

# Ventriküler Septal Defektli Çocuklarda Soldan Sağa Şant Miktarının Hesaplanmasında Vena Kontrakta Yöntemi

## Calculation of Left to Right Shunt by the Vena Contracta Method in Children with Ventricular Septal Defect

Şebnem PAYTONCU<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Pediyatrik Kardiyoloji Kliniği,  
Merkezefendi Devlet Hastanesi,  
Moris Şinasi Çocuk ve  
Kadın Doğum Klinikleri, Manisa

Geliş Tarihi/Received: 21.05.2014  
Kabul Tarihi/Accepted: 11.02.2015

Bu çalışma, 4. Dünya Pediyatrik Kardiyoloji ve  
Kardiyak Cerrahi Kongresi  
(18-22 Eylül 2005, Arjantin)'nde poster olarak  
sunulmuştur.

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Şebnem PAYTONCU  
Merkezefendi Devlet Hastanesi,  
Moris Şinasi Çocuk ve  
Kadın Doğum Klinikleri,  
Pediyatrik Kardiyoloji Kliniği, Manisa,  
TÜRKİYE/TURKEY  
sebnempaytoncu888@hotmail.com

**ÖZET Amaç:** Ventriküler septal defekt (VSD)'li hastaların klinik değerlendirmesinde soldan sağa şant miktarını belirlemek önemlidir. Bu çalışmada, VSD'li çocuklarda vena kontrakta (VK) yöntemi ile soldan sağa şant miktarının hesaplanması ve bu şekilde elde edilen sonuçların, farklı spektral Doppler yöntemleri ile karşılaştırılması ve yöntemin uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Perimembranöz VSD'li 0,25-15,16 yaşları arasında, toplam 60 hasta çalışmaya alındı. Hastaların, renkli Doppler ekokardiyografi ile VK görüntülemeleri yapıldı. İki farklı spektral Doppler (Yöntem I, II) ve VK yöntemi ile şant miktarları (Qp-Qs), şant volümleri (ŞV), şant oranları (Qp/Qs) hesaplandı. Farklı kardiyak sikluslarda en az altı farklı VK çapı ölçülerek, en geniş ölçüm hesaplamalarda kullanılmak üzere alındı. **Bulgular:** VK bulguları (ŞV, Qp-Qs ve Qp/Qs) ile spektral Doppler bulguları arasında olumlu yönde, oldukça güçlü derecede, istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulundu. Fizyopatolojik sınıflandırmaya göre VK yöntemiyle saptanan bulguların, orta- geniş defektleri küçüklerden ayırt etmede faydalı olduğu görüldü ( $p<0,001$ ). VK bulgularının sensitivite ve spesifitesini tespit etmek için yapılan ROC analizinde yöntemin doğruluğunun yüksek olduğu bulundu (sırasıyla, 0,97, 0,90 ve 0,94). Orta- geniş VSD'leri tanımlamada VK bulguları (ŞV, Qp-Qs ve VK defekt alanı) için %90 sensitivite ve %90 spesifite ile "cut-off" değerleri sırasıyla, 28,61 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 3,76 L/dk/m<sup>2</sup> ve 0,26 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> olarak bulundu. **Sonuç:** VK yöntemi, küçük ve orta- geniş VSD'lerin noninvaziv olarak tanımlanmasında, diğer spektral Doppler yöntemlere yardımcı, güvenilir, kolay uygulanabilir semikantitatif bir yöntemdir.

**Anahtar Kelimeler:** Kalp septum kusurları, ventriküler; ekokardiyografi, Doppler, renkli; hidrodinamikler; hemodinamikler

**ABSTRACT Objective:** It is important to determine the amount of left to right shunt in the clinical evaluation of patients with ventricular septal defect (VSD). In this study, we aimed to estimate the left-to-right shunt in patients with VSD by measuring the vena contracta (VC) and to compare the findings of this method with other spectral Doppler methods and to assess the clinical feasibility of the VC method. **Material and Methods:** Sixty patients, aged 0.25-15.16 years were enrolled in the study. VC images of VSD flow were obtained with color Doppler echocardiography. Left-to-right shunt (Qp-Qs), shunt volume (SV) and pulmonary to systemic flow ratio (Qp/Qs) were calculated by two different spectral Doppler and by the VC methods. At least six measurements of VC diameter were obtained in different cardiac cycles and the largest measurement was used in calculation. **Results:** There were statistically significant and positive correlations between the findings of vena contracta (SV, Qp-Qs ve Qp/Qs) and spectral Doppler methods. According to clinical classification, the findings of VC method (SV, Qp-Qs, vena contracta defect area=DAVC) distinguished moderate-large defects from small defects ( $p<0,001$ ). ROC analysis was performed to detect the sensitivity and specificity of shunt volume, left-to-right shunt and defect area determined by vena contracta; the accuracy of the VC method for SV, Qp-Qs and DAVC, was found 0.97, 0.90 and 0.94, respectively. The cut-off values of VC findings (SV, Qp-Qs and DAVC) to define moderate-large defects at 90% sensitivity and 90% specificity were 28.61 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 3.76 L/min/m<sup>2</sup> and 0.26 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, respectively. **Conclusion:** These data suggest that the VC method is a non-invasive, reliable, easily applicable and practical method in comparison to other spectral Doppler methods in the identification and assessment of small and moderate-large ventricular septal defects.

**Key Words:** Heart septal defects, ventricular; echocardiography, Doppler, color; hydrodynamics; hemodynamics

doi: 10.5336/cardiosci.2014-40561

Copyright © 2015 by Türkiye Klinikleri

Türkiye Klinikleri J Cardiovasc Sci 2015;27(1):7-16

Ventriküler septal defekt (VSD)'li hastaların değerlendirilmesinde soldan sağa şant miktarının belirlenmesi önemlidir. Günümüzde Doppler ekokardiyografik inceleme ile restriktif orifislerde ve septal defektlerde oluşan basınç gradientlerinin, maksimal akım hızlarının, intrakardiyak basınçların tahmin edilmesi, etkin akım alanının belirlenmesi ve şant miktarının saptanması mümkündür. VSD'lerde sistemik kan akımı aort veya triküspid kapaktan, pulmoner kan akımı da pulmoner veya mitral kapaktan geçen akım ile hesaplanabilir. Böyle bir volümetrik akım hesabı için kapaklardan geçen ortalama hız ve kapagın kesit alanının (daire veya elips gibi geometrik varsayımlara göre) bilinmesi gereklidir.<sup>1-3</sup>

Kapak yetersizliğinin değerlendirilmesinde, regürjitan volüm, regürjitan fraksiyon ve hemodinamik varyasyonlardan daha az etkilenen regürjitan orifis alanı; efektif orifis alanı (ROA; EOA) önemlidir. ROA, hemodinamik olarak vena kontrakta (VK) alanına uymaktadır. VK, jet hızının en yüksek ve akım alanının en dar olduğu bölgedir. Orifis geometrisi, anlık basınç değişimleri gibi hemodinamik faktörlerden bağımsız olduğu gösterilen VK çap ölçümü, regürjitasyon şiddetinin belirlenmesinde ve akım miktarının hesaplanmasında önemlidir.<sup>1,2,4-8</sup>

Bu çalışmada, VSD'li çocuklarda iki-boyutlu renkli Doppler ekokardiyografide VK yöntemi ile soldan sağa şant miktarının hesaplanması ve bu yöntemle elde edilen sonuçların iki farklı spektral Doppler yöntemi ile karşılaştırılması ve VK yönteminin klinik olarak uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

### HASTA GRUBU

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Pediatrik Kardiyoloji Bilim Dalında yapılan tetkikleri sonrası izole perimembranöz VSD tanısı alan, soldan sağa şant miktarını etkileyecek ek kardiyak anomalisi ve Eisenmenger sendromu olmayan, yaşları 0,25-15,16 (ortalama 4,11±4,09, ortanca 2,29) yıl olan, 34 (%56,7)'ü erkek, 26 (%43,3)'sı kız toplam 60 hasta çalışmaya alındı. Hastaların tümü klinik, rad-

yolojik ve elektrokardiyografik olarak değerlendirildikten sonra iki boyutlu (2-D), M-mod, spektral Doppler ve renkli Doppler ekokardiyografik yöntemlerle incelendi ve VK görüntüleme çalışması yapıldı.

