

Pulmoner Hipertansiyonlu Çocuklarda Sağ Ventrikül Sistolik Fonksiyonlarının Ekokardiyografik ve Radyonüklid Yöntemle Değerlendirilmesi

Y. Doç. Dr. Gülendam KOÇAK*, Prof. Dr. Semra ATALAY, Y. Doç. Dr. Hasan Ercan TUTAR, Prof. Dr. Halil GÜMÜŞ, Prof. Dr. Ayten İMAMOĞLU

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Pediatrik Kardiyoloji Bilim Dalı, Ankara
*İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Malatya

ÖZET

Son yıllarda pulmoner hipertansiyonlu (PHT) çocuklarda sağ ventrikül fonksiyonlarının önemi üzerinde durulmaya başlanmıştır. Bu çalışmanın amacı PHT'lu çocuklarda sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun (SVEF) ölçülmesi ve sonuçların kontrol grubu ile karşılaştırılmasıdır. SVEF ekokardiyografi (tek planda alan uzunluğu yöntemi) ve multigated radyonüklid anjiyografi (MUGA) yöntemleri ile ölçüldü. Hasta grubunu yaşları 0,3 ile 16 yıl arasında değişen soldan sağa şanlı konjenital kalp hastalıklı 20 çocuk oluşturuyordu ($4,0 \pm 5,1$). Sonuçlar yaşları 0,4 ile 16 yıl arasında değişen 20 kontrol hastası ile karşılaştırıldı.

20 Hastada ekokardiyografik yöntemle ölçülen ortalama SVEF değeri $0,51 \pm 0,13$, kontrol grubunda ise $0,56 \pm 0,08$ bulundu ($p > 0,05$). MUGA ile elde edilen ortalama SVEF değeri hasta grubunda $0,40 \pm 0,16$, kontrol grubunda ise $0,44 \pm 0,13$ bulundu ($p > 0,05$). SVEF her iki teknikte de hasta grubunda düşük bulunmasına karşın, aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü. Hasta grubunda ekokardiyografi ile elde edilen SVEF ile sistolik pulmoner arter basıncı arasında istatistiksel olarak önemli negatif yönde korelasyon olduğu görüldü ($r = -0,47$, $p < 0,05$). Ekokardiyografi ve MUGA ile ölçülen sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun hasta ve kontrol grubunda istatistiksel olarak farklı olmadığı, fakat buna rağmen her iki teknikte ejeksiyon fraksiyonunun hastalarda daha düşük olduğu gözlemlendi. Sistolik pulmoner arter basıncı ile SVEF arasında negatif korelasyon gösterilmesi, henüz belirgin olmasa da, sağ ventrikülde sistolik fonksiyonların bozulmaya başladığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Pulmoner hipertansiyon, çocukluk çağı, sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu

Soldan sağa şanlı konjenital kalp hastalıklarının önemli komplikasyonlarından birisi pulmoner hipertansiyon (PHT) gelişmesidir. PHT'da akciğer damar yatağında anatomik ve fonksiyonel değişiklikler gelişirken diğer taraftan sağ ventrikül fonksiyonları da

kronik basınç yükünden etkilenmektedir. Değişik nedenlerle pulmoner arter basıncı yükselen hastalarda sağ ventrikül fonksiyonları araştırıldığında, pulmoner arter basıncı ile sağ ventrikül sistolik fonksiyonları arasında negatif bir korelasyon olduğu, pulmoner arter basıncı arttıkça sağ ventrikül fonksiyonlarının deprese olduğu gösterilmiştir (1-5). Sağ ventrikül disfonksiyonuna, artan diyastol sonu volümünün duvar stresini artırarak ve bunun sonucunda sağ ventrikülde subendokardiyal iskemi oluşturarak yol açtığı bildirilmiştir (6).

PHT'da sağ ventrikül performansının bozulması durumunda bu duruma yol açan kardiyak defekt kapatılsa bile hastanın postoperatif dönemde istenen yaşam kalitesine erişmesi mümkün olmamaktadır (6). Bununla birlikte bu hastalarda kardiyak cerrahi girişim ve ameliyat sonrası erken dönemde de komplikasyonlar sıklıkla görülmektedir (6). Bu nedenle PHT'lu hastaların preoperatif ve postoperatif dönemde sağ ventrikül fonksiyonları yönünden değerlendirilmesi son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Komplike anatomik yapısı ve düzensiz iç yüzeyi nedeniyle sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi güçtür. Bu amaçla pek çok teknik geliştirilmişse de henüz ideal bir yöntem oluşturulmamıştır. Geçmiş yıllarda sıklıkla kullanılan anjiyografik değerlendirme invaziv olması nedeniyle pek çok alanda yerini ekokardiyografik ve radyonüklid yöntemlere bırakmıştır (7-11).

Bu çalışmanın amacı PHT gelişmiş, soldan sağa şanlı konjenital kalp hastalıklı çocuklarda sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının ekokardiyografik ve radyonüklid anjiyografik yöntemle değerlendirmesi ve sonuçların sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırılmasıdır.

Alındığı tarih: 19 Ağustos 1999, revizyon 21 Kasım 2000
Yazışma adresi: Dr. Gülendam Koçak, Çevreyolu Sitesi, B Blok 99/1 Balgat / Ankara Tlf: (0422) 212 2988
Cep Tel: 0532 402 78 02 Faks: (0 422) 341 0728

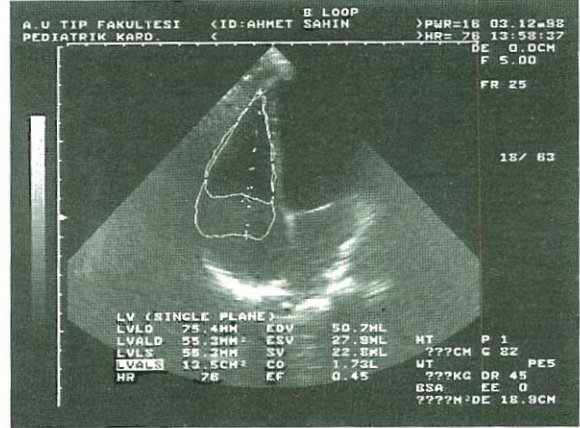
MATERYEL ve METOD

Çalışma Ocak 1997-Aralık 1998 tarihleri arasında hastanemiz pediatrik kardiyoloji kliniğinde izlenen PHT'lu 20 hasta çocuk üzerinde gerçekleştirildi (8 kız, 12 erkek). Kontrol grubu olarak kardiyak yönden yakınması olmayan, fizik inceleme, elektrokardiyografik ve telekardiyografik incelemeleri normal olan 20 çocuk çalışmaya alındı (8 kız, 12 erkek). Hasta ve kontrol gruplarının ailelerine çalışma hakkında bilgi verilerek izinleri alındı. Soldan sağa şanlı konjenital kalp hastalıklı çocukların oluşturduğu hasta grubunun tümüne tanısal amaçla kalp kateterizasyonu yapıldı. Basınç ve oksimetrik çalışma yapılarak pulmoner vasküler dirençler hesaplandı. Kateterizasyon sonrası 24 saat içerisinde hastalara ekokardiyografik ve radyonüklid çalışma yapıldı. Kontrol grubunu oluşturan çocuklar yalnızca radyonüklid ve ekokardiyografik çalışmaya alındı.

Ekokardiyografik inceleme Toshiba SSH 140-A model, renkli Doppler ekokardiyografi cihazı ile 3,75 ve 5 MHz probalar kullanılarak yapıldı. Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (SVEF) "tek düzlemde alan uzunluğu" (single plane area length) yöntemi ile değerlendirildi. Apikal dört boşluk görüntülemeye iki boyutlu ekokardiyografi ile sağ ventrikül diyastol ve sistol sonu alanlarının net olarak görülebildiği kesitler üzerinde ölçümler yapıldı. Diyastol sonu alan ölçümü için iki boyutlu ekokardiyografi ile triküs-pit kapağın henüz kapandığı görüntü, sistol sonu alan ölçümü için triküs-pit kapağın açılmaya başladığı görüntü belirlendi. Ventrikül alanı ölçümü için endokard yüzeyi görüntüdeki siyah-beyaz hat sınırından, elle çizildi. Görüntü elde edilemeyen bölgelerde görülen kısımlar kabaca birleştirildi. Volüm ölçümü için gerekli uzun eksen diyastol ve sistol sonunda, sağ ventrikül apeksi ile triküs-pit yaprakcıklarının orta noktası arasındaki doğrunun uzunluğu ölçülerek elde edildi. Diyastol ve sistol sonu alan ve uzun eksen ölçümlerinden yararlanılarak sağ ventrikül diyastol ve sistol sonu volümleri cihaz tarafından $V=0,85X(A)^2/L$ formülü kullanılarak otomatik olarak hesaplandı (V =volüm, A =alan, L =uzun eksen çapı) (Şekil 1). Diyastol ve sistol sonu volümlerinden yararlanılarak ejeksiyon fraksiyonu hesaplandı. Tüm işlemler ortalama üç kez tekrar edilerek ortalamaları alındı.

Radyonüklid çalışma hastanemiz Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda hasta grubundaki 20 çocuk ve kontrol grubundaki 13 çocuk üzerinde gerçekleştirildi. Ejeksiyon fraksiyonu ölçümü için "multi-gated radyonüklid anjiyografi" (MUGA) yöntemi kullanıldı. 99 m Tc'un intravenöz verilmesinden 30 dk sonra, elektrokardiyografi ile senkronize çalışan bir bilgisayar aracılığıyla iki R dalgası 24 frame'e bölünerek kardiyak siklusun her fazında ventrikül volümünde olan değişiklikler kaydedildi. Bu işlem için işaretli eritrositler zamana karşı gama kamera ile toplanarak sayıldı. Ortalama 500 siklus boyunca işleme devam edildi. Bilgisayar hafızasına kaydedilen görüntüler üzerinde diyastol ve sistol sonu radyoaktivite sayımlarından yararlanılarak SVEF otomatik olarak hesaplandı. Radyoaktivite sayımının yapılacağı bölge manuel olarak belirlendi. Hasta grubunda yedi çocukta, kontrol grubunda altı çocukta teknik nedenlerle değerlendirme yapılamadı.

İstatistiksel analiz: Veriler ortalama±SD olarak verildi. Ortalamaların karşılaştırılmasında eşlenmemiş t-testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık için p değerinin 0,05'den küçük olması gereği kabul edildi.



Şekil 1. Ekokardiyografik yöntemle (Single plane area length) sağ ventrikül sistol ve diyastol sonu alanlarının belirlenmesi

BULGULAR

Hasta grubunu oluşturan 20 çocuğun yaş ortalaması $4,0\pm 5,1$ yıl (0,3-16 yıl), kontrol grubunda ise $4,1\pm 4,2$ yıl (0,4-16 yıl) bulundu. Vücut ağırlığı ortalaması hastalarda $12,7\pm 11,1$ kg (3,3-44 kg), kontrol grubunda ise $14,5\pm 10,4$ kg (4,5-44 kg) bulundu. Yaş ve vücut ağırlığı yönünden hasta ve kontrol grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark yoktu ($p>0,05$).

Pulmoner hipertansiyonlu 20 çocukta ortalama pulmoner arter basınç değerleri; sistolik basınç $77,6\pm 15,1$ mmHg (53-112 mmHg), diyastolik basınç $34,7\pm 16,03$ mmHg (14-72 mmHg), ortalama basınç $55,3\pm 14,89$ mmHg (34-94 mmHg) bulundu. Pulmoner vasküler direnç ortalaması hasta grubunda $5,23\pm 1,59$ U/m² (3,10-8,12 U/m²) bulundu. Hasta grubunun tümünü soldan sağa şanlı konjenital kalp defektli hastalar oluşturmuştu. Tablo 1'de hastaların konjenital kalp hastalığı, pulmoner arter basınçları ve pulmoner vasküler direnç değerleri gösterilmiştir.

