67.
18. Stephanazzi J, Guidon-Attali C, Escarment J. Right Ventricular Function: Physiological and Physiopathological Features. *Ann-Fr-Anest-Reanim* 1997;16(2):165-86.
19. Nagel E, Stuber M, Hess OM. Importance of the right ventricle in valvular heart disease. *Eur Heart J* 1996;17:829–36.
20. Graham Jr TP, Bernard YD, Mellen BG, et al. Long-term outcome in congenitally corrected transposition of the great arteries: a multi-institutional study. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:255–61.
21. Burgess MI, Mogulkoc N, Bright-Thomas RJ, et al. Comparison of echocardiographic markers of right ventricular function in determining prognosis in chronic pulmonary disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:633–9.
22. D’Alonzo GE, Barst RJ, Ayres SM, et al. Survival in patients with primary pulmonary hypertension. Results from a national prospective registry. *Ann Intern Med* 1991;115:343–9.
23. Mehta SR, Eikelboom JW, Natarajan MK, et al. Impact of right ventricular involvement on mortality and morbidity in patients with inferior myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:37–43.
24. Zehender M, Kasper W, Kauder E, et al. Eligibility for and benefit of thrombolytic therapy in inferior myocardial infarction: focus on the prognostic importance of right ventricular infarction. *J Am Coll Cardiol* 1994;24:362–9.
25. de Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C, et al. Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:948–54.
26. Gavazzi A, Berzuini C, Campana C, et al. Value of right ventricular ejection fraction in predicting short-term prognosis of patients with severe chronic heart failure. *J Heart Lung Transplant* 1997;16:774–85.
27. Barnard D, Alpert JS. Right ventricular function in health and disease. *Curr Probl Cardiol* 1987;12:417-49.

28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. Jiang L, Levine RA, Weyman AE. Echocardiographic assessment of right ventricular volume and function. *Echocardiography* 1997;14:189-206.
36. 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.
37. 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.
38. 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.
39. Habib GB, Zoghbi WA. Doppler assessment of right ventricular filling dynamics in systemic hypertension. *Am Heart J* 1992;124:1313-20.
40. Eren M, Dağdeviren B, Bolca O, ve ark. Sağ ve Sol Ventrikül İzovolümetrik Gevşeme Zamanlarının Elektrokardiyografi ve Pulsed Doppler Ekokardiyografi ile Karşılaştırılması. *Türk Kardiyol Dern Arş* 1999;27:352-8.
41. 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.

42. 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;11:849-56.
43. Ishii M, Eto G, Tei C, 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;21(5):416-21.
44. Yeo TC, Dujardin KS, Tei C, Mahoney DW, McGoon MD, Seward JB. Value of a Doppler-derived index combining systolic and diastolic time intervals in predicting outcome in primary pulmonary hypertension. *Am J Cardiol* 1998;81(9):1157-61.
45. Burgess MI, Mogulkoc N, Bright-Thomas RJ, et al. Comparison of echocardiographic markers of right ventricular function in determining prognosis in chronic pulmonary disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15(6):633-9.
46. Nishimura E, Ikeda S, Naito 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.
47. Pavlicek M, Wahl A, Rutz T, et al. Right ventricular systolic function assessment: rank of echocardiographic methods vs. cardiac magnetic resonance imaging. *Eur J Echocardiogr* 2011;12(11):871-880.
48. Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1996;9:838-47.
49. Garcia MJ, Thomas JD, Klein AL. New Doppler echocardiographic applications for the study of diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:865-75.
50. 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.
51. 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 J* 2001;24:135-9.
52. 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.
53. Sundereswaran L, Nagueh SF, Vardan S, et al. Estimation of left and right ventricular filling pressures after heart transplantation by tissue Doppler imaging. *Am J Cardiol* 1998;82:352-7.
54. 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.



55. Ueti OM, Camargo EE, Ueti AA, Lima-Filho EC, 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.
56. Vogel M, Derrick G, White PA, et al. 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.
57. Mirsky, Ghista DN, Sandler H. Cardiac mechanics: physiological, clinical, and mathematical considerations. John Wiley & Sons Inc. New York, 1974.
58. Jamal F, Bergerot C, Argaud L, et al. Longitudinal strain quantitates regional right ventricular contractile function. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2003;285:2842-7.
59. Maceira A, Prasad S, Khan M, Pennell D. Reference right ventricular systolic and diastolic function normalized to age, gender and body surface area from steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J* 2006;27:2879-88.
60. Pennell D, Sechtem U, Higgins C, et al. Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel report. *Eur Heart J* 2004;25:1940-65.
61. Mogelvang J, Stokholm K, Stubgaard M. Assessment of right ventricular volumes by magnetic resonance imaging and by radionuclide angiography. *Am J Noninvasive Cardiol* 1991;5:321-7.
62. Katz J, Whang J, Boxt L, Barst R. Estimation of right ventricular mass in normal subjects and in patients with primary pulmonary hypertension by nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1993;21:1475-81.
63. Grothues F, Moon J, Bellenger N, et al. Interstudy reproducibility of right ventricular volumes, function and mass with cardiovascular magnetic resonance. *Am Heart J* 2004;147:218-23.
64. Wesbey GE, Higgins CB, McNamara MT, et al. Effect of gadolinium-DTPA on the magnetic relaxation times of normal and infarcted myocardium. *Radiology* 1984;153:165-9.
65. de Roos A, Doornbos J, Van Der Wall EE, et al. MR imaging of acute myocardial infarction: value of Gd-DTPA. *AJR Am J Roentgenol* 1988;150:531-4.
66. Sato H, Murakami Y, Shimada T, et al. Detection of right ventricular infarction by gadolinium DTPA-enhanced magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 1995;16:1195-9.
67. Sun J, James K, Yang X, et al. Comparison of mortality rates and progression of left ventricular dysfunction in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy and dilated versus nondilated right ventricular cavities. *Am J Cardiol* 1997;80:1583-7.
68. Patel A, Dubrey S, Mendes L, et al. Right ventricular dilation in primary amyloidosis: an independent predictor of survival. *Am J Cardiol* 1997;80:486-92.