### EKOKARDİYOĞRAFİK İNCELEME

Ekokardiyografik inceleme, gerekli olan durumlarda midazolam (0,4 mg/kg, rektal) ile sedasyon sağlandıktan sonra, Acuson 128XP/10 ekokardiyografi cihazı ile 3,5, 4-7 MHz transducerlar kullanılarak yapıldı. İşlem esnasında kalp hızı eş zamanlı elektrokardiyografi (EKG) trasesinden kaydedildi. Segmental analiz yöntemiyle rutin ekokardiyografik değerlendirme yapıldıktan sonra 2-D, PW, CW Doppler ve renkli Doppler ekokardiyografi ile VSD'nin anatomik yeri ve çapı, sağ ventrikül basıncı, interventriküler basınç farkı, pulmoner (Qp) ve sistemik (Qs) kan akımları, Qp-Qs, Qp/Qs belirlendi ve parasternal uzun ekseninde VK görüntüsü elde edildi ve video kayıtları alındı.

VSD çapı 2-D ekokardiyografi ile en geniş çapın elde edildiği kesitte ölçüldü. Defektin septumdaki yerleşimi ve uzanımına göre en geniş çapın elde edileceği kesit değişeceği için farklı kesitlerde elde edilen en az üç ölçümden en genişisi esas alındı.<sup>9</sup>

2-D ve renkli Doppler ekokardiyografi ile ölçümler yapıldı. Defekt şeklinin dairesel olduğu varsayılarak defekt alanı (DA) hesaplandı.  $[(DA = (D_{VSD}^2 \cdot \pi) / 4, (D = \text{çap}, \pi = 3,1416)]$ . Mitral, triküspid, aort ve pulmoner kapak anülüs ölçümleri ve akım hızları üç kardiyak siklus ortalaması alınarak hesaplandı. VSD çapı ve alan ölçümleri vücut yüzey alanına (VYA, m<sup>2</sup>) oranlanarak standardize edildi. Qp, Qs ölçümleri önceden tanımlanmış yöntemlerle ölçüldü.<sup>1,2,10-13</sup>

### YÖNTEM I

Qs'yi ölçmek için aortik anülüs çapı (D<sub>AO</sub>), parasternal uzun eksen kesitinden aort kaslarının sistolde maksimum açıldıkları esnada ölçüldü. Aortik hız-zaman integrali (VTI<sub>AO</sub>) suprasternal ve apikal 4-boşluk kesitlerinde PW Doppler ile kaydedildi, aşağıdaki formülle hesaplandı ve VYA'ya göre standardize edildi:

$$Q_s \text{ (L/dk)}: [(D_{AO}^2 \times \pi) / 4] \times VTI_{AO} \times KH$$

Pulmoner kan akımını ölçmek için pulmoner kapak anülüs çapı ( $D_p$ ), parasternal kısa eksen kesitinden pulmoner arter kasplarının sistolde maksimum açıldıkları esnada ölçüldü. Aynı kesitte PW Doppler ile pulmoner arter hız-zaman integrali ( $VTI_p$ ) ölçüldü ve aşağıdaki formül kullanılarak  $Q_p$ , şant volümü ( $\$V$ ), şant miktarı ( $Q_p - Q_s$ ) ve pulmoner-sistemik akımlar oranı ( $Q_p / Q_s$ ) hesaplandı.<sup>11,12,14</sup>

$$Q_p \text{ (L/dk)}: [(D_p^2 \times \pi) / 4] \times VTI_p \times KH$$

$$Q_p / Q_s: [(D_p^2 \times \pi) / 4] \times VTI_p / [(D_{AO}^2 \times \pi) / 4] \times VTI_{AO}$$

$$\text{Şant miktarı (L/dk)}: Q_p - Q_s$$

$$\text{Şant volümü (\$V, cm}^3\text{)}: (Q_p - Q_s) / KH \times 1000$$

## YÖNTEM II

$Q_p$ 'yi ölçmek için mitral kapak anülüs çapı ( $D_M$ ), apikal dört boşluk kesitinde mitral yaprakçıkların diyastolde maksimum açıldıkları esnada ölçüldü. Aynı görüntü penceresinden örnek volüm kapak yaprakçıklarının uç kısmına yerleştirildi ve PW Doppler ile mitral kapak hız-zaman integrali ( $VTI_M$ ) ölçüldü ve aşağıdaki formüle göre  $Q_p$  hesaplandı:

$$Q_p \text{ (L/dk)}: [(D_M^2 \times \pi) / 4] \times VTI_M \times KH$$

$Q_s$ 'yi ölçmek için triküspid kapak anülüs çapı ( $D_T$ ), apikal dört boşluk kesitinde triküspid yaprakçıklarının diastolde maksimum açıldıkları esnada ölçüldü. Aynı şekilde örnek volüm kapak yaprakçıklarının uç kısmına yerleştirildi ve PW Doppler ile triküspid kapak hız-zaman integrali ( $VTI_T$ ) ölçüldü ve aşağıdaki formüle göre  $Q_s$ ,  $\$V$ ,  $Q_p - Q_s$  ve  $Q_p / Q_s$  hesaplandı.<sup>11,12,14</sup>

$$Q_s \text{ (L/dk)}: [(D_T^2 \times \pi) / 4] \times VTI_T \times KH$$

$$Q_p / Q_s: [(D_M^2 \times \pi) / 4] \times VTI_M / [(D_T^2 \times \pi) / 4] \times VTI_T$$

$$\text{Şant miktarı (L/dk)}: Q_p - Q_s$$

$$\text{Şant volümü (\$V, cm}^3\text{)}: (Q_p - Q_s) / KH \times 1000$$

## VENA KONTRAKTA GÖRÜNTÜLEME

Renkli Doppler ekokardiyografik inceleme sırasında, pulse repetition frekansı 4 KHz ve Nyquist limit (NL) ortalama  $71 \pm 9$  (44-96) cm/sn, duvar filt-

resi minimumda tutuldu. Renkli akım görüntüleri ve PISA parasternal uzun eksenelde elde edildi. Renkli Doppler gain'i arka plan görüntüde hiç artefakt olmayacak şekilde ayarlandı. VK görüntülemesi için önce renkli akım görüntüleme VSD boyunca akımı en iyi sağlayacak görüntüleri bulmak amacıyla, VSD'nin sol ventrikül septal tarafında parasternal uzun eksen penceresinden "Proximal Isovelocity Surface Area (PISA)" görüntüsü elde edildi. PISA görüntüsünün kaydedildiği anda, sağ ventrikül tarafında laminer akımın en dar olduğu alan olan VK, zoom ile EKG'de T dalgası ile eş zamanlı olacak şekilde ölçüldü.

Farklı kardiyak sikluslarda en az altı farklı VK çapı ölçülerek, en geniş ölçüm hesaplamalarda kullanılmak üzere alındı. Defektin sol ventrikül tarafındaki değişik noktadaki akım, defektten geçen akıma eşit ve VK'den geçen akım, VSD'den sağ ventriküle geçen akıma eşit olduğuna göre; VSD'den soldan sağa şant miktarı ( $Q_p - Q_s$ ) =  $(VK \text{ çapı} / 2)^2 \times \pi \times VTI_{VSD} \times KH$ 'dir.<sup>7,8,15</sup> VK ile saptanan defekt alanı ( $DA_{VK}$ ) ve  $\$V$ , VYA'ya göre standardize edildi.

$$Q \text{ (pik akım)} = CSA \times V_{max}$$

CSA: Akımın kesit alanı

$$\text{Akım volümü} = Q \times VTI / V_{max} = CSA \times V_{max} \times VTI / V_{max} = CSA \times VTI$$

$$Q_p - Q_s \text{ (şant miktarı, L/dk)} = CSA \times VTI \times KH =$$

$$[(D_{VK}^2 \times \pi) / 4] \times VTI_{VSD} \times KH$$

$$\text{Şant volümü (cm}^3\text{)} = (Q_p - Q_s) / KH \times 1000$$

$$Q_p \text{ (L/dk)} = [(D_{AO}^2 \times \pi) / 4] \times VTI_{AO} + [(D_{VK}^2 \times \pi) / 4] \times VTI_{VSD} / KH$$

$$Q_p / Q_s = [(D_{AO}^2 \times \pi) / 4] \times VTI_{AO} + [(D_{VK}^2 \times \pi) / 4] \times VTI_{VSD} / [(D_{AO}^2 \times \pi) / 4] \times VTI_{AO}$$

## VENTRİKÜLER SEPTAL DEFEKTLERİN SINIFLANDIRILMASI:

VSD'ler anatomik ve fizyopatolojik olarak sınıflandırıldı. Bu sınıflandırmada sağ ventrikül basıncı (RVP),  $Q_p / Q_s$ , klinik bulgular, telekardiyografi ve EKG bulguları kullanıldı ve RVP esas alınarak daha önce belirlenen skorlara göre küçük, orta ve geniş olarak sınıflandırıldı (Tablo 1, 2).<sup>9</sup> VSD çapını en iyi tayin eden faktör RVP olduğundan, skorlama RVP temel alınarak yapıldı.<sup>16</sup>

**TABLO 1: VSD'li hastaların sınıflandırılması.**

Klinik-morfolojik özellikler		
Fizyopatolojik sınıflama	n	%
Küçük	40	66,7
Orta	11	18,3
Geniş	9	15
Anatomik sınıflama		
Küçük	38	63,4
Orta	8	13,3
Geniş	14	23,3
VSD tipleri		
Perimembranöz	57	95
"Doubly-committed juxta arteriael", "outlet"	3	5
Sonuç		
Operasyon	19	31,7
Klinik izlem	41	68,3

VSD: Ventriküler septal defekt.

**TABLO 2: Küçük, orta ve geniş VSD kriterleri (skorlama): Fizyopatolojik sınıflama.**

	Küçük	Orta	Geniş
RVP	<35 mmHg	35-65 mmHg	> 65 mmHg
Qp/Qs	<2	>2	>2 *(<2)
Klinik bulgular	0	1-2	2-3 *(0-1)
Telekardiyografi	0-1	2	2-3 *(1-2)
EKG	0-1	2-3	2-3 *(4)

\*Soldan sağa şantın azaldığı dönemde beklenen bulgular.

VSD: Ventriküler septal defekt; RVP: Sağ ventriküler basıncı; EKG: Elektrokardiyografi.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Sayısal değerlerin ortalama±2 standart deviasyonu alındı. Parametrik değerlerin karşılaştırılması Student's t-testi ile yapıldı. Değişkenler arası ilişkiyi ortaya koymak için Pearson korelasyon ve lineer regresyon analizi kullanıldı. Korelasyon katsayısı,  $r < 0,25$  zayıf;  $0,25-0,49$  orta;  $0,50-0,74$  güçlü;  $\geq 0,75$  çok güçlü ilişki olarak değerlendirildi. Bland-Altman testi ile yöntemler arası uyum saptandı. Non-parametrik değişkenlerin karşılaştırılmasında Mann-Whitney-U, aradaki ilişkiyi saptamak için ise Sperman korelasyon ve lineer regresyon testi kullanıldı. VK bulgularının (Qp-Qs, VK defekt alanı ve şant volümü) büyük VSD'leri ayırt etmedeki sensitivite (duyarlılık) ve spesifitesini (özgüllük) değer-

lendirmek için "receiver-operating characteristic (ROC)" analizi yapıldı.  $p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Analizlerin yapılmasında "Scientific Package for Social Sciences (SPSS 11.0)" istatistik programı kullanıldı.<sup>17,18</sup>

## BULGULAR

Önceden tanımlanan anatomik ve fizyopatolojik sınıflandırmaya göre hastaların 40 (%66,7)'i küçük, 11 (%18,3)'i orta, 9 (%15)'u geniş VSD grubuna katıldı.<sup>9</sup> Anatomik çapa göre yapılan sınıflandırmada ise hastaların 38 (%63,4)'i küçük, 8 (%13,3)'i orta, 14 (%23,3)'ü geniş VSD'li idi. Hastaların 19 (%31,7)'u opere edilmiş, 41 (%68,3)'i ise klinik izlem altına alınmıştır (Tablo 1). Hastaların ekokardiyografik olarak iki ayrı spektral Doppler ve VK yöntemiyle hesaplanan ŞV, şant miktarı ve şant oranları Tablo 3'te görülmektedir. Tablo 4'de tüm hastaların ekokardiyografik olarak hesaplanan kalp hızı,  $V_{max}$  (şanttan geçen jetin maksimum hızı), LV-RV  $\Delta P$  (ventriküller arası basınç gradiyenti), VTI (hız-zaman integrali), sağ ventrikül basıncı, VSD ve VK çap ve alanları izlenmektedir.

Ekokardiyografi ile saptanan ortalama VK çapı  $0,41 \pm 0,15$  cm; VK alanı  $0,15 \pm 0,12$  cm<sup>2</sup>; VK alanının VYA'ya oranı ( $DA_{VK}/VYA$ )  $0,37 \pm 0,39$  cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>; VSD çapı  $0,51 \pm 0,21$  cm; VSD alanı  $0,23 \pm 0,21$  cm<sup>2</sup>; VSD alanının VYA'ya oranı  $0,57 \pm 0,69$  cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> olarak saptandı.

VK ve VSD alanları arasındaki ilişki incelendiğinde; her ikisi arasında pozitif yönde, güçlü, istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulundu (Şekil 1, korelasyon katsayısı= $r=0,91$ ,  $p < 0,001$ ).

**TABLO 3: Hastaların iki ayrı spektral Doppler ve vena kontrakta yöntemiyle ekokardiyografi bulguları.**

n=60	Ekokardiyografi bulguları I		
	ŞV (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Qp-Qs (L/dk/m <sup>2</sup> )	Qp/Qs
Yöntem I	3,26-124,26 (32,7±27,5)	0,3-15,15 (4,02±3,7)	1,06-5,1 (1,78±0,74)
Yöntem II	1,4-127,85 (35,36±30,14)	0,12-15,6 (4,35±4,0)	1,02-3,68 (1,71±0,71)
VK	3,92-108,16 (28,35±23,37)	0,31-12,43 (3,51±3,14)	1,06-4,26 (1,69±0,68)

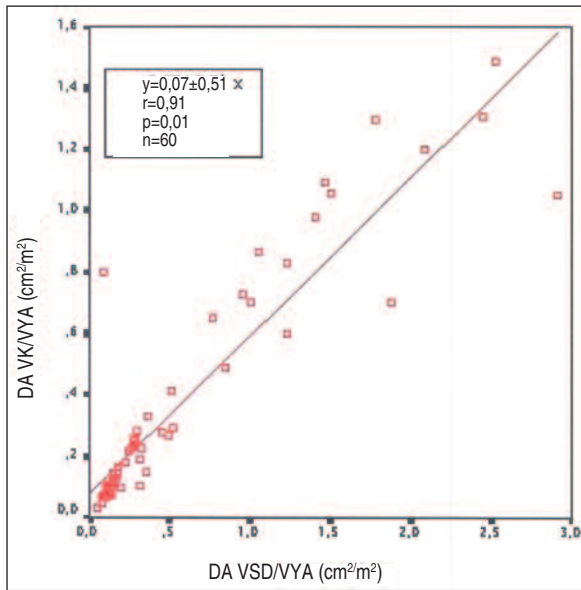
ŞV: Şant volümü; Qp-Qs: Şant miktarı; Qp/Qs: Şant oranı; VK: Vena kontrakta.

**TABLO 4:** Hastaların diğer ekokardiyografi bulguları.

n=60	Ekokardiyografi bulguları II	
	Minimum-maksimum	Ortalama±SD
Kalp hızı	69-156	114,2±24,9
V <sub>max</sub> (m/sn)	2,71-5,84	4,49±0,72
LV-RV DP(mmHg)	29,4-136,4	82,04±26,12
VTI (cm)	23,8-180	99,66±29,71
RVP (mmHg)	15-65	29,78±15,49
VSD çapı (cm)	0,25-1,2	0,51±0,21
VSD alanı (cm <sup>2</sup> )	0,05-1,13	0,23±0,21
VSD alanı/VYA (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	0,05-2,91	0,57±0,69
VK çapı (cm)	0,21-0,92	0,41±0,15
VK alanı (cm <sup>2</sup> )	0,03-0,66	0,15±0,12
VK alanı/VYA (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	0,03-1,49	0,37±0,39
NL (cm/sn)	44-96	71±9

V<sub>max</sub>: Şanttan geçen jetin maksimum hızı; LV-RV DP: Ventriküller arası basınç gradiyenti; VTI: Hız-zaman integrali; RVP: Sağ ventrikül basıncı; VK: Vena kontrakta; NL: Nyquist limit; SD: Standart deviasyon.

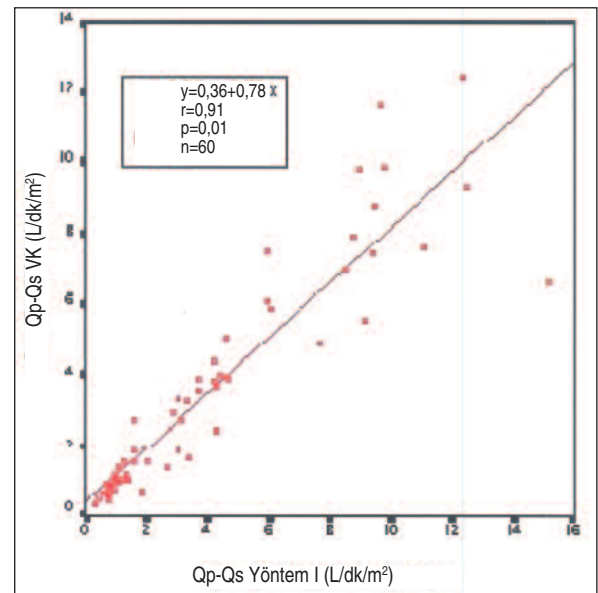
VK ve Yöntem I ile saptanan Qp-Qs arasında pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir korelasyon saptandı (Şekil 2;  $r=0,91$ ,  $p=0,01$ ). Ayrıca, VK ve Yöntem I ile saptanan Qp-Qs'ler arası uyum incelendiğinde, aralarında negatif yönde, orta derecede, istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu görüldü ( $r=-0,31$ ,  $d=0,51±1,48$ ,  $p=0,01$ ).

**ŞEKİL 1:** Vena kontrakta (VK) ve ventriküler septal defekt (VSD) alanları arasındaki ilişki.

VK ve Yöntem II ile saptanan Qp-Qs arasında pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir korelasyon izlendi (Şekil 3;  $r=0,88$ ,  $p=0,001$ ). VK ve Yöntem II ile hesaplanan Qp-Qs'ler arasındaki uyum incelendiğinde, her iki yöntem ile saptanan değerler arasında negatif yönde, orta derecede, istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görüldü ( $r=-0,39$ ,  $d= -0,84±1,9$ ,  $p=0,001$ ).

Qp-Qs'ler arasındaki ilişkiler incelendiğinde; en iyi korelasyon Yöntem I ve Yöntem II Qp-Qs'ler arasında idi ( $r=0,95$ ,  $p<0,001$ ). Qp-Qs'lerin ortalamaları arasındaki farklar VK ile Yöntem I ve II için (sırasıyla  $-0,51$  L/dk/m<sup>2</sup>,  $p=0,01$ ;  $-0,84$  L/dk/m<sup>2</sup>,  $p=0,001$ ) bulundu. Kısaca; VK ile ölçülen Qp-Qs, diğer spektral Doppler yöntemlerle ölçülenlerden düşüktü. Aralarındaki farklar (Hem VK ile ölçülen Qp-Qs ve Yöntem I ile ölçülen Qp-Qs arasındaki fark ( $p=0,01$ ) hem de VK ile ölçülen Qp-Qs ve Yöntem II ile ölçülen Qp-Qs arasındaki fark ( $p=0,001$ ) istatistiksel olarak anlamlı idi.

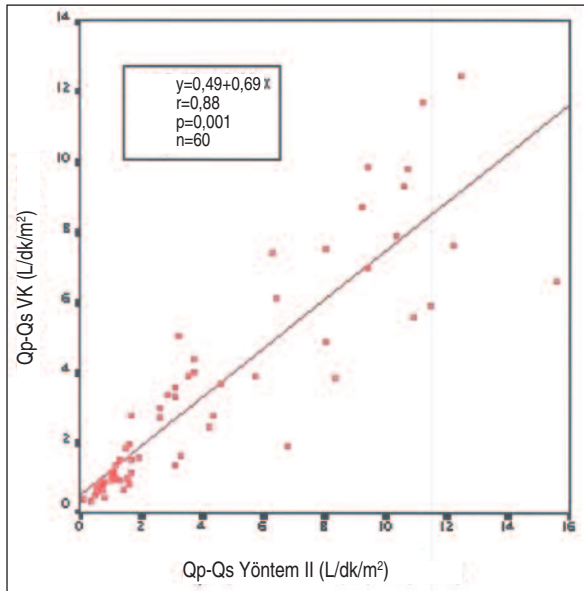
VK Qp/Qs ile en iyi korelasyonun, Yöntem I Qp/Qs arasında olduğu ( $r=0,94$ ,  $p<0,001$ ), bunun tüm Qp/Qs'ler arasında da ölçülen en yüksek korelasyon olduğu görüldü. Qp/Qs'lerin ortalamaları arasındaki farklar VK ile Yöntem I ve II için (sırasıyla;  $-0,09$ ,  $p=0,005$ ;  $-0,02$ ,  $p=0,617$ ) hesaplandı. Yani, VK