Hasta ve kontrol gruplarında ekokardiyografi ve MUGA ile elde edilen SVEF değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. 20 Hastada ekokardiyografik yöntemle ölçülen ortalama SVEF değeri $0,51\pm 0,13$, kontrol grubunda ise $0,56\pm 0,08$ bulundu ($p>0,05$). MUGA ile hasta grubunda 13 çocukta, kontrol grubunda ise yedi çocukta SVEF ölçüldü. MUGA ile elde edilen ortalama SVEF değeri hasta grubunda $0,40\pm 0,16$, kontrol grubunda ise $0,44\pm 0,13$ bulundu ($p>0,05$). Hasta grubunda SVEF hem ekokardiyografik hem de radyonüklid yöntemle düşük bulunmasına karşın, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü.

Tablo 1. Pulmoner hipertansiyonlu hastaların demografik özellikleri; kalp hastalığı ve pulmoner arter basınç ve direnç değerleri

Hasta no	C	Yaş (yıl)	VA (kg)	Tanı	Pulmoner Arter Basıncı*			PVD (U/m ²)
					Sistolik	Diastolik	Ortalama	
1	K	0,3	3,3	VSD	72	23	44	3,21
2	K	0,5	4,8	VSD	86	27	56	4,66
3	E	0,7	6,5	VSD	78	24	47	3,86
4	K	1	5,1	VSD	53	14	34	3,30
5	E	12	22	ASD, PDA	92	41	65	6,74
6	E	14	44	VSD	85	65	75	8,12
7	E	11	21,5	ASD, TAPVD	79	32	54	6,21
8	E	0,8	5,8	VSD	68	27	46	4,36
9	E	4	14	AVSD	112	60	80	7,36
10	E	16	37	Opere VSD	81	37	55	5,23
11	E	0,6	6,2	VSD	82	29	55	5,62
12	K	0,4	6,1	PDA	65	30	48	4,31
13	E	6	16	VSD, PDA	76	47	59	6,41
14	E	2,3	10,5	VSD	67	26	41	3,40
15	K	1,2	7,2	VSD	84	36	60	6,30
16	K	1,1	5	ASD, VSD, PDA	78	32	57	5,81
17	K	0,8	6,5	VSD	65	42	59	6,09
18	E	0,7	7,2	VSD	64	17	41	3,18
19	E	0,9	7	VSD	57	14	36	3,10
20	K	7	18,5	PDA	109	72	94	7,40

C: cinsiyet; K: kız; E: erkek; VA: vücut ağırlığı; VSD: ventriküler septal defekt; ASD: atriyal septal defekt, PDA: patent duktus arteriozus; TAPVD: total anormal pulmoner venöz dönüş; AVSD: atriyoventriküler septal defekt; PVD: pulmoner vasküler direnç. *Pulmoner arter basınçları "mmHg" olarak gösterilmiştir.

($p>0,05$). Pulmoner arter basıncı değerleri ile ekokardiyografi ve MUGA ile elde edilen SVEF değerleri arasında korelasyon arandığında ekokardiyografi ile elde edilen SVEF ile sistolik pulmoner arter basıncı arasında istatistiksel olarak önemli negatif yönde korelasyon olduğu görüldü.

($r=-0,47$, $p<0,05$). Pulmoner vasküler direnç değerleri ile sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (ekokardiyografi ve MUGA) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamadı ($p>0,05$).

TARTIŞMA

Yakın zamana kadar yalnızca kalp kateterizasyonu ile ventrikül fonksiyonları objektif olarak ölçülebilirken artık noninvaziv yöntemlerden de günümüzde yararlanılmaktadır. Ekokardiyografik ve radyonüklid yöntemler noninvaziv olmalarının yanısıra sık aralıklarla uygulanabilme özelliğine de sahiptir. Bu yöntemler sıklıkla fizyolojik öneminin daha fazla olması nedeniyle sol ventrikül çalışmalarında kullanılmaktadır, sağ ventrikül fonksiyonlarının araştırılma-

