

# Kademeli Fontan Operasyonları Sonrasında Görülen Atriyal Ritim Bozuklukları: İki Cerrahi Tekniğin Karşılaştırılması

## ATRIAL ARRHYTHMIAS AFTER STAGED FONTAN PROCEDURE; COMPARISON OF TWO SURGICAL PROTOCOLS

Dr. Feza Nurözler, Dr. Scott M. Bradley

Medical University of South Carolina, Charleston, ABD

### Özet

**Amaç:** Atriyal ritim bozuklukları Fontan operasyonu sonrasında erken ve geç dönemde sık görülen bir sorundur. Bidireksiyonel Glenn şanti (BDG) ve hemi-Fontan operasyonları, Fontan operasyonu öncesi yapılan ara kademe prosedürlerdir. Kademeli yaklaşımda her cerrahi girişim sinüs düğümü bölgesinde zedelenmeye yol açabileceği için, aritmi gelişme riski artabilir. Bu çalışma BDG şanti ile hemi-Fontan operasyonu arasında aritmi gelişmesi açısından bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla planlandı.

**Materyal ve Metod:** Ağustos 1989 ile Ekim 1997 tarihleri arasında 60 hastaya hemi-Fontan operasyonu ve 21 hastaya BDG şanti uygulanmıştır. Hemi-Fontan grubundan 34 hastada (%56), BDG grubundan 14 hastada (%66) Fontan operasyonu tamamlandı. Hastaların ritimleri ilk kademe operasyonu öncesinde ve taburcu olmadan önce, Fontan operasyonundan hemen önce ve taburcu olmadan önce ve son kontrollerinde değerlendirildi. Prognostik parametreler sinüs düğümü disfonksiyonu (SDD), supraventriküler taşikardiler (SVT), kalıcı pil gereksinimi olarak belirlendi.

**Bulgular:** İlk kademe operasyonu sonrasında hemi-Fontan grubunda yedi hastada (%12) SDD saptanırken, BDG grubunda bir hastada (%5) gözlemlendi. Fontan operasyonu öncesi hemi-Fontan grubunda beş hasta (%9) sinüs ritminde değilken, BDG grubundaki tüm hastalar sinüs ritmindeydi. Fontan operasyonu sonrasında hemi-Fontan grubunda yedi hastada (%22), BDG grubunda beş hastada (%36) SDD gözlemlendi. İlk kademe operasyonu sonrasında hemi-Fontan grubunda iki hastada (%3.3) SVT saptanırken, BDG grubunda bir hastada (%5) gözlemlendi. Fontan operasyonu sonrasında ise hemi-Fontan grubunda dört hastada (%12) SVT gözlenirken, BDG grubunda hiçbir hastada gözlemlenmedi. Fontan operasyonu sonrasında hemi-Fontan grubunda iki hasta (%6), BDG grubunda ise iki hasta (%14) kalıcı kalp pili gereksinimi gerekti. İki grup arasında SDD, SVT gelişimi ve kalıcı kalp pili gereksinimi açısından tüm zaman dilimlerinde istatistiksel olarak fark bulunmadı.

**Sonuç:** Bulgular BDG şanti ile hemi-Fontan operasyonu arasında, postoperatif dönemde aritmi gelişmesi açısından bir fark olmadığını desteklemektedir. İki Fontan protokolünün arasındaki seçimde fonksiyonel ve anatomik nedenlerin değerlendirilmesi daha önemli olabilir.

**Anahtar kelimeler:** Kademeli Fontan, bidireksiyonel Glenn şanti, hemi-Fontan operasyonu, atriyal aritmi

Türk Gövüs Kalp Damar Cer Derg 2001;9:137-141

### Summary

**Background:** Atrial arrhythmias are frequently seen in the early and late postoperative periods after the Fontan operation. Bidirectional Glenn shunt (BDG) and hemi-Fontan procedure (HFP) are intermediate-stage palliative procedures on the pathway to Fontan completion. Since each surgical intervention exposes sinus node region to risk of injury, staged approach may increase the risk of atrial arrhythmias.