**ŞEKİL 2:** Yöntem I ve vena kontrakta (VK) şant miktarları arasındaki ilişki.

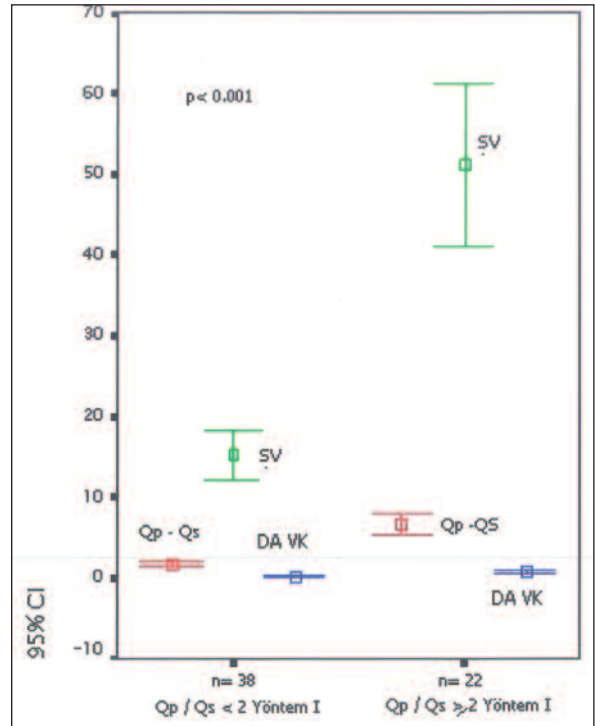


ile ölçülen Qp/Qs değeri, diğer iki spektral yöntemin değerinden düşüktü, aralarında oldukça az bir fark vardı ve istatistiksel açıdan, Yöntem II ile hesaplanan değer anlamlı olmayıp, VK ile ölçülen Qp/Qs ve Yöntem I ile hesaplanan Qp/Qs ortalamaları arasındaki değer anlamlı idi ( $p=0,005$ ).

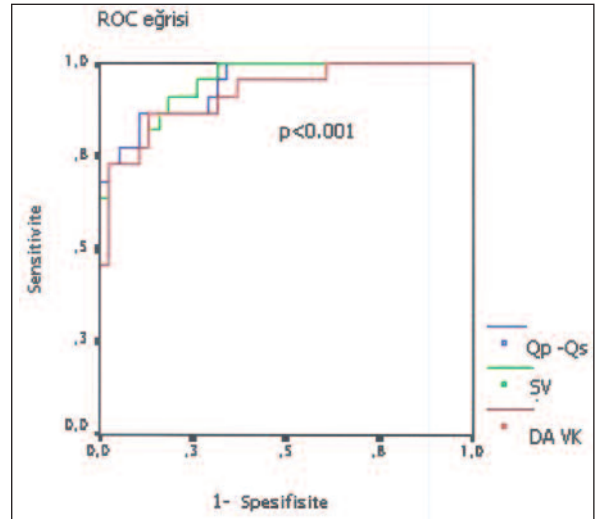
Qp/Qs Yöntem I ile çalışmaya alınan 60 hastanın 22 (%36,7)'sinde  $Qp/Qs \geq 2:1$ , 38 (%63,3)'inde  $Qp/Qs < 2:1$  saptandı. %95 güven aralığında VK yöntemiyle hesaplanan bulguların (ŞV, Qp-Qs ve VK defekt alanı:  $DA_{VK}$ ), geniş defektleri ( $Qp/Qs \geq 2:1$ ) küçüklerden ayırt etmede faydalı olduğu saptandı ( $p < 0,001$ ) (Şekil 4). Buna göre geniş defektleri tanımlamada VK bulgularının duyarlılık ve özgüllüğünü tespit etmek için yapılan ROC analizinde, ŞV, Qp-Qs ve  $DA_{VK}$  için VK yönteminin doğruluğunun yüksek olduğu (sırasıyla 0,94; 0,94 ve 0,91) bulundu (Şekil 5). Geniş defektleri tanımlamada VK bulgularının %86 duyarlılıkta "cut-off" değerleri sırasıyla, ŞV için  $26,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$  (%85 özgüllükte), şant miktarı için  $3,62 \text{ L/dk/m}^2$  (%90 özgüllükte) ve  $DA_{VK}$  için  $0,25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  (%87 özgüllükte) bulundu. [Yani, oldukça yüksek doğruluk oranları (%86 sensitivite ve %85 spesifisite ile) ile, VK ile hesaplanan ŞV  $26,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 'nin üzerinde olan defektler, %86 sensitivite ve %90 spesifisitede, VK ile hesaplanan şant miktarı (Qp-Qs)



ŞEKİL 3: Yöntem II ve vena kontrakta (VK) şant miktarları arasındaki ilişki.



ŞEKİL 4: Qp/Qs Yöntem I'e göre %95 güven aralığı (GA) da vena kontrakta (VK) yöntemi ile hesaplanan bulguların 3şant volümü (ŞV), DAVK (vena kontrakta defekt alanı), şant miktarı (Qp-Qs) geniş defektleri küçüklerden ayırt etmedeki rolü.



ŞEKİL 5: Qp/Qs Yöntem I'e göre geniş defektleri tanımlamada vena kontrakta (VK) bulgularının ROC (Receiver Operating characteristic) analizi.

$3,62 \text{ L/dk/m}^2$ 'nin üzerinde olan defektler ve %86 sensitivite ve %87 spesifisitede  $DA_{VK}$  (VK defekt alanı)  $0,25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 'nin üzerinde ölçülen defektlerin geniş olduğu anlaşıldı].

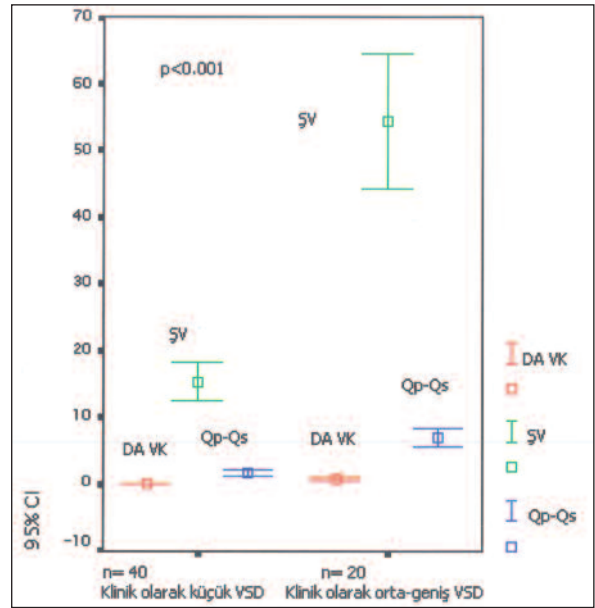
Fizyopatolojik sınıflandırmaya göre çalışmaya alınan 60 hastanın 20 (%33,3)'sinde, orta/geniş, 40 (%66,7)'inde küçük VSD vardı. %95 güven aralığında VK yöntemiyle saptanan bulguların (ŞV, Qp-Qs ve DA<sub>VK</sub>), orta-geniş defektleri küçüklerden ayırt etmede faydalı olduğu saptandı (p<0,001) (Şekil 6). Buna göre orta-geniş VSD'leri tanımlamada VK bulgularının (ŞV, Qp-Qs ve DA<sub>VK</sub>) duyarlılık ve özgüllüğünü tespit etmek için yapılan ROC analizinde yöntemin doğruluğunun yüksek olduğu bulundu (sırasıyla 0,97; 0,96 ve 0,94) (Şekil 7). Orta-geniş VSD'leri tanımlamada VK bulgularının %90 duyarlılık ve %90 özgüllük ile "cut-off" değerleri sırasıyla, ŞV için 28,61 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>; şant miktarı için 3,76 L/dk/m<sup>2</sup> ve DA<sub>VK</sub> için 0,26 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> bulundu [Bir başka deyişle, oldukça yüksek doğruluk oranları (%90 sensitivite ve %90 spesifisitede) ile VK ile saptanan ŞV 28,61 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>'nin üzerinde, yine %90 sensitivite ve %90 spesifisite ile şant miktarı (Qp-Qs) 3,76 L/dk/m<sup>2</sup>'den büyük, %90 sensitivite ve %90 spesifisite ile VK ile hesaplanan defekt alanı (DA<sub>VK</sub>) 0,26 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>'nin üzerinde olan defektlerin orta-geniş VSD oldukları anlaşıldı].