sında ise rutin uygulanmaya konulmamıştır. Klinikte sağ ventrikülün hemodinamik önemi ortaya çıktıkça sol ventrikül sistolik fonksiyonlarını ölçmede kullanılan tüm yöntemler sağ ventriküle de uygulanmaya başlanmış, fakat komplike anatomik yapısı nedeniyle bu yöntemlerden sol ventrikülde olduğu kadar başarılı sonuçlar alınamamıştır (12,13). Değişik ekokardiyografik ve radyonüklid yöntemlerle yapılan sağ ventrikül sistolik fonksiyon ölçümleri daha çok erişkin hasta popülasyonunda uygulanmıştır, bu nedenle çocukluk yaş grubu için elimizde normal değerler henüz bulunmamaktadır. Çocuklarda anjiyografi, radyonüklid anjiyografi ve ekokardiyografi ile ölçülen SVEF değerleri geniş bir dağılım göstermektedir. Anjiyografik yöntemle sağlıklı çocuklarda SVEF %52 ile %61 arasında bulunurken, bir yaşın altındaki çocukların daha düşük değerlere sahip oldukları dikkati çekmektedir (%44-%52) (14,15). Radyonüklid anjiyografi ile sağlıklı çocuklarda SVEF iki ayrı çalışmada %48 ve %53 bulunmuştur (8,16). Araştırmacılar anjiyografi ile elde edilen SVEF değerlerinin diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında daha yüksek bulunduğunu vurgulamaktadır (16). Bunun nedeni

Tablo 2. Pulmoner hipertansiyonlu hasta ve kontrol gruplarında sağ ventrikül sistolik fonksiyon değerler

Olgu No	HASTA (n=20)		KONTROL (n=20)	
	EKO SVEF	MUGA SVEF	EKO SVEF	MUGA SVEF
1	0,40	0,26	0,55	0,26
2	0,61	0,29	0,53	0,53
3	0,48	0,65	0,60	-
4	0,73	0,14	0,66	-
5	0,48	0,39	0,55	-
6	0,27	0,39	0,44	0,37
7	0,57	0,31	0,65	-
8	0,42	-	0,61	-
9	0,39	0,25	0,68	-
10	0,43	-	0,52	-
11	0,67	0,50	0,43	-
12	0,62	-	0,59	-
13	0,74	0,52	0,45	-
14	0,57	-	0,62	0,51
15	0,44	0,46	0,63	0,35
16	0,49	-	0,71	0,66
17	0,69	-	0,59	0,40
18	0,48	0,73	0,53	-
19	0,44	0,42	0,56	-
20	0,32	-	0,45	-
Ort±SS	0,51±0,13	0,40±0,16	0,56±0,08	0,44±0,13

EKO: ekokardiyografi, MUGA: multi-gated radyonüklid anjiyografi, SVEF: sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu,(-): teitik yapılmadı.

kontrast maddenin ventrikül boşluklarını tama yakın doldurabilmesidir. Son yıllarda magnetik rezonans görüntülemenin kalp yapı ve fonksiyonlarının araştırılmasında kullanılmaya başlanmasıyla birlikte sağlıklı çocuklarda SVEF çalışılmış ve %70 olarak bulunmuştur (9).

Çalışmamızda ekokardiyografi ile elde ettiğimiz SVEF değeri, PHT'lu hasta grubunda %51, kontrol grubunda %56 bulundu. Hasta grubunda SVEF daha düşük gibi görülse de iki değer arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı ($p>0,05$), aynı zamanda her iki değer literatüre göre düşük fakat normal sınırlar içinde olduğu görüldü. Çalışmamızda ekokardiyografik ölçüm yöntemi olarak "tek düzlemde alan uzunluğu" yöntemi kullanıldı. Bu yöntemde tek düzlem üzerinde ölçüm yapıldığından, yöntem sağ ventrikül gibi komplike üç boyutlu yapıya sahip bir olusunun volüm ölçümü için ideal değildir. Ekokardi-