**Methods:** Sixty patients underwent HFP and 21 patients BDG operation between August 1989 and October 1997. Thirty-four patients in HFP group (56%) and 14 patient (66%) in the BDG group had Fontan completion. Rhythm was assessed immediately before stage 1, prior to hospital discharge after stage 1, immediately before Fontan completion, prior to hospital discharge after Fontan and at most recent follow-up. The outcome variables assessed were sinus nod dysfunction (SDD) supraventricular tachycardia (SVT) and permanent pacemaker requirement.

**Results:** Post stage 1 seven patients (12%) in the HFP group and one patient (5%) in the BDG group developed SDD, while two patients (3.3%) in the HFP group and one patient (5%) in the BDG group had SVT. Pre-Fontan; five patients (9%) in the HFP group none of patients in the BDG group were in non-sinus rhythm. Post-Fontan seven patients (22%) in the HFP group and seven patients (36%) in the BDG group had SDD, while four patients (12%) in the HFP group and none of patients in the BDG group developed SVT. Two patients (6%) in the HFP group and two patients (14%) in the BDG group required permanent pacemaker. SDD, in both protocols, is transient in the majority of patients. There was no statistical difference for the development of SDD or SVT or requirement of the permanent pacemaker between two groups at any time point.

**Conclusion:** Functional and anatomical considerations may be more important than arrhythmias in choosing between these two Fontan protocols.

**Keywords:** Staged fontan, bi-directional Glenn shut, hemi-Fontan procedure, atrial arrhythmia

Turkish J Thorac Cardiovasc Surg 2001;9:137-141

**Sunulduğu Kongre:** American Heart Association, 1997, Orlando, ABD

**Adres:** Dr. Feza Nurözler, Konuko=lu Tıp Merkezi, Kalp Damar Cerrahisi Bölümü, Gaziantep

## Giriş

Kademeli yaklaşım tek ventriküllü kompleks kardiyak malformasyonlu hastaların Fontan prensibi ile cerrahi tedavisinde 1990'lardan beri cerrahlar tarafından benimsenmiştir ve bu yaklaşımın kullanımıyla morbidite ve mortalitede önemli azalmalar bildirilmiştir [1-4].

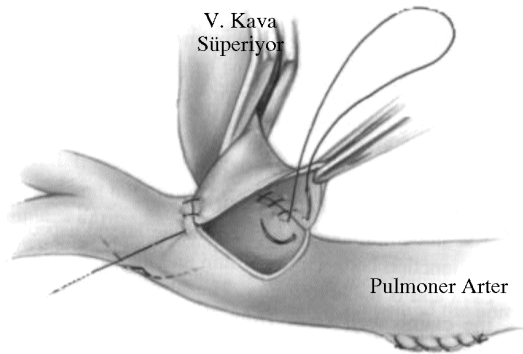
Bidireksiyonel Glenn panjı (BDG) ve hemi-Fontan operasyonları, fonksiyonel tek ventriküllü hastalarda Fontan operasyonu öncesi yapılan ara kademe uygulamalardır [1-3]. Atriyal ritim bozuklukları Fontan operasyonu sonrasında erken ve geç dönemde sık görülen bir sorundur. Bu ritim bozukluklarının tek ventrikül fizyolojisindeki hastalarca tolere edilmesi kolay olmayabilir [5-8]. Sıklıkla görülen ritim bozuklukları sinüs düdüğü disfonksiyonu ve atriyal taşikardilerdir [5-9]. Her cerrahi girişim sinüs düdüğü bölgesinde zedelenmeye yol açabileceği için, kademeli yaklaşımda ritim bozuklukları gelişme riski artabilir.

Bu çalışmada amaç kademeli yaklaşımla Fontan operasyonu yapılan hastalarda erken ve geç postoperatif dönemdeki atriyal ritim bozukluklarının görülme sıklığını saptamaktır. Ayrıca ritim bozukluklarının sıklığı açısından BDG panjı ile hemi-Fontan operasyonları arasındaki farkın belirlenmesi amaçlanmıştır.

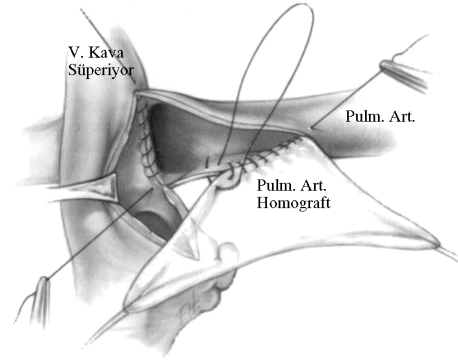
## Materyal ve Metod

Ağustos 1989 ile Ekim 1997 tarihleri arasında kurumumuzda BDG panjı veya hemi-Fontan operasyonu yapılan toplam 83 hastanın dosyaları, elektrokardiyografileri ve telemetre kayıtları retrospektif olarak incelendi. İlk kademe operasyonu öncesinde sinüs ritiminde olmayan iki hasta çalışmaya dâhil edilerek geriye kalan 81 hasta çalışmaya alındı. Altı hasta hemi-Fontan operasyonu, 21 hastaya BDG panjı uygulanmıştır. İki prosedür arasındaki seçim cerrahın tercihiyle belirlenmiştir.

Bidireksiyonel Glenn panjı, vena kava superiorun sağ atriyumla birleşim bölgesinden ayrılarak sağ pulmoner artere bağlanmasıdır (Şekil 1). Bu prosedürde sağ atriyum, sinüs düdüğü ve sinüs düdüğü arterini içeren bir kesiyeye gerek yoktur. Bu nedenle postoperatif ritim bozukluklarının gelişimi beklenmez. Hemi-Fontan operasyonu ise superior kava-atriyal birleşim bölgesinin pulmoner arterlere geniş bir odacık



**Şekil 1.** Bidireksiyonel Glenn panjı. Vena kava superior sağ atriyumdan ayrılarak pulmoner arterle birleştiriliyor.



**Şekil 2.** Hemi-Fontan operasyonu. Pulmoner homografit kullanılarak, pulmoner arter vena kava superiorla geniş bir odacık oluşturulmaktadır.

oluşturarak bağlanmasını sağlayan cerrahi bir tekniktir (Şekil 2). Bu teknikte kava-atriyal birleşim ve sinüs düdüğü arteri bölgesini içeren bir kesi gerektiği için ritim bozuklukları gelişebilir. Aritmiler şu şekilde sınıflandırıldı: 1) sinüs düdüğü disfonksiyonu (SDD), 2) supraventriküler taşikardiler (SVT); atriyal fibrilasyon, atriyal flutter ve paroksizmal nodal taşikardi bu grup içerisine alındı, 3) atriyoventriküler blok.

Sinüs düdüğü disfonksiyonu tanımlanmasında şu parametreler kullanıldı: 1) kalp hızının ya da ayarlanmış ortalama kalp hızından en az iki standart sapma daha yavaş olması [10], 2) nodal bradikardi, 3) üç saniyeden daha uzun sinüs duraksaması. Hastaların ritimleri şu aralıklarla değerlendirildi: ilk kademe operasyonu öncesinde ve ilk kademe operasyonu sonrası taburcu olmadan önce, Fontan operasyonundan hemen önce ve Fontan operasyonu sonrası taburcu olmadan önce ve son kontrolde.

### İstatistik

İki grup arasındaki farklılıklar Ki-kare testi (Yates koreksiyonu) kullanılarak değerlendirildi. İstatistiksel önem p değeri 0.05'e eşit veya daha küçük değerler için belirlendi. Tüm veriler SES sistem yazılımı (SAS Institute Inc, Cary, NC) kullanımıyla analiz edildi.

## Bulgular

Ortalama yaş hemi-Fontan grubunda  $7.2 \pm 5.4$  ay (3-75), BDG grubunda  $8.4 \pm 6.2$  ay (5-166) idi ve iki grup arasında fark bulunmadı ( $p = 0.72$ ). Hemi-Fontan grubundan 34 (%56), BDG grubundan 14 hastada (%66) Fontan operasyonu tamamlanmıştır. Birinci kademe operasyonu ile Fontan operasyonu arasındaki ortalama süre  $24.3 \pm 4.4$  ay (14-37) idi. Hipoplastik sol kalp sendromu her iki gruptaki en sık anatomik tanı iken, trikuspid atrezisi ikinci sırada yer aldı. Hastaların anatomik tanıları Tablo 1'de verildi. İki grup arasında anatomik tanıların dağılımı istatistiksel olarak farklı bulunmadı ( $p = 0.09$ ). Hemi-Fontan grubundan 58 hastaya (%97), BDG grubundan 20 hastaya (%95) birinci kademe operasyonu öncesinde toplam 93 palyatif prosedür uygulanmıştır (Tablo 2). Erken dönemde hemi-Fontan grubunda dört hasta (%6.6), BDG grubunda bir hasta (%7.1) olmak üzere tüm çalışma grubunda toplam beş hasta (%6.1) kaybedildi. Geç dönemde hem-

**Tablo 1.** Anatomik tanıların gruplara göre dağılımı.

TANI	Hemi-Fontan Grubu ( n)	BDG Grubu ( n)
Hipoplastik sol kalp sendromu	16	6
Triküspit atrezisi	9	5
DILV	9	2
Pulmoner atrezi-IVS	7	3
Aortik atrezi-VSD	3	
Kritik AS-VSD	1	
Diğer kompleks tek ventrikül	15	5
Toplam	60	21

AS = Aort stenozu; DILV= çift girimli sol ventrikül; IVS = intakt ventrikül septumu; VSD = ventriküler septal defekt

**Tablo 2.** Daha önce uygulanan paliyatif prosedürler.

PROSEDÜR	HASTA SAYISI	
	Hemi-Fontan Grubu	BDG Grubu
Norwood operasyonu	16	6
Modifiye Norwood operasyonu	4	1
Sistemik-pulmoner şantlar	26	11
Pulmoner arter band / Aort koartasyon tamiri	6	2
Atriyal septektomi	4	
Damus-Kay-Stansel operasyonu	2	1
Diğer	10	4
Toplam	68	25

**Tablo 3.** Gruplar arasında SDD, SVT gelişimi ve kalp pili gereksiniminin karşılanması.

	Sinüs düğümü disfonksiyonu			Supraventriküler taşikardi			Kalp pili		
	HF	BDG	p	HF	BDG	p	HF	BDG	p
İlk kademe sonrası	7 (12%)	1 (%5)	0.09	2 (%3.3)	1 (%5)	0.32			
Fontan öncesi	5 (9%)		0.14						
Fontan sonrası	7 (22%)	5 (36%)	0.24	4 (%12)	0	0.11			
Son kontrol	2 (6%)	2 (14%)	0.18				2 (6%)	2 (14%)	0.15

BDG = bidireksiyonel Glenn; HF = hemi-Fontan

Fontan grubundan bir hasta (%1.3) aspirasyon pnömonisi nedeniyle kaybedildi. Erken ve geç dönemde kaybedilen hastaların hiçbirinde SDD veya SVT saptanmadı. Fontan operasyonu tamamlanan toplam 48 hastada erken dönemde iki hasta (%4.1) kaybedildi. Her iki hasta da hemi-Fontan grubunda idi. Geriye kalan 46 hastanın orta dönem takipleri tüm hastalarda tamamlandı. Ortalama takip süresi  $10.3 \pm 4.6$  ay (1-32) olarak bulundu. Fontan operasyonu sonrası geç dönemde hiçbir hasta kaybedilmedi.

#### Sinüs düğümü disfonksiyonu

İlk kademe operasyonu sonrasında hemi-Fontan grubunda yedi hastada (%12) SDD saptanırken, BDG grubunda bir hastada (%5) SDD gözlemlendi. Fontan operasyonu öncesi hemi-Fontan grubunda beş hasta (%9) sinüs ritminde değilken, BDG grubundaki tüm hastalar sinüs ritmindeydi. Fontan operasyonu sonrasında hemi-Fontan grubunda yedi hastada (%22), BDG grubunda ise beş hastada (%36) SDD gözlemlendi. İki grup arasında SDD gelişimi açısından tüm zaman dilimlerinde istatistiksel olarak fark bulunmadı (Tablo 3).

Sinüs düdümü disfonksiyonu hastaların çoğunda geçici idi. İlk kademe operasyonu sonrası SDD gelişen yedi hastadan dördü, Fontan operasyonu sonrasında SDD gelişen hemi-Fontan grubundaki yedi hastadan üçü ve BDG grubundaki beş hastadan dördü postoperatif ilk hafta içinde sinüs ritmine geri döndü. Hastaların son kontrolünde hemi-Fontan grubunda iki hastada (%6), BDG grubunda iki hastada (%14) SDD devam etmekteydi.

### **Supraventriküler taşikardi**

İlk kademe operasyonu sonrasında hemi-Fontan grubunda iki hastada (%3.3) SVT saptanırken, BDG grubunda bir hastada (%4.7) gözlemlendi. Hemi-Fontan grubunda bir hastada atriyal flutter, diğer hastada paroksizmal nodal taşikardi SVT nedeniydi. Fontan operasyonu sonrasında hemi-Fontan grubunda dört hastada (%12.7) SVT gözlenirken, BDG grubunda hiçbir hastada SVT gözlenmedi. Üç hastada atriyal flutter, bir hastada atriyal fibrillasyon saptandı. Her iki operasyon sonrasında gelişen SVT'ler 24 saat içerisinde sonlandı. Atriyal flutter gelişen üç hastadan ikisinde SDD bulunduğu ve SDD'nin atriyal flutter gelişimine zemin oluşturduğu gözlemlendi. İki grup arasında SVT gelişimi açısından tüm zaman dilimlerinde istatistiksel olarak fark bulunmadı (Tablo 3).

### **Kalçık kalp pili gereksinimi**

Fontan operasyonu öncesinde hiçbir hasta kalçık kalp pili gereksinimi göstermemişti. Fontan operasyonu sonrasında, hemi-Fontan grubundan iki (%6), BDG grubundan iki hastaya (%14) nodal bradikardi nedeniyle kalçık kalp pili takılmıştı. İki grup arasında kalçık kalp pili gereksinimi açısından istatistiksel olarak fark bulunmadı (Tablo 3).

## **Tartışma**

Tek ventriküllü kompleks kardiyak malformasyonlu hastaların Fontan prensibi ile cerrahi tedavisinde kademeli yaklaşım 1990'lardan beri cerrahlar tarafından benimsenmiştir ve bu yaklaşımın kullanımıyla morbidite ve mortalitede önemli azalmalar bildirilmiştir [1-4]. Bidireksiyonel Glenn şantı ve hemi-Fontan operasyonları, fonksiyonel tek ventriküllü hastalarda Fontan operasyonu öncesi yapılan ara kademe prosedürlerdir [1-3]. Bu operasyonlar sistemik ventrikülün volüm yüklenmesini erken dönemde azaltır. Bu durum ventrikül geometrisinde ve kompliyansında değişikliklere neden olmakla beraber yeterli kardiyak debiyi korur ve arteriyel oksijen saturasyonu açısından tolere edilebilen bir dolaşım fiziolojisi sağlar [3,4,11,12].

Fontan operasyonu sonrasında erken ve geç dönemde atriyal aritmiler sık görülen bir sorundur ve bu aritmilerin tek ventrikül fiziolojisindeki hastalarca tolere edilmesi kolay olmayabilir. Fontan operasyonu için orijinal hasta seleksiyon kriterlerinden birisi olarak tanımlanan sinüs ritminin postoperatif hemodinami üzerindeki etkileri bilinmektedir [5-8]. Fontan operasyonu sonrasında sinüs ritmini koruyan hastalarda uzun dönem prognoz, atriyal aritmi gelişen hastalara oranla daha iyi olduğu bildirilmiştir [6]. Bu nedenle tek ventrikül fiziolojisindeki hastalarda paliyatif cerrahi protokolünün seçiminde, erken postoperatif ve uzun dönemde daha az aritmeye neden olabilecek bir protokolün belirlenmesi önemlidir.

Her cerrahi girişim sinüs düdümü ve sinüs düdümü arterinin zedelenme riskini artıracığından, kademeli yaklaşım uygulamasında SDD olasılığı artar. Ayrıca sağ atriyumda yapılan ilave kesiler SVT bağıta olmak üzere atriyal aritmilere zemin oluşturur. Kademeli yaklaşım uygulaması ile Fontan operasyonu tamamlanan hastalarda, tek aşamalı Fontan operasyonu uygulanan hastalara göre SDD gelişme sıklığının iki kat fazla olduğu bildirilmiştir [7]. Bu çalışmada ara kademe prosedürü olarak BDG şantı, klasik Glenn şantı ve hemi-Fontan operasyonunun bir modifikasyonunu içeren değişik cerrahi teknikler kullanılmıştır. Bidireksiyonel Glenn şantı sağ atriyum, sinüs düdümü ve sinüs düdümü arterini içeren bir kesiyeye gerek göstermez ve bu nedenle postoperatif aritmi gelişme şansının düşük olduğu düşünülmüştür. Ara kademe prosedürü olarak çoğunlukla BDG şantı kullanılan hastalar üzerinde yapılan bir araştırmada Fontan operasyonları sonrasında geç dönemde düşük oranda SDD gelişimi bildirilmiştir [8]. Bidireksiyonel Glenn şantı yapılan hastalarda ikinci kademe operasyonu olarak ekstra-kardiyak Fontan tekniği tercih edilir. Bu teknikte vena kava inferior bir vasküler greft vasıtasıyla vena kava superiorla birleştirilir. Bu işlem sırasında vena kava superior etrafında yapılan disseksiyonlar sinüs düdümü ve sinüs düdümü arterini riske sokabilir.

Pulmoner arterlerin rekonstrüksiyonuna izin vermesi ve ikinci kademe operasyonu olarak lateral tünel Fontan tekniğini kolaylaştırması nedeniyle, hemi-Fontan operasyonu oldukça çekici bir tekniktir. Özellikle doğumsal veya sistemik-pulmoner arter şant operasyonlarına ikincil olarak pulmoner arter dallarında darlıklar olan hastalarda hemi-Fontan operasyonu tercih edilir. Bu operasyon sırasında yapılan kava-atriyal birleşim ve sinüs düdümü arteri bölgesini içeren kesinin ritim bozuklukları gelişimini artıracığı düşünülmüştür. Bununla beraber, hemi-Fontan operasyonu sonrasında lateral tünel Fontan tekniğinin uygulanması kolaylaştırır. Lateral tünel Fontan tekniğinde sinüs düdümü ve sinüs düdümü arterini içeren bölgede disseksiyon yapılmasına gerek olmaması, ikinci kademe esnasında sinüs düdümü zedelenme olasılığının azaltır. Yakın zamanda yayınlanan bir çalışmada Cohen ve arkadaşları [9], ara kademe prosedürü olarak hemi-Fontan operasyonu yapılan hastalarda, hemi-Fontan ve sonrasında yapılan Fontan operasyonları sonrasında erken ve geç dönemde yüksek oranda SDD gelişimi saptamışlardır. Ancak bu çalışmada hastaların tümünde ara kademe prosedürü olarak hemi-Fontan operasyonu uygulanmış olması bu tekniğin ritim veya ileti bozukluğunun gelişimi açısından BDG şantı ile karşılaştırılmasının olanaksız kalmaktadır. Bu ana kadar yayınlanmış literatürde, hemi-Fontan operasyonu ve BDG şantı sonrasında ritim bozukluklarının gelişme sıklığının araştırılan bir çalışma bulunmamaktadır. Her iki cerrahi tekniğin ilk kez karşılaştırıldığı çalışmamızda, ilk kademe prosedürü olarak hemi-Fontan veya BDG şantı uygulanan hastalar arasında, erken postoperatif dönemlerde ve orta dönem takipleri süresince SDD gelişimi, SVT gelişimi ve kalçık kalp pili gereksinimi açılarından istatistiksel olarak fark saptanmadı. Bununla beraber istatistiksel olarak anlamlı olmasa da Fontan operasyonu sonrasında SDD insidansının BDG grubunda %36, hemi-Fontan grubunda ise %22 olarak bulunması ve kalçık kalp pili gereksiniminin BDG grubunda %14, hemi-Fontan grubunda ise %6 olması BDG operasyonu aleyhine dikkat çekicidir. Ayrıca SDD ve SVT gelişiminin erken mortalite üzerinde bir etkisi bulunması ve daha önceki çalışmalara

benzer olarak [7-9] SDD gelişen hastaların büyük bir çoğunluğu sinüs ritmine erken postoperatif dönemde geri döndüler.

### **Çalışmanın sınırlamaları**

Bu çalışmanın zayıf noktası, ritim veya ileti bozukluklarının tanısı ve alt grup sınıflandırılmasında yüzeysel elektrokardiyografik ve telemetrik kayıtlarının kullanılmıyıp olmasıdır. Hastalar rutin olarak 24/48 saat Holter monitörü ile izlenmemiş ve intrakardiyak kayıtlar bilinen zorluklar ve etik nedenlerle yapılamamıştır. Ancak retrospektif olarak yapılan bu çalışmada elektrokardiyografik ve telemetri kayıtlarının deneyimli kardiyologlar tarafından gözden geçirilmiş olması ritim veya ileti bozukluklarının ayrıntılı tanısına yardımcı olmuştur. Ayrıca toplam hasta sayısının küçük ve grupların eşit veya yakın sayıda olmaması istatistiksel değerlendirmede hata olasılığını artıran bir faktör olabilir.

Sonuç olarak, kademeli Fontan yaklaşımı ile paliyasyon yapılacak olan tek ventrikül fizyolojisindeki hastalarda, iki Fontan protokolünü arasındaki seçimin, fonksiyonel ve anatomik nedenler değerlendirilerek yapılması uygun olacaktır. Bununla beraber, iki cerrahi protokolün uzun dönem sonuçlarının karşılaştırılması için uzun dönem takipleri içeren daha başka çalışmaların yapılması gereklidir.

## **Kaynaklar**

1. Douville EC, Sade RM, Fyfe DE. Hemi-Fontan operation in surgery for single ventricle: A preliminary report. *Ann Thorac Surg* 1991;51:893-900.
2. Pridjian AK, Mendelsohn AM, Lupinetti FM, et al. Usefulness of the bidirectional Glenn procedure as staged reconstruction for the functional single ventricle. *Am J Cardiol* 1993;71:959-62.
3. Norwood WI, Jacobs ML. Fontan procedure in two stages. *Am J Surg* 1993;166:548-51.
4. Jacobs ML, Norwood WI. Fontan operation: Influence of modifications on morbidity and mortality. *Ann Thorac Surg* 1994;58:945-52.
5. Kürer CC, Tanner CS, Norwood WI, Vetter VL. Perioperative arrhythmias after Fontan procedure. *Circulation* 1990;82(Suppl):IV190-4.
6. Gewilling M, Wyse RK, de Leval MR, Deanfield JE. Early and late arrhythmias after Fontan operation; predisposing factors and clinical consequences. *Br Heart J* 1992;67:72-9.
7. Manning PB, Mayer JE, Wernovsky G, et al. Staged operation to Fontan increases the incidence of sinoatrial node dysfunction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;111:833-40.
8. Fisherberger SB, Wernovsky G, Gentles TL, et al. Factors that influence the development of atrial flutter after the Fontan operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;113:80-6.
9. Cohen MI, Wernovsky G, Vetter VL, et al. Sinus node function after a systemically staged Fontan procedure. *Circulation* 1998;98:11-352-9.
10. Romano M, Clarizia M, Onofrio E, et al. Heart rate, PR and QT intervals in normal children: A 24-hour holter monitoring study. *Clin Cardiol* 1988;11:839-42.
11. Seliem MA, Baffa JM, Vetter J, et al. Changes in right ventricular geometry and heart rate early after bidirectional cavapulmonary anastomosis in hypoplastic left heart syndrome. *Ann Thorac Surg* 1993;55:1508-12.
12. Gewilling M, Daenen W, Aubert A, et al. Abolishment of chronic volume over-load: Implication for diastolic function of the systemic ventricle immediately after Fontan repair. *Circulation* 1992;86(Suppl 2):93-6.
13. Choussat A, Fontan F, Cesse P, et al. Selection criteria for Fontan's procedure. In: Anderson RH, Shinebourne EA, eds. *Paediatric Cardiology*. Edinburgh: Churchill Livingstone Inc, 1978:559-66.