69. Ghio S, Gavazzi A, Campana C, et al. 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;37:183–8.
70. Ghio S, Recusani F, Klersy C, et al. 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;85:837–42.
71. Chin KM, Nick HS, Rubin LJ. The right ventricle in pulmonary hypertension. *Coron Art Dis* 2005;16:13–8.
72. Mendes LA, Dec GW, Picard MH, et al. Right ventricular dysfunction: an independent predictor of adverse outcome in patients with myocarditis. *Am Heart J* 1994;128:301–7.
73. La Vecchia L, Paccanaro M, Bonanno C, et al. Left ventricular versus biventricular dysfunction in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1999;83:120–2.
74. Di Salvo TG, Mathier M, Semigran MJ, Dec GW. Preserved right ventricular ejection fraction predicts exercise capacity and survival in advanced heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1995;25:1143–53.
75. Piran S, Veldtman G, Siu S, Webb GD, Liu PP. Heart failure and ventricular dysfunction in patients with single or systemic right ventricles. *Circulation* 2002;105:1189–94.
76. Berdat PA, Immer F, Pfammatter JP, Carrel T. Reoperations in adults with congenital heart disease: analysis of early outcome. *Int J Cardiol* 2004;93:239–245.
77. Abd El Rahman MY, Abdul-Khaliq H, Vogel M, et al. Value of the new Doppler-derived myocardial performance index for the evaluation of right and left ventricular function following repair of tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol* 2002;23:502–7.
78. Roberson DA, Wei C. Right ventricular TEI index in children: effect of method, age, body surface area, and heart rate. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:764–70.
79. 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.
80. Redington AN. Right ventricular function. *Cardiol Clin* 2002;20:341–9.
81. Morcos P, Vick GW 3rd, Sahn DJ, et al. Correlation of right ventricular ejection fraction and tricuspid annular plane systolic excursion in tetralogy of Fallot by magnetic resonance imaging. *Int J Cardiovasc Imaging* 2009;25:263–70.
82. Lee CY, Chang SM, Hsiao SH, et al. Right heart function and scleroderma: insights from tricuspid annular plane systolic excursion. *Echocardiography* 2007;24:118–25.
83. Saxena N, Rajagopalan N, Edelman K, Lopez-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.

84. Kjaergaard J, Snyder EM, Hassager C, Oh JK, Johnson B. Impact of preload and afterload on global and regional right ventricular function and pressure: a quantitative echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr* 2006;19:515-21.
85. Lopez-Candales A, Rajagopalan N, Saxena N, et al. Right ventricular systolic function is not the sole determinant of tricuspid annular motion. *Am J Cardiol* 2006;98:973-7.
86. Meris A, Faletra F, Conca C, et al. Timing and magnitude of regional right ventricular function: a speckle tracking-derived strain study of normal subjects and patients with right ventricular dysfunction. *J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23:823-31.
87. Urheim S, Cauduro S, Frantz R, et al. Relation of tissue displacement and strain to invasively determined right ventricular stroke volume. *Am J Cardiol* 2005;96:1173-8.
88. Tousignant C, Kim H, Papa F, Mazer CD. Evaluation of TAPSE as a measure of right ventricular output. *Can J Anaesth* 2012;59(4):376-83
89. Forfia PR, Fisher MR, Mathai SC, et al. Tricuspid annular displacement predicts survival in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;174:1034–41.
90. 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;89:610–13.
91. Arce O, Knudson O, Ellison M, 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.
92. Promphan W, Attanawanit S, Wanitkun S, Khowsathit P. The right and left ventricular function after surgical correction with pericardial monocusp in tetralogy of Fallot: midterm result. *J Med Assoc Thai* 2002; 85:1266–70
93. Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, et al. 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(1):67-75.

## EKLER

### EK-1: Simgeler ve Kısaltmalar

CW	Continuous-wave (Devamlı akım)
DZ	Deselerasyon zamanı
EF	Ejeksiyon fraksiyonu
İVA	İzovolumik akselerasyon
İVR	İzovolumik relaksasyon
MRG	Manyetik rezonans görüntüleme
MPI	Miyokardiyal performans indeksi
PSV	Pik sistolik velosite
PW	Pulsed-wave
SLV	Sol ventrikül
SV	Sağ ventrikül
SVÇY	Sağ ventrikül çıkım yolu
SVDSA	Sağ ventrikül diyastol sonu alanı
SVDSV	Sağ ventrikül diyastol sonu volumü
SVEF	Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu
SVFAD	Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi
SVSSA	Sağ ventrikül sistol sonu alanı
SVSSV	Sağ ventrikül sistol sonu volumü
TAPSE	Tricuspid annular plane systolic excursion (Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi)
UÜTF	Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi

## EK-2: Şekiller Dizini

Şekil No		Sayfa No
Şekil-1:	Sağ ventrikülün morfolojik yapısı	3
Şekil-2:	Sağ ventrikül kavite çaplarının ölçülmesi	8
Şekil-3:	Sağ ventrikül çıkış yolu çapının ölçülmesi	8
Şekil-4:	Sağ ventrikül çıkış yolu ve pulmoner arter çapının ölçülmesi	9
Şekil-5:	Biplan Simpson yöntemi ile sağ ventrikül diyastol sonu ve sistol sonu hacimlerin analizi ve ejeksiyon fraksiyonunun ölçülmesi	11
Şekil-6:	Sağ ventriküler fraksiyonel alan değişim ölçümü	12
Şekil-7:	Triküspit anüler düzlem sistolik hareketi (TAPSE) ölçümü	14
Şekil-8:	Triküspit anüler PW doluş parametreleri	16
Şekil-9:	Sağ ventrikül miyokard performans indeksi	17
Şekil-10:	Sağ ventrikül doku Doppler incelemesi	19
Şekil-11:	İzovolumik akselerasyon zamanının ekokardiyografik olarak ölçülmesi	21
Şekil-12:	Yaş grupları içindeki cinsiyet dağılımı	27
Şekil-13:	TAPSE ölçümlerinin yaş gruplarına göre normal değerleri	29
Şekil-14:	TAPSE ile kilo arasındaki ilişki	31
Şekil-15:	TAPSE ile boy arasındaki ilişki	32
Şekil-16:	Yüzey alanı (m <sup>2</sup> ) ile TAPSE arasındaki ilişki	33
Şekil-17:	Kalp hızı ile TAPSE arasındaki ters korelasyon	34

### EK-3: Tablolar Dizini

<b>Tablo No</b>		<b>Sayfa No</b>
Tablo-1:	Çalışmada incelenen çocukların genel özellikleri	28
Tablo-2:	Yaş gruplarına göre TAPSE'nin ortalama değerleri	28
Tablo-3:	Sağlıklı çocuklarda yaş gruplarına göre TAPSE persantilleri	30
Tablo-4:	Triküspit anüler düzlem sistolik hareket değerlerinin vücut yüzey alanlarına göre persantilleri	35

## TEŞEKKÜR

Pediyatrik kardiyoloji yan dal eğitimim süresince her açıdan desteğini ve ilgisini esirgemeyen, bilimsel açıdan ve insani değerler açısından hep örnek alacağım değerli hocalarım Prof.Dr. Ergün Çil'e ve Prof. Dr. Özlem Mehtap Bostan başta olmak üzere birlik, beraberlik ve dostluk içinde birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm pediatrik kardiyoloji ailesine, Anabilim Dalı başkanımız Prof. Dr. Betül Sevinir nezdinde Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalında görev yapmakta olan tüm öğretim üyeleri, uzmanlar, asistanlar ve tüm pediatri ekibine, bugünlere gelmemde büyük emeği olan, varlıkları ile hep gurur duyduğum aileme, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen eşimin annesi ve babasına, sadece işimde değil tüm zorluklarımda hep yanımda olan çok değerli hayat arkadaşım, eşim Berfin Uysal'a ve biricik oğlum Rüzgar ile biricik kızım Duru'ya en içten duygularıyla teşekkür ederim.

## ÖZGEÇMİŞ

01.10.1980 tarihinde Afyonkarahisar'da doğdum. İlkokulu İnegöl Gazipaşa İlkokulu'nda okuduktan sonra 1999 yılında orta ve lise öğretimimi Bursa Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesi'nde tamamladım. İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi'nden 2004 yılında mezun oldum. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları uzmanlığımı İstanbul Bakırköy Doğumevi Eğitim ve Araştırma Hastahanesi'nde 2010 yılında tamamlayarak aynı hastahane 5 ay süre ile mecburi hizmet görevimi yaptım. 2010'da Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Pediatrik Kardiyoloji Bilim Dalında Pediatrik Kardiyoloji yan dal araştırma görevliliğine başladım. Halen Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk Kardiyoloji Bilim Dalı'nda çalışmaktayım.