yografi ile SVEF ölçümünde değişik yöntemler denenmiş fakat komplike yapısı nedeniyle ideal bir sistem henüz standardize edilememiştir. Göğüs boşluğundaki konumu nedeniyle ekokardiyografi ile maksimum sağ ventrikül alan görüntüsü elde etmek güçtür. İdeal alan ölçümü yapılsa bile alan ölçümünden yararlanılarak volüm ölçümü yapmanın matematiksel açıdan doğru olmadığı bir gerçektir. Sağ ventrikülde diyastol sonu ölçümler daha kolay, sistol sonu ölçümler ise endokard düzensizliğinin sistolde artması nedeniyle daha güç olmaktadır. Bunun sonucunda sistol sonu volüm ölçümlerinde hata payı artmakta ve volümler yüksek ölçülmektedir. Bu hata ekokardiyografik SVEF verilerinin diğerleriyle karşılaştırıldığında daha düşük çıkmasına neden olmaktadır. Hata payını azaltmak amacıyla endokard sınırlarının otomatik olarak işaretlendiği ekokardiyografik sistemler geliştirilmiş fakat ölçümler istenilen düzeye çıkarılamamıştır (9). Son yıllarda, komplike üç boyutlu yapısı nedeniyle sağ ventrikül için en ideal ölçüm tekniğinin "üç boyutlu ekokardiyografi" olduğu görüşü yaygınlaşmaktadır (13,17).

Çalışmamızda hasta ve kontrol grubu arasında SVEF değerleri yönünden istatistiksel fark saptayamamıza karşın, SVEF ile sistolik pulmoner arter basıncı arasında negatif lineer korelasyon olduğunun gösterilmesi dikkat çekicidir. Bu negatif korelasyon sistolik pulmoner arter basıncı arttıkça SVEF'da azalma olduğunu göstermektedir. Bu bilgi doğrultusunda hasta ve kontrol grubunda ekokardiyografi ile elde edilen SVEF değerleri arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamış olsa bile, hasta grubunda pulmoner arter basıncı arttıkça sağ ventrikül performansının azaldığını söyleyebiliriz. Hasta yaş grubunun küçük olması nedeniyle sistolik fonksiyonlarda belirgin derecede bozulma zaten beklenmemektedir. Literatürde de pulmoner arter basıncı arttıkça SVEF'nun azaldığını gösteren çalışmalar bildirilmiş, hatta Kramer Eisenmenger sendromlu bir hastada akciğer transplantasyonu sonrası bozuk olan sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının düzeldiğini göstermiştir (1-5,18).

MUGA ile elde ettiğimiz SVEF değerlerine bakıldığında ise hasta grubunda %40, kontrol grubunda ise %44 bulunduğu, iki grup arasında istatistiksel fark olmadığı görüldü. Sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının azaldığını söyleyebilmek için kesin bir SVEF değeri belirlenmemişse de araştırmalar birbirine yakın sonuçlar vermektedir. Brent ve ark. %40'ın, Hur-

witz ve ark. %41'in, Reduto ve ark. ise %45'in altındaki değerlerin SVEF için düşük kabul edilmesi gerektiğini vurgulamıştır (1,16,19). MUGA sonuçlarımızın her iki grupta da normale göre düşük olduğu dikkati çekmektedir. Sağlıklı çocuklarda bile SVEF'nun düşük bulunması tekniğin henüz iyi yerleşmemiş olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni radyonüklid anjiyografide radyoaktif maddenin sağ ventrikül apeksine iyi yerleşmemesi ve özellikle çocuklarda kalp hızının yüksek olması sonucu SVEF'nun düşük çıkmasıdır (2,16). Aynı zamanda MUGA ile yapılan radyonüklid çalışmalarda anatomik yapıların üst üste gelmesi SVEF değerinin olduğundan düşük ölçülmesine yol açmaktadır (8). Oğuz ve arkadaşlarının çalışmasında da sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ölçümünde MUGA ile elde edilen değerlerin ekokardiyografik değerlere göre daha düşük olduğu ve MUGA'nın ekokardiyografiye bir üstünlüğü olmadığı bildirilmiştir (20).

Çalışmamızda sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun değerlendirilmesi amacıyla kullandığımız "tek düzlemde alan uzunluğu" yöntemi ile çocuk hastalarda pulmoner arter basıncı arttıkça sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarının azaldığını gösterdik. Aynı amaçla kullandığımız MUGA yöntemi ile beklenmeyen sonuçlar almamız nedeniyle özellikle çocuk hastalarda tekniğin standardizasyon gerektirdiği kanısına vardık.

KAYNAKLAR

1. Brent BN, Mahler D, Matthay RA, Berger HJ, Zaret BL: Noninvasive diagnosis of pulmonary arterial hypertension in COPD: right ventricular ejection fraction at rest. *Am J Cardiol* 1984; 53: 1349-53
2. Berger HJ, Matthay RA, Loke J, Marshall RC, Gottschalk A, Zaret BL: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiography: right ventricular ejection fraction with reference to findings in COPD. *Am J Cardiol* 1978; 41: 897-905
3. Aessopos A, Stamatelos G, Skoumas V, Vassilopoulos G, Mantzourani M, Loukoploulos D: Pulmonary hypertension and right heart failure in patients with B-thalassemia intermedia. *Chest* 1995; 107: 50-3
4. Biondi J, Hines R, Rafferty T, Rogol P, Scott W, Barash P: The effect of high frequency positive pressure ventilation on right and left ventricular function. *Anesth Analg* 1986; 65: 679-82
5. Nagaya N, Goto Y, Satoh T, et al: Impaired regional fatty acid uptake and systolic dysfunction in hypertrophied right ventricle. *J Nucl Med* 1998; 39: 1676-80

6. Hines R: Right ventricular function and failure: A review. *J Biol Med* 1991; 64: 295-307
7. Hurwitz RA, Caldwell RL, Girod DA, Mahony L, Brown J, King H: Ventricular function in transposition of the great arteries: evaluation by radionuclide angiography. *Am Heart J* 1985; 110: 600-5
8. Maddahi J, Berman DS, Matsuoka DT, et al: A new technique for assessing right ventricular ejection fraction using rapid multiple-gated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy. *Circulation* 1979; 60: 581-9
9. Helbing WA, Bosch HG, Maliepaard C, et al: On-line automated border detection for echocardiographic quantification of right ventricular size and function in children. *Pediatr Cardiol* 1997; 18: 261-9
10. Kaul S, Tei C, Hopkins JM, Shah PM: Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984; 107: 526-31
11. Yener A, Günaydın S, Olguntürk R, Tunaoglu S, Özdoğan ME: Technetium-99m hexamethyl propylenamine oxime lung clearance in the estimation of pulmonary hypertension in congenital heart disease: A preliminary comparative study with cardiac catheterization and pathology. *Pediatr Cardiol* 1999; 20: 271-7
12. Snider AR, Serwer GA: Methods for obtaining quantitative information from the echocardiographic examination. *Echocardiography In Pediatric Heart Disease*. St Louis, Mosby-Year Book Publ., 1990. p. 78
13. Jiang L, Wieggers SE, Weyman AE: Right ventricle. *Principles and Practice of Echocardiography*. 2nd ed. Pennsylvania, Lea and Febiger Publ., 1994. p. 901
14. Thilenius OG, Arcilla RA: Angiographic right and left ventricular volume determination in normal infants and children. *Pediatr Res* 1974; 8: 67-74
15. Fisher EA, Dubrow IW, Hastreiter AR: Right ventricular volume in congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1975; 36: 67-75
16. Hurwitz RA, Treves S, Kuruc A: Right ventricular and left ventricular ejection fraction in pediatric patients with normal hearts: first pass radionuclide angiography. *Am Heart J* 1984; 107: 726-32
17. Jiang L, Siu SC, Handschumacher MD, et al: Three-dimensional echocardiography, In vivo validation for right ventricular volume and function. *Circulation* 1994; 89: 2342-50
18. Kramer MR, Valentine HA, Marshall SE, Starnes VA, Theodore J: Recovery of the right ventricle after single lung transplantation in pulmonary hypertension. *Am J Cardiol* 1994; 73: 494-500
19. Reduto LA, Berger HJ, Johnstone DE, et al: Radionuclide assessment of right and left ventricular exercise reserve after total correction of tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1980; 45: 1013-8
20. Oğuz D, Olguntürk R, Gücüyener K, Açıkgöz GV, Tunaoglu FS: A Comparison between MUGA and echocardiography in patients with muscular dystrophy in the early detection of cardiac involvement. *Pediatr Cardiol* 1998; 19: 150-4