## TARTIŞMA

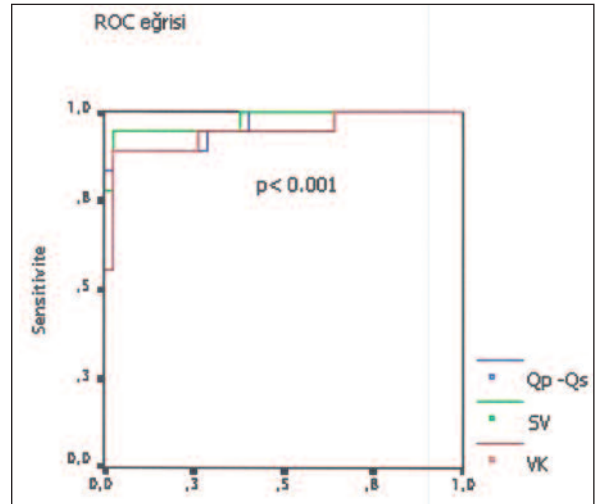
Bu çalışmada izole, perimembranöz VSD'lerde defekt alanı, soldan sağa şant volümü ve akım miktarını vena kontrakta (VK) yöntemiyle saptamayı ve bunları, iki farklı spektral Doppler yöntemi ile elde edilen değerlerle karşılaştırmayı ve yöntemin uygulanabilirliğini araştırmayı amaçladık. Soldan sağa şantı tek bir defektten olan, ventriküler septal anevrizması bulunmayan, yeterli VK görüntüsü elde edilebilen hastalar çalışmaya alındı.

VK'nın doğru ölçümü için gereç ve yöntemler bölümünde bahsedilen teknik ayrıntılara ek olarak, optimal aksiyal rezolüsyonlu görüntüler, küçük sektör açısı, uygun renk ve büyütme seçildi.<sup>2,15</sup>

Volümetrik akım hesabı için Doppler ekoardiografi kullanıldığında, teknik olarak olası birkaç hata kaynağı vardır. Bunlar; Doppler vurusunun jet akımına paralel tutulamaması, solunum ve diğer fizyolojik faktörlerle damar lümeninden geçen akım profilinin değişmesi, sedatize edilmemiş çocuklarda Doppler basınç gradiyentinin ortalama



ŞEKİL 6: Fizyopatolojik sınıflamaya göre %95 güven aralığı (GA)nda, vena kontrakta (VK) yöntemi ile hesaplanan bulguların [şant volümü (ŞV), vena kontrakta defekt alanı (DA<sub>VK</sub>) ve şant miktarı (Qp-Qs)] geniş defektleri küçüklerden ayırt etmedeki rolü.



ŞEKİL 7: Fizyopatolojik sınıflandırmaya göre geniş defektleri tanımlamada vena kontrakta (VK) bulgularının ROC analizi.

%40-45 fazla hesaplanması, viskoz etkilerin önemli olduğu durumlarda gerçek basınç gradiyentinin olduğundan daha az hesaplanması olarak sayılabilir.<sup>1,2</sup>

Küçük musküler VSD'lerde akıma paralellik sağlanamayabilir ve Doppler sinyali zayıf olabilir. Çok küçük VSD'lerde sistol ortasındaki septumun

kontraksiyonuna bağlı olarak akım azalabilir, zorlukla saptanabilir. Bazı musküler VSD'ler diskret bir restrüktif orifisten ziyade tübüler yapıda olduklarında (Venturi boğazı modeli) darlık distalinde basınç düzelmesi daha erken olacağından gradiyent olduğundan düşük ölçülür. Bu nedenlerle VSD'ye ait hız zaman integrali (VTI) ölçümü doğru yapılamayacağı için VK'da doğru bir şekilde saptanamayabilir. Bu çalışmada, bu nedenlerden dolayı sadece perimembranöz, izole, tek bir defekti olan, anevrizması olmayan ve VK görüntüleri net elde edilebilen hasta grubu ele alındı.

VK'nın rölatif olarak akım hızı, basıncı ve kardiyak siklus esnasındaki değişikliklerden etkilenmediği gösterilmiştir. Renkli Doppler ile VK çap ölçümlerinin direkt olarak regürjitan orifis büyüklüğünü gösterdiği bilinmektedir.<sup>7,8,19-21</sup> Çalışmamızda VK'nın da dairesel olduğu varsayıldı, en iyi elde edilen kesit olan parasternal uzun eksende ölçümler elde edildi.

Hall ve ark. da VK'nın dairesel geometride olduğunu varsayıp, biplan VK genişliğinin üç mm ve daha az olmasının, 60 mL ve daha az regürjitan jet volümü ve 0,4 cm<sup>2</sup> ve daha az ROA'yı gösterdiğini saptamışlardır.<sup>19</sup>

VK yöntemi ile şant miktarının hesaplanmasında sadece CW Doppler ile şant akımı VTI ve renkli Doppler ile elde edilen VK görüntüsü kullanıldığı için şant akımının kantitatif ölçümü diğer spektral Doppler yöntemlere göre daha hızlı ve kolayca yapılabilmektedir. VK alanının büyüklüğü, kapak orifis geometrisine bağımlı, akım hızından bağımsızdır.<sup>19,22</sup>

Mitral yetersizliği (MY)'nde, 2-D, Doppler ekokardiyografi ve 3-D renkli Doppler VK, 2-D ve 3-D transözofageal ekokardiyografi ile yapılan çalışmalarda, VK çapı ve alanının MY şiddetinin, regürjitan volüm ve ROA'nın, basit ve semikantitatif bir belirleyicisi olduğu bilinmektedir. VK ile elde edilen regürjitan volümün, kardiyak manyetik rezonans ile saptanan regürjitan volüm ile oldukça korele olduğu ve aralarında anlamlı farklılık saptanmadığı gösterilmiştir. VK alanının orta MY'yi ağır MY'den ayıran güvenilir "cut off" değeri 0,41cm<sup>2</sup> olarak bildirilmiştir.<sup>19-21,23-26</sup>

Ishii ve ark.nın aort yetersizliği (AY)nde regürjitasyon miktarının saptanmasına yönelik yaptıkları çalışmada; regürjitan akım oranlarını belirlemede renkli Doppler jet alanı ve uzunluğu ölçümlerinin kullanımının kısıtlı olduğu; VK ölçümünün, AY şiddetinin daha doğru bir belirleyicisi olduğu ve renkli Doppler VK genişlik ölçümünün spektral Doppler yöntemlerinden daha avantajlı olduğu gösterilmiştir.<sup>27</sup>

Kapak yetersizliği olan hastalarda lezyon şiddetinin saptanmasında, kullanılan diğer bir yöntem PISA'dır. Bu yöntem, soldan sağa şant miktarının hesaplanmasında kullanılan, güvenilir, semikantitatif bir yöntemdir. PISA'nın, kalp kateterizasyonu ve spektral Doppler yöntemleriyle iyi korelasyon gösterdiği, bu yöntem ile ölçülen şant miktarı, ŞV ve defekt alanının geniş defektleri küçük-orta defektlerden ayırt etmede yararlı olduğu önceki çalışmalarda gösterilmiştir.<sup>6,28-30</sup>

Ayrıca Ishii ve ark., VSD'li hastaları ekokardiyografi ve kalp kateterizasyonu ile değerlendirmiş, 2-D ve 3-D ekokardiyografi rekonstrüksiyon görüntülerinden PISA ve VK elde ederek şant miktarını hesaplamışlardır. Bu çalışmadaki hasta grubunun yaş ortalaması ve dağılımı (3,9±3,2, 3 ay-11 yıl) ile hasta grubumuzun değerleri (4,11±4,09, 0,25-15,16 yıl) benzerlik göstermektedir. Çalışmamızdaki hasta grubu 57 perimembranöz, üç "doubly-committed juksta-arterial", Ishii ve ark.nın çalışma grubu, 12 perimembranöz, yedi "doubly-committed juksta-arterial" VSD'li hastadan oluşmakta idi. Ishii ve ark. bu çalışmalarında ekokardiyografik verileri standardize etmemişlerdir, oysa çocukluk çağında vücut boyutlarının değişken olması nedeni ile veriler arasında standardizasyon yapılması gereklidir. Bizim çalışmamızda elde edilen tüm veriler VYA'ya göre standardize edildi. Ishii ve ark, 3-D görüntü rekonstrüksiyonu kullanarak şant akımından simetrik, asimetrik, sirküler, oval VK görüntüleri elde edebildiklerinden geometrik bir varsayım kullanma gereksinimini elimine etmişlerdir. Kardiyak kateterizasyon ile belirledikleri şant akımı ve 3-D renkli Doppler ile ölçtükleri VK alanları arasında oldukça güçlü bir korelasyon saptamışlardır (r=0,97, p<0,0001).<sup>31</sup>



Bizim çalışmamızın bir diğer tarafında, hasta sayısının yeterli olmadığını düşündüğümüz için bu makale kapsamına alınmayan ve bu yüzden bulgulara belirtilmeyen, kalp kateterizasyonu yapılan 19 hastanın 7 (%36,9)'sinde  $Q_p/Q_s < 2$ , 12 (%63,1)'sinde  $Q_p/Q_s \geq 2$  bulunmuştur. Buna göre VK yöntemi ile saptanan bulguların, geniş defektleri küçüklerden ayırt etmedeki ( $\$V$  için  $p=0,09$ ,  $Q_p-Q_s$  için  $p=0,043$ ,  $DA_{VK}$  için  $p=0,18$ ) önemini saptadık.  $\$V$  için VK yöntemi geniş ve küçük defektleri ayırt etmede istatistiksel olarak anlamsız iken,  $Q_p-Q_s$  ve  $DA_{VK}$  için istatistiksel olarak önemli idi. Ayrıca, VK yönteminin doğruluğunu değerlendirdiğimizde;  $\$V$ ,  $Q_p-Q_s$  ve  $DA_{VK}$  için yüksek doğruluğa sahip olduğunu (sırasıyla 0,73; 0,78 ve 0,83) bulduk. Kateterizasyonla tanımlanan geniş defektleri tanımlamada VK bulguları  $\$V$ ,  $Q_p-Q_s$  ve  $DA_{VK}$  için %91 sensitivite ve %72 spesifisite ile sırasıyla "cut-off değerleri"  $34,9 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ ;  $3,81 \text{ L/dk/m}^2$  ve  $0,41 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, fizyopatolojik sınıflandırmaya göre 60 hastanın 20 (%33,3)'sinde, orta/geniş, 40 (%66,7)'inde küçük VSD vardı. VK yöntemiyle saptanan bulguların ( $\$V$ ,  $Q_p-Q_s$  ve  $DA_{VK}$ ), orta-geniş defektleri küçüklerden ayırt etmede faydalı olduğu saptandı ( $p < 0,001$ ) (Şekil 4). Buna göre orta-geniş VSD'leri tanımlamada VK bulgularının ( $\$V$ ,  $Q_p-Q_s$  ve  $DA_{VK}$ ) duyarlılık ve özgüllüğünü tespit etmek için yapılan ROC analizinde yöntemin doğruluğunun yüksek olduğu ( $\$V$  için 0,97, şant miktarı için 0,96 ve  $DA_{VK}$  için 0,94) saptandı (Şekil 5). Orta-geniş VSD'leri tanımlamada VK bulgularının %90 sensitivite ve %90 spesifite ile "cut-off" değerleri sırasıyla,  $\$V$  için  $28,61 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ , şant miktarı için  $3,76 \text{ L/dk/m}^2$  ve  $DA_{VK}$  için  $0,26 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  idi [Bir diğer deyişle, %90 sensitivite ve %90 spesifisitede VK ile saptanan  $\$V$   $28,61 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 'nin üzerinde, yine %90 sensitivite ve %90 spesifisite ile şant miktarı ( $Q_p-Q_s$ )  $3,76 \text{ L/dk/m}^2$ 'den büyük, %90 sensitivite ve %90 spesifisite ile VK ile hesaplanan defekt alanı ( $DA_{VK}$ )  $0,26 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 'nin üzerinde olan defektlerin orta-geniş VSD oldukları anlaşıldı].

Çalışmamızda VK  $Q_p/Q_s$ 'nin en iyi korelasyonu Yöntem I ile saptanan  $Q_p/Q_s$  ile göstermesi nedeni ile;  $Q_p/Q_s$  Yöntem I ile çalışmaya alınan

hastalar  $Q_p/Q_s < 2$  ve  $Q_p/Q_s \geq 2$  olarak ayrıldı. Yirmi iki (%36,7) hastanın  $Q_p/Q_s$ 'i  $\geq 2$ , 38 (%63,3) hastanın  $Q_p/Q_s$ 'i  $< 2$  saptandı. VK yöntemi ile saptanan bulguların, geniş defektleri küçük defektlerden ayırt etmede faydalı olduğu bulundu ( $p < 0,001$ ) (Şekil 4). Buna göre geniş defektleri tanımlamada VK bulgularının duyarlılık ve özgüllüğünü tespit etmek için yapılan ROC analizinde,  $\$V$ ,  $Q_p-Q_s$  ve  $DA_{VK}$  için VK yönteminin doğruluğunun yüksek olduğu ( $\$V$  ve şant miktarı için 0,94,  $DA_{VK}$  için 0,91) bulundu (Şekil 5). Geniş defektleri tanımlamada VK yöntemi ile saptanan bulguların %86 sensitivite "cut-off" değerlerinin sırasıyla;  $\$V$  için  $26,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$  (%85 özgüllük), şant miktarı için  $3,62 \text{ L/dk/m}^2$  (%90 özgüllük) ve  $DA_{VK}$  için  $0,25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  (%87 özgüllük) olduğu saptandı [Yani %86 sensitivite ve %85 spesifisite ile VK ile hesaplanan  $\$V$   $26,6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 'nin üzerinde olan defektler; %86 sensitivite ve %90 spesifisitede, VK ile hesaplanan şant miktarı ( $Q_p-Q_s$ )  $3,62 \text{ L/dk/m}^2$ 'nin üzerinde olan defektler ve %86 sensitivite ve %87 spesifisite ile  $DA_{VK}$   $0,25 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 'nin üzerinde ölçülen defektlerin geniş olduğu anlaşıldı].

Sonuç olarak, VK yöntemiyle şant miktarı hesaplanması spektral Doppler yöntemlerine göre düşük tahmin edilse bile, VK ile spektral Doppler bulguları arasında oldukça güçlü korelasyonlar olduğu, yöntemler arasında, negatif yönde de olsa orta derecede güçlü, anlamlı bir uyum bulunduğu, yöntemin şant miktarını semi-kantitatif olarak tespit etmede yeterince güvenilir, VK bulgularının ( $\$V$ ,  $Q_p-Q_s$  ve  $DA_{VK}$ ) büyük defektlerin noninvaziv olarak tanımlanmasında yüksek doğruluğa sahip ve diğer spektral Doppler yöntemlerin basit ve güvenilir bir alternatifi olduğu görülmektedir.

### Teşekkür

*İstanbul Üniversitesi Kardiyoloji Enstitüsü Pediatrik Kardiyoloji Bölümünden Prof.Dr. Gül Sağın Saylam hocama çalışmama verdiği katkılardan ve desteklerden dolayı teşekkürlerimi sunarım.*

*Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Kardiyoloji Bilim Dalında görev yapan Prof.Dr. Mustafa Kösecik arkadaşşıma çalışmamın istatistikleri için vermiş olduğu katkı ve desteklerden dolayı teşekkürlerimi sunarım.*

## KAYNAKLAR

- Snider AR, Ritter SB. Doppler echocardiography. In: Allen HD, Clark EB, Gutgesell HP, Driscoll DJ, eds. Moss and Adams' Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents. 6<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p.234-63.
- Snider AR, Serwer GA, Ritter SB. Methods for obtaining quantitative information from the echocardiographic examination. Echocardiography in Pediatric Heart Disease. 2<sup>nd</sup> ed. St. Louis: Mosby; 1997. p.133-234.
- Gersony WM. Natural history and decision-making in patients with ventricular septal defect. Progress in Pediatric Cardiology 2001; 14(2):125-32.
- DeGroff CG. Doppler echocardiography. Pediatr Cardiol 2002;23(3):307-33.
- Tribouilloy CM, Enriquez-Sarano M, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ. Assessment of severity of aortic regurgitation using width of the vena contracta: A clinical color Doppler imaging study. Circulation 2000;102(5):558-64.
- Moises VA, Maciel BD, Hornberger LK, Murillo-Olivas A, Valdes-Cruz LM, Sahn DJ, et al. A new method for noninvasive estimation of ventricular septal defect shunt flow by Doppler color flow mapping: imaging of the laminar flow convergence region on the left septal surface. J Am Coll Cardiol 1991;18(3): 824-32.
- Heinle SK. Quantitation of valvular regurgitation. In: Otto CM, ed. Practice of Clinical Echocardiography. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 2002. p.367-88.
- Tribouilloy CM, Enriquez-Sarano M, Bailey KR, Tajik AJ, Seward JB. Quantification of tricuspid regurgitation by measuring the width of the vena contracta with Doppler color flow imaging: a clinical study. J Am Coll Cardiol 2000; 36 (2):472-8.
- Sağın Sağlam G, Sarioğlu A, Batmaz G, Sütçü CS, Ertuğrul A. [The classification of ventricular septal which are measured by echocardiography according to diameter of defect]. Türkiye Klinikleri J Cardiol 1995;8(4): 219-25.
- Thomas JD. Doppler echocardiographic assessment of valvar regurgitation. Heart 2002; 88(6):651-7.
- Vargas Barron J, Sahn DJ, Valdes-Cruz LM, Lima CO, Goldberg SJ, Grenadier E, et al. Clinical utility of two-dimensional Doppler echocardiographic techniques for estimating pulmonary to systemic blood flow ratios in children with left to right shunting atrial septal defect, ventricular septal defect, or patent ductus arteriosus. J Am Coll Cardiol 1984;3(1):169-78.
- Malcic I, Senecic I, Tezak S, Ivancević D, Kniewald H. Radioangioscintigraphy and Doppler echocardiography in the quantification of left-to-right shunt. Pediatr Cardiol 2000; 21(3):240-3.
- Loeber CP, Goldberg SJ, Allen HD. Doppler echocardiographic comparison of flows distal to the four cardiac valves. J Am Coll Cardiol 1984;4(2):268-72.
- Sabry AF, Reler MD, Silberbach M, Rice MJ, Sahn DJ. Comparison of four Doppler echocardiographic methods for calculating pulmonary-to-systemic shunt flow ratios in patients with ventricular septal defect. Am J Cardiol 1995;75(8):611-4.
- Heinle SK, Hall SA, Brickner ME, Willet DL, Grayburn PA. Comparison of vena contracta width by multiplane transesophageal echocardiography with quantitative Doppler assessment of mitral regurgitation. Am J Cardiol 1998;81(2):175-9.
- Onat T, Sağın G. [In the isolated ventricular septal defect, the relationship between echocardiographic left ventricle, left atrium, ascending aorta, defects diameters and pulmonary arterial pressure]. Türk Kardiyol Dern Arş 1992;20(3):280-9.
- Aksakoğlu G. [Correlation and regression]. Korelasyon ve regresyon. Sağlıkta Araştırma Yöntemleri ve Analiz Yöntemleri. 1. Baskı. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayın Komisyonu Yayını; 2001. p.305-46.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986;1(8476): 307-10.
- Hall SA, Brickner E, Willet DW, Irani WN, Afridi I, Grayburn PA. Assessment of mitral regurgitation severity by Doppler color flow mapping of the vena contracta. Circulation 1997;95(3): 636-42.
- Grayburn PA, Fehske W, Omran H, Brickner ME, Lüderitz B. Multiplane transesophageal echocardiographic assessment of mitral regurgitation by Doppler color flow mapping of the vena contracta. Am J Cardiol 1994;74(9): 912-7.
- Fehske W, Omran H, Manz M, Köhler J, Haggendorf A, Lüderitz B. Color-coded Doppler imaging of the vena contracta as a basis for quantification of pure mitral regurgitation. Am J Cardiol 1994;73(4):268-74.
- Yoganathan AP, Cape EG, Sung HV, Williams FP, Jimoh A. Review of hydrodynamic principles for the cardiologist: applications to the study of blood flow and jets by imaging techniques. J Am Coll Cardiol 1988;12(5):1344-53.
- Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, Kraft CD, Levine RA, et al. Recommendations for evaluation for the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2003;16(7):777-82.
- Maragiannis D, Little SH. 3D vena contracta area to quantify severity of mitral regurgitation: a practical new tool? Hellenic J Cardiol 2013; 54(6):448-54.
- Shanks M, Siebelink HM, Delgado V, van de Veire NR, Ng AC, Sieders A, et al. Quantitative assessment of mitral regurgitation: comparison between three-dimensional transesophageal echocardiography and magnetic resonance imaging. Circ Cardiovasc Imaging 2010;3(6):694-700.
- Zeng X, Levine RA, Hua L, Morris EL, Kang Y, Flaherty M, et al. Diagnostic value of vena contracta area in the quantification of mitral regurgitation severity by color Doppler 3D echocardiography. Circ Cardiovasc Imaging 2011;4(5):506-13.
- Ishii M, Jones M, Shiota T, Heinrich R, Yamada I, Sinclair B, et al. Evaluation of eccentric aortic regurgitation by color Doppler-imaged vena contracta measurements: An animal study of quantified aortic regurgitation. Am Heart J 1996;132(4):796-804.
- Yamachika S, Reid CL, Gardin JM, Savani D, Meckel C, Paynter J, et al. Usefulness of color Doppler proximal isovelocity surface area method in quantitating valvular regurgitation. J Am Soc Echocardiogr 1997;10(2):159-68.
- Eren M, Dagdeviren B, Bolca O, Polat M, Gürlertop Y, Norgaz T, et al. Proximal isovelocity surface area (PISA) as a noninvasive method for the estimation of the shunt quantification in perimembranous ventricular septal defect. Echocardiography 2001;18(2):137-47.
- Kosecik M, Saylam- Sagin G, Unal N, Kir M, Paytoncu S. Noninvasive assessment of left-to-right shunting in ventricular septal defects by the proximal isovelocity surface area method on Doppler colour flow mapping. Can J Cardiol 2007;23(13):1049-53.
- Ishii M, Hashino K, Eto G, Tsutsumi T, Himeno W, Sugahara Y, et al. Quantitative assessment of severity of ventricular septal defect by three-dimensional reconstruction of color Doppler-imaged vena contracta and flow convergence region. Circulation 2001;103(5):664-69.