



İnfanlarda Konjenital Kalp Cerrahisi sonrasında gelişen Diyafram Felcinin Cerrahi Tedavisi

Ahmet Kuddusi İrdem¹, Yiğit Kılıç¹, Onur Doyurgan¹, Hasan Balık²

1 S.B.Ü. Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Diyarbakır, Türkiye

2 S.B.Ü. Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Kardiyoloji Kliniği, Diyarbakır, Türkiye

Gelis: 19.03.2024; Revizyon: 24.06.2024; Kabul Tarihi: 22.07.2024

Öz

Amaç: Kalp cerrahisine sekonder diyafram felci prevalansı %0,4-16'dır. Bu çalışmada, konjenital kalp cerrahisine sekonder frenik sinir hasarına bağlı diyafram felci olgularında diyafram plikasyonunun gerekliliği, zamanlaması, tekniği ve sonuçları incelendi.

Yöntemler: Kliniğimizde konjenital kalp hastalığı nedeniyle ameliyat edilen 1329 yenidoğan ve süt çocuğu hasta incelendi. Klinik solunum sıkıntısı olan hastalarda diyafram felci tanısı floroskopik olarak doğrulandı. Tüm plikasyonlar ipsilateral torakotomi ile yapıldı. Hiçbir hastada diyafram kası rezeksiyonu gerekmedi.

Bulgular: Konjenital kalp cerrahisi sonrası frenik sinir hasarına sekonder diyafram felci insidansı %1,3 idi. Diyafram felci olan 13 hastaya biventriküler onarım, 5 hastaya tek ventrikül palyasyonu yapıldı. Beş hastaya sağ, 3 hastaya sol ve 2 hastaya bilateral diyafram plikasyonu uygulandı. Plikasyon sonrası mekanik ventilasyondan ayrılma süresi, ortalanca 3 gün (2-90 gün) ve yoğun bakımda kalış süresi ortalanca 11,5 gün (4-49 gün) idi. Ortanca takip süresi 24 ay (4-37 ay) idi. Primer prosedüre ikincil diyafram felci olan hastalar arasında mortalite %11,1 idi.

Sonuç: Diyafram plikasyonu primer kardiyak prosedürün morbidite ve mortalitesini etkilememekle birlikte, diyafram felcinin neden olduğu solunum komplikasyonlarına ikincil morbidite ve mortaliteyi azaltmaktadır. Yenidoğan ve infant hasta grubunda diyafram plikasyonu kararının geciktirilmemesi ve özellikle tek ventrikül patolojisi olan hastalarda, daha agresif ve erken uygulanması gerektiğini düşünüyoruz.

Anahtar kelimeler: Respiratuar paralizi, bebek, diyafram, doğumsal kalp kusurları, floroskopi

DOI: 10.5798/dicletip.1552594

Yazışma Adresi / Correspondence: Ahmet Kuddusi İrdem, S.B.Ü. Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, Diyarbakır, Türkiye e-mail: drirdem@gmail.com

Surgical Treatment of Diaphragmatic Paralysis Developing After Congenital Heart Surgery in Infants

Abstract

Objective: The prevalence of diaphragmatic paralysis secondary to cardiac surgery is 0.4-16%. In this study, the necessity, timing, technique and results of diaphragmatic plication in cases of diaphragmatic paralysis due to phrenic nerve damage secondary to congenital heart surgery were examined.

Methods: 1329 newborn and infant patients with congenital heart disease who underwent surgery in our clinic were examined. In patients with clinical respiratory distress, the diagnosis of diaphragmatic paralysis was confirmed fluoroscopically. All plications were performed via ipsilateral thoracotomy. Diaphragm muscle resection was not required in any patient.

Results: The incidence of diaphragmatic paralysis secondary to phrenic nerve injury after congenital heart surgery was 1.3%. Biventricular repair was performed in 13 patients with diaphragmatic palsy and single ventricle palliation was performed in 5 patients. Five patients underwent right, 3 patients underwent left and 2 patients underwent bilateral diaphragmatic plication. The median weaning from mechanical ventilation after plication was 3 days (2-90 days) and the median intensive care unit stay was 11.5 days (4-49 days). The median follow-up period was 24 months (4-37 months). Mortality among patients with diaphragmatic paralysis secondary to the primary procedure was 11.1%.

Conclusion: Although diaphragmatic plication does not affect the morbidity and mortality of the primary cardiac procedure, it reduces the morbidity and mortality secondary to respiratory complications caused by diaphragmatic paralysis. We think that the decision for diaphragmatic plication should not be delayed in the newborn and infant patient group and should be applied more aggressively and earlier, especially in patients with single ventricle pathology.

Keywords: Respiratory paralysis, infant, diaphragm, congenital heart defects, fluoroscopy.

GİRİŞ

Konjenital kalp cerrahisi komplikasyonu olarak gelişen, frenik sinir hasarının sebep olduğu diyafram felci, önemli respiratuar komplikasyonlara yol açarak morbidite ve mortaliteyi arttırır¹⁻³. Önceki retrospektif çalışmalarda bildirilen diyafram felci prevalansı, %0,4-16 arasında değişmektedir^{4,5}.

On iki ayı doldurmuş olan infant, adolesan ve erişkin hastalarda, radyolojik diyafram yüksekliği bulgusu dışında asemptomatik kalmaya eğilimlidirler⁶. Ancak yenidoğan ve 12 ayın altındaki infantlarda, interkostal kas kapasitesi düşük olduğundan ve ayrıca, özellikle tek ventrikül fizyolojisine sahip hastalarda neden olduğu sistemik-pulmoner kan akış modeli değişikliği yüzünden, diyafram felcinin semptomatik olma oranı çok daha yüksektir⁶.

Konjenital kalp cerrahisi sonrası gelişen frenik sinir hasarının etyolojisi travmadır. Travmatik frenik sinir hasarı, cerrahi diseksiyona bağlı tam

kat ya da kısmi kesi, kontüzyon, traksiyon ya da termal hasar şeklinde olabilir⁴. Termal hasar ise, elektrokoter kullanımına bağlı hipertermik hasar ya da topikal soğuk kullanımına bağlı hipotermik hasar şeklinde olabilir. Açık kalp cerrahisi sonrasında gelişen diyafram felcinin yaklaşık %64' ü frenik sinir hasarına bağlıdır⁷.

Bir göğüs radyografisinde, diyaframın bir yarısında yükselme görmek diyafram felcinden şüphelenmek için yeterli ancak tanıyı kesinleştirmek için yeterli değildir. Tanının kesinleştirilebilmesi için ultrasonografik inceleme ya da floroskopi ile diyaframın tam hareketsizliği, zayıf hareketi ya da paradoksal hareketi bozukluklarından bir veya birkaçı gösterilmelidir⁸.

Bazı çalışmalar günler ya da aylar alabilen periyotlardan sonra diyafram kasında ve fonksiyonlarında kendiliğinden iyileşme olabildiğini göstermiştir. Ne var ki, bu bekleme

süresinde uzayan hastane yatışları, uzamış mekanik ventilasyon ve neden olduğu respiratuar komplikasyonlar morbidite ve mortaliteyi arttırır. Buna karşılık erken yapılan diyafram plikasyonları, hastane yatışı ve mekanik ventilasyon sürelerini azaltarak sağladığı azalmış respiratuar komplikasyonlar ile daha iyi sonuçlar sunmