

## Total düzeltme yapılan Fallot tetralojisi olgularında sağ ventrikül restriksiyonu

*Right ventricle restriction following total correction of tetralogy of Fallot*

Nurşin Kaynarca Külcü,<sup>1</sup> Gökçen Orhan, Erol Kurç, Bülent Ketenci, Murat Sargin, Uğur Filizcan, Serap Aykut Aka, E. Ergin Eren

<sup>1</sup>Muğla Devlet Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Muğla; Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, İstanbul

**Amaç:** Restriktif sağ ventrikül fizyolojisi, geç diyastol sırasında azalmış sağ ventrikül kompliyansı nedeniyle oluşan antegrad pulmoner akım olarak tanımlanır.

**Çalışma planı:** Hastanemizde total düzeltme yapılan 34 Fallot tetralojisi olgusu çalışmaya alındı. Tüm hastalarda ekokardiografik olarak sağ ventrikül fonksiyonları, pulmoner yetmezlik derecesi, antegrad diyastolik pulmoner akım ve ekokardiografide QRS süreleri saptandı. Antegrad diyastolik pulmoner akım saptanan 14 olguluk sağ ventrikül restriktif fizyolojisine sahip grup ile, sağ ventrikül restriktif fizyoloji bulunmayan grup; pulmoner regürjitasyon, QRS sürelerinin 0.14 ms'den uzun olup olmaması ve sağ ventrikül dilatasyonu açısından karşılaştırıldı. Ameliyat yaşı, takip süresi, transannuler yama kullanımı, ameliyat sonrası inotrop gereksinimi ve kros klemp süreleri arasındaki ilişki incelendi.

**Bulgular:** Antegrad diyastolik pulmoner akım saptanan ve saptanmayan hasta grupları arasında; takip süreleri, yaş, transannuler yama kullanımı, QRS süresi, ameliyat kros klemp süresi açısından fark saptanmadı. İki grup arasında pulmoner yetmezlik görülmesi ve sağ ventrikül dilatasyonu açısından anlamlı fark vardı. Pulmoner kapakta yetmezlik gelişen olgular, gelişmeyen olgularla karşılaştırıldığında ameliyatın uygulandığı yaş açısından fark yok iken; QRS süresi, sağ ventrikül dilatasyonu ve transannuler yama kullanımı açısından anlamlı fark saptandı.

**Sonuç:** Fallot tetralojisi total düzeltme ameliyatlarından sonra sağ ventrikül restriksiyonu, ameliyat sonrası erken dönemdeki olumsuz etkilerine karşın, geç dönemde oluşabilecek komplikasyonlardan koruyarak, morbiditeyi azaltabilmektedir. Bu nedenle sağ ventrikül restriktif fizyolojisi gelişen hastalarda kardiyak performans daha iyi korunmaktadır.

**Ahahtar sözcükler:** Fallot tetralojisi; sağ ventrikül fonksiyonları.

**Background:** Restricted right ventricle physiology is defined as antegrade pulmonary flow caused by compromised right ventricular compliance during late diastole.

**Methods:** Thirty-four tetralogy of Fallot patients with total correction were included in our study. In all patients, we investigated right ventricular functional status, pulmonary valve regurgitation, antegrade diastolic pulmonary flow measurements echocardiographically as well as QRS durations electrocardiographically. We compared the statistical differences of QRS duration, pulmonary regurgitation and right ventricular dilatation between the restricted and unrestricted right ventricle group. Operation age, follow-up periods, transannular patch utilizations, postoperative pharmacological positive inotropic agent need, and cross clamp periods were all analyzed.

**Results:** There was no difference between the groups with and without antegrade diastolic pulmonary flow, in terms of follow-up period, age, transannular patch utilization, QRS duration and cross clamp period. There was a significant difference in terms of pulmonary regurgitation and right ventricular dilatation between the two groups. When the cases with and without pulmonary valve regurgitation were compared, there was no difference in terms of operative age, whereas significant difference was found in terms of QRS duration, right ventricular dilatation and transannular patch utilization.

**Conclusion:** In spite of its early negative effects, right ventricular restriction following total correction of tetralogy of Fallot may decrease morbidity by protecting from late complications. For this reason, it has been reported that cardiac performance is better preserved in restricted right ventricle physiology cases.

**Key words:** Tetralogy of Fallot; ventricular function; right.

Geliş tarihi: 18 Ocak 2007 Kabul tarihi: 15 Şubat 2007

Yazışma adresi: Dr. Gökçen Orhan, Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, 34668 Haydarpaşa, İstanbul. Tel: 0216 - 565 72 97 e-posta: gokcenorhan@hotmail.com

Fallot tetralojisi (FT) olgularında ameliyat mortalitesi artan cerrahi deneyim ve gelişen medikal teknoloji sayesinde giderek düşmektedir. Ancak ameliyat sonrası morbidite ve tekrar ameliyatlar hala ciddi bir sorundur. En sık tekrar ameliyat nedenleri rezidüel ventriküler septal defekt, sağ ventrikül ile pulmoner arter arasındaki yüksek basınç gradienti (>40 mmHg) ve ileri pulmoner kapak yetmezliğidir.

Ameliyat sonrası sağ ventrikül restriksiyonu, geç diyastol sırasında oluşan antegrad pulmoner akım olarak tanımlanır. Doppler ekokardiyografi ile tespit edilir. Fallot tetralojisi tamiri sonrasında erken veya geç dönemde görülebilir.<sup>[1,2]</sup> Atriyum sistolü sırasında restriktif sağ ventrikül, sağ atriyum ile pulmoner arter arasında pasif ileti yolu olarak akımı yansıtır. Antegrad diyastolik pulmoner akım (ADPA), sağ ventrikül diyastolik kompliyansının azaldığını gösterir. Miyokardiyal fibrozis ve transannuler yamaya adaptasyon olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir.<sup>[3,4]</sup> Restriktif sağ ventrikül fizyolojisinin, FT olgularında total düzeltme sonrası geç dönem oluşabilen pulmoner yetmezliğin olumsuz etkilerine karşı koruyucu bir rol oynayabileceği savunulmuştur.<sup>[2]</sup> Bu çalışmada, total düzeltme uygulanan FT'li hastalarda ADPA'nın uzun dönemde sağ ventrikül dilatasyonu ve fonksiyonları üzerine olan etkisi belirlenmek istenmiştir.

## HASTALAR VE YÖNTEMLER

Hastanemizde total düzeltme uygulanıp, geri çağrılarak ekokardiyografik kontrolü yapılabilen 34 hasta çalışmaya alındı. Hastane etik kurulundan çalışma için izin alınarak tüm hastalar çalışma hakkında bilgilendirildi.

Hastalara yapılan ekokardiyografilerde ADPA olup olmadığı, pulmoner kapak yetmezliği ve sağ ventrikül dilatasyonu varlığı incelendi. Tüm hastaların geriye dönük olarak ameliyat yaşları, kros klemp süreleri ve transannuler yama kullanılıp kullanılmadığı belirlendi. Elektrokardiyografilerinde QRS süreleri ölçüldü.

Sağ ventrikül-pulmoner arter basınç gradienti 40 mmHg üzerinde olan, rezidüel VSD saptanan olgular (n=2) çalışma dışı bırakıldı.

Merkezimizde 2000 yılı öncesi üç yaş altında infant cerrahisi uygulanmadığı için, 3-7 yaş arasında ve yedi yaş üzerinde ameliyat edilen hastalar iki ayrı gruba ayrılarak karşılaştırıldı.

Antegrad diyastolik pulmoner akım saptanan 14 olgu sağ ventrikül restriktif fizyolojisine sahip grup, ADPA saptanmayan 20 olgu ise sağ ventrikül restriktif fizyolojisine sahip olmayan grup olarak belirlendi. Ameliyat yaşı, transannuler yama kullanımı ve kros klemp süresi, pulmoner yetmezlik varlığı, QRS süreleri, sağ ventrikül dilatasyonu ile sağ ventrikül restriktif fizyolojisi arasındaki ilişki incelendi. Ayrıca pulmoner kapak yetmezliği saptanan hastaların QRS süreleri, ameliyat yaşları, sağ ventrikül dilatasyonu varlığı, transannuler yama kullanımı, pulmoner kapak yetmezliği saptanmayan grupla karşılaştırıldı.

**İstatistiksel analiz.** İstatistiksel analizler SPSS 11.0 statistical program for Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) kullanılarak yapıldı. Gruplar arası yüzdelik değerlerin karşılaştırılmasında Fischer's exact test kullanıldı. Takip süreleri ortalama±standart sapma olarak ifade edilip, independent samples test kullanılarak karşılaştırıldı. Antegrad diyastolik pulmoner akım varlığının, pulmoner kapak yetmezliğinin ve transannuler yama kullanımının sağ ventrikül dilatasyonuna etkileri multipl lojistik regresyon analizi kullanılarak incelendi. P<0.05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Otuz dört FT olgusundan 14'ünde ADPA saptandı. Antegrad diyastolik pulmoner akım saptanan ve saptanmayan olguların bulguları Tablo 1'de gösterilmiştir.

İki grup arasında, ameliyat yaşı, transannuler yama kullanımı, kros klemp zamanı ve elektrokardiyografide QRS genişliği açısından anlamlı fark yok iken, pulmo-

**Tablo 1. ADPA (+) ve ADPA (-) hasta gruplarının özellikleri**

	ADPA (+)		ADPA (-)		p
	Sayı	Ort±SS	Sayı	Ort±SS	
Takip süresi (ay)		43.5±8.5		36.2±9.01	AD
Transannuler yama (+)	9		12		AD
Kros klemp zamanı >100 dk.	7		12		AD
Pulmoner regürjitasyon (+)	3		12		<0.01
Pulmoner regürjitasyon (-)	11		8		<0.05
QRS süresi >0.14 ms	1		7		AD
Sağ ventrikül dilatasyonu (+)	3		13		<0.01
3-7 yaş	12		15		AD
7 yaş üstü	2		5		AD

ADPA: Antegrad diyastolik pulmoner akım; AD: Anlamlı değil.

**Tablo 2. Pulmoner kapak yetmezliği olan ve olmayan hastaların özellikleri**

	Pulmoner yetmezlik (+)	Pulmoner yetmezlik (-)	p
Ameliyat yaşı 3-7	13	14	>0.05
Ameliyat yaşı 7 üstü	2	5	>0.05
QRS süresi >0.14	7	1	<0.05
Sağ ventrikül dilatasyonu (+)	13	3	<0.05
Transannuler yama (+)	13	8	<0.05
Transannuler yama (-)	2	11	<0.05

ner yetmezlik ve sağ ventrikül dilatasyonu açısından anlamlı fark bulundu.

Antegrad diyastolik pulmoner akım saptanan olguların %21.4'ünde pulmoner yetmezlik saptanırken, ADPA bulunmayan hastaların %60'ında pulmoner yetmezlik tespit edildi. Antegrad diyastolik pulmoner akımlı hastaların %27.3'ünde sağ ventrikül dilatasyonu varken ADPA saptanmayan olguların %65'inde sağ ventrikül dilatasyonuna rastlandı (Şekil 1).

Pulmoner yetmezliği olan ve olmayan olguların karşılaştırılmasında ameliyat yaşı açısından anlamlı fark yokken, QRS süresi uzunluğu ve sağ ventrikül dilatasyonu açısından anlamlı fark saptandı (Tablo 2).

Transannuler yama kullanılan hastaların %61.9'unda pulmoner yetmezlik tespit edilirken, transannuler yama kullanılmayan hastalarda bu oran %15.4'tü ( $p<0.01$ ). Transannuler yama kullanımı ile ADPA oluşması arasında anlamlı ilişki saptanmadı. Ancak transannuler yama kullanılan ve pulmoner yetmezliği olan olgularda ADPA varlığının, sağ ventrikül dilatasyonunu anlamlı olarak azalttığı görüldü.

Multipl lojistik regresyon analizi ile ADPA varlığı, transannuler yama kullanımı ve pulmoner yetmezliğin sağ ventrikül dilatasyonuna etkisi incelendiğinde, pulmoner yetmezliğinin sağ ventrikül dilatasyonunu 5.11 kat artırdığı bulundu ( $p<0.05$ ). Transannuler yama kullanımının sağ ventrikül dilatasyonunu 2.4 kat artırdığı, ADPA varlığının ise sağ ventrikül dilatasyonunu 2.26 kat azalttığı ancak bu etkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptandı. Antegrad diyastolik pulmoner akım varlığının pulmoner yetmezlik ve sağ ventrikül dilatasyonunu anlamlı oranda azalttığı görüldü ( $p<0.05$ ).

## TARTIŞMA

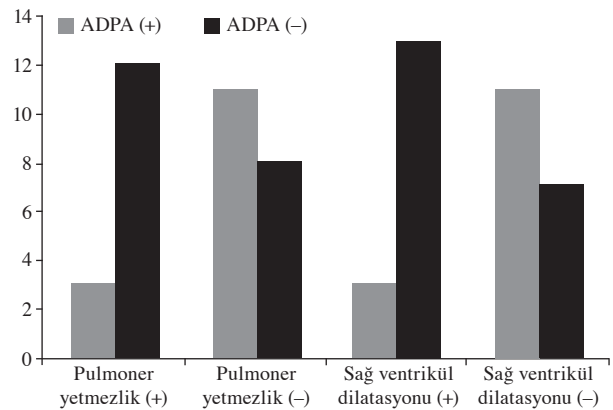
Restriktif sağ ventrikül fizyolojisinin erken dönemde düşük kardiyak debi, plevra efüzyonu ve uzamış inotrop desteği ile beraberken, geç dönemde sağ ventrikül dilatasyonunda azalma, iyi egzersiz kapasitesi ve daha az ventrikül aritmisi sıklığı ile birlikte olduğu kanıtlanmıştır.<sup>[2,4-7]</sup>

Endomiyokardiyal fibrozis, sağ ventrikül hipertrofisi (ameliyat yaşına bağlı olarak), kardiyopulmoner bypass,

sağ ventrikülotomi, ventriküler septal defektin fonksiyonel olmayan yama ile kapatılması, kullanılan dış yamanın fonksiyonel olmaması sağ ventrikülün diyastolik fonksiyonunu bozmaktadır.<sup>[7]</sup>

Fallot tetralojisi total düzeltme ameliyatları sonrası mortalite oranlarının giderek düşmesine rağmen, sağ ventrikül fonksiyonlarındaki geç dönemde oluşan bozulma, halen kaygı verici bir sorundur.<sup>[7]</sup> Özellikle sağ ventrikül diyastolik fonksiyon bozuklukları ameliyat sonrası erken veya geç dönemde karşımıza çıkmaktadır. Azalmış sağ ventrikül kompliyansına bağlı, atriyum sistolü sırasında ADPA varlığıyla tanımlanan sağ ventrikül restriksiyonu, bu fonksiyon bozukluklarından biridir.<sup>[2,4,7,8]</sup> Restriktif özellikteki sağ ventrikül, atriyum kontraksiyonu sırasında pasif kondüit özelliği gösterir. Değişik ameliyat uygulanmış FT çalışmalarında, antegrad pulmoner akım oranları %31 ile %50 arasında bulunmuştur.<sup>[3,4,7]</sup> Bizim 34 olguluk çalışmamızda bu oran %41.2'dir. Pulmoner kapakta yetmezliği olan olgularda, ADPA olan ve olmayanlar karşılaştırıldığında, pulmoner regürjitasyonun peak velositesinde anlamlı farklar bulunmuştur.<sup>[5]</sup>

Cullen ve ark.<sup>[7]</sup> 35 olguluk çalışmalarında 17 olguda restriktif sağ ventrikül fizyolojisi saptamış; bu durumun yaş, ameliyat öncesi oksijen saturasyonu, ameliyat öncesi sağ ventrikül end diastolik basınç, ameliyat süresi ve transannuler yama kullanımıyla ilişkili olmadığını



**Şekil 1.** Antegrad diyastolik pulmoner akımlı pulmoner kapak yetmezliği ve sağ ventrikül dilatasyonu arasındaki ilişki. ADPA: Antegrad diyastolik pulmoner akım.

belirtmişlerdir. Norgard ve ark.<sup>[2]</sup> ise 60 olguluk başka bir çalışmada 34 hastada restriktif sağ ventrikül fizyolojisi saptamış ve transannuler yama kullanılanlarda erken dönemde daha sık restriksiyon görüldüğünü bildirmişlerdir.<sup>[1]</sup> Bizim çalışmamızda transannuler yama kullanımı ile sağ ventrikül restriktif fizyolojisi gelişimi arasında anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Kros klemp süreleri, ameliyat yaşı ile de sağ ventrikül restriksiyonu arasında da anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Restriktif sağ ventrikül fizyolojisi ameliyat sonrası erken dönemde düşük kardiyak debi, plevra effüzyonu, uzamış inotrop desteği, uzamış entübasyon süresi ile birlikte görülürken; geç dönemde pulmoner regürjitasyon azaltarak kardiyak performans üzerinde koruyucu bir etkiye sahiptir. Restriktif sağ ventrikül fizyolojisine sahip olan ameliyatlı FT'li hastalarda, sağ ventrikül dilatasyonu ve ventriküler aritmi insidansının daha az görüldüğü ve bu hastaların egzersiz kapasitelerinin daha iyi korunduğu belirtilmiştir.<sup>[2,4,7]</sup> Ciddi pulmoner yetmezliği olan olgularda sağ ventrikül kompliyansında da azalma varsa, sağ ventrikül diyastolik basıncı ile pulmoner arter basınçları ani olarak eşitlenerek ADPA oluşacaktır. Pulmoner kapak yetmezliği olan olgularda ADPA olan ve olmayanlar karşılaştırıldığında regürjitasyon peak velositesinde anlamlı farklar bulunmuştur.<sup>[5]</sup> Antegrad diyastolik pulmoner akımlı olgularda pulmoner regürjitasyonun görülme oranında, regürjitasyonun şiddet ve süresinde anlamlı düşüşler olduğu bildirilmektedir.<sup>[4,5]</sup> Nonrestriktif sağ ventriküllü hastalarda sağ ventrikül dilatasyonu görülme oranı daha fazladır ve bunlarda pulmoner regürjitasyonun şiddetinde artış dikkati çekmektedir.<sup>[2,4]</sup> Bizim çalışmamızda da restriktif sağ ventrikül fizyolojisine sahip olgularda, pulmoner regürjitasyon ve bunun sonucunda sağ ventrikül dilatasyonu görülme sıklığında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu saptanmıştır.

Sağ ventrikül büyüklüğü ve QRS süresi arasında lineer bir ilişki saptanmıştır. Restriktif sağ ventriküllü olmayan hastaların QRS sürelerinin daha uzun olduğuna, ventriküler dirençli aritmi ve ani ölüm riskinde artış olduğuna dikkat çekilmiştir.<sup>[9]</sup> Özellikle QRS süresi 180 msn üzerinde olan olgularda ventriküler taşikardi ve ani ölüm riski artmaktadır.<sup>[10,11]</sup> Ancak bizim çalışmamızda QRS süreleri ile ADPA varlığı arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır.

Norgard ve ark.,<sup>[2]</sup> Gatzoulis ve ark.<sup>[6]</sup> ile Cullen ve ark.<sup>[7]</sup> çalışmalarında restriktif sağ ventrikül fizyolojisinin erken dönemdeki kötü etkilerine rağmen, geç dönemde pulmoner regürjitasyon, ventrikül dilatasyonu ve ventriküler aritmilerin olumsuz etkilerinden korunduğunu savunmaktadırlar. Sağ ventrikül dilatasyonu olan olgularda restriktif sağ ventrikül fizyolojisine daha az rastlandığı bildirilmiştir.<sup>[1,3,5]</sup> Çalışmamızda da ADPA

olan olgularda daha az oranda pulmoner yetmezlik ve sağ ventrikül dilatasyonu tespit edilmiştir. Pulmoner yetmezlik olmayan olgularda da anlamlı olarak QRS süreleri daha kısa bulunmuştur. Antegrad diyastolik pulmoner akımlı olgularda QRS sürelerinde anlamlı bir azalma olmamasına karşın pulmoner yetmezlik daha az oranda görülmektedir. Bu nedenle ADPA'lı olgularda ventriküler aritmi riskine daha düşük oranda rastlanabileceği düşünülebilir.

Üç-yedi yaş arasında ameliyat edilen olgular ile yedi yaş üzerinde ameliyat edilen grup karşılaştırıldığında, iki grup arasında sağ ventrikül dilatasyonu gelişimi açısından anlamlı fark bulunamamıştır. Literatürde de belirtildiği gibi ameliyat yaşı ile sağ ventrikül dilatasyonu görülme sıklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğu, üç yaşına kadar ameliyat edilen olgularda sağ ventrikül çaplarının daha iyi korunduğu ileri sürülmektedir.<sup>[7-13]</sup> Yaşla miyofibrillerde fibrozis ve hipertrofik yanıt arttığı halde, tamir yaşının sağ ventrikül restriktif fizyolojisi ile ilgili olmadığı gösterilmiştir.<sup>[2,10]</sup>

Sonuç olarak, sağ ventrikül restriksiyonu, FT olgularında total düzeltme sonrası erken dönemde kardiyak yetmezliğe neden olup, inotrop ihtiyacını artıran, entübasyon süresi ve yoğun bakım kalış sürelerini artıran sorunlardan biridir. Ameliyat sonrası erken dönemde olumsuz etkilerine karşın, uzun dönemde sağ ventrikül restriksiyonu, sağ ventrikül dilatasyonu gelişimi insidansını azaltmaktadır. Sağ ventrikül restriktif fizyolojili olan ameliyatlı FT'li hastalarda, kardiyak performans uzun vadede daha iyi korunmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Norgård G, Gatzoulis MA, Josen M, Cullen S, Redington AN. Does restrictive right ventricular physiology in the early postoperative period predict subsequent right ventricular restriction after repair of tetralogy of Fallot? *Heart* 1998; 79:481-4.
2. Norgård G, Gatzoulis MA, Moraes F, Lincoln C, Shore DF, Shinebourne EA, et al. Relationship between type of outflow tract repair and postoperative right ventricular diastolic physiology in tetralogy of Fallot. Implications for long-term outcome. *Circulation* 1996;94:3276-80.
3. Gatzoulis MA, Clark AL, Cullen S, Newman CG, Redington AN. Right ventricular diastolic function 15 to 35 years after repair of tetralogy of Fallot. Restrictive physiology predicts superior exercise performance. *Circulation* 1995;91:1775-81.
4. Munkhammar P, Cullen S, Jögi P, de Leval M, Elliott M, Norgård G. Early age at repair prevents restrictive right ventricular (RV) physiology after surgery for tetralogy of Fallot (TOF): diastolic RV function after TOF repair in infancy. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:1083-7.
5. Kisanuki A, Tei C, Minagoe S, Otsuji Y, Natsugoe K, Kawazoe Y, et al. Diastolic pulmonary forward flow associated with pulmonary regurgitation demonstrated by Doppler echocardiography. *J Cardiol* 1987;17:361-72. [Abstract]

6. Gatzoulis MA, Till JA, Somerville J, Redington AN. Mechanoelectrical interaction in tetralogy of Fallot. QRS prolongation relates to right ventricular size and predicts malignant ventricular arrhythmias and sudden death. *Circulation* 1995;92:231-7.
7. Cullen S, Shore D, Redington A. Characterization of right ventricular diastolic performance after complete repair of tetralogy of Fallot. Restrictive physiology predicts slow post-operative recovery. *Circulation* 1995;91:1782-9.
8. Özkan S, Akay T, Gültekin B, Aslan A, Varan B, Tokel K ve ark. Fallot tetralojisinde sağ ventrikül çıkım yolu tamir yöntemlerinin sağ ventrikül fonksiyonları üzerine etkisi. *Türk Göğüs Kalp Damar Cer Derg* 2005;13:340-5.
9. Meijboom F, Szatmari A, Deckers JW, Utens EM, Roelandt JR, Bos E, et al. Cardiac status and health-related quality of life in the long term after surgical repair of tetralogy of Fallot in infancy and childhood. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110(4 Pt 1):883-91.
10. Daliento L, Caneve F, Turrini P, Buja G, Nava A, Milanesi O, et al. Clinical significance of high-frequency, low-amplitude electrocardiographic signals and QT dispersion in patients operated on for tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1995; 76:408-11.
11. Gatzoulis MA, Till JA, Redington AN. Depolarization-repolarization inhomogeneity after repair of tetralogy of Fallot. The substrate for malignant ventricular tachycardia? *Circulation* 1997;95:401-4.
12. Chowdhury UK, Sathia S, Ray R, Singh R, Pradeep KK, Venugopal P. Histopathology of the right ventricular outflow tract and its relationship to clinical outcomes and arrhythmias in patients with tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;132:270-7.
13. Jonsson H, Ivert T, Brodin LA. Echocardiographic findings in 83 patients 13-26 years after intracardiac repair of tetralogy of Fallot. *Eur Heart J* 1995;16:1255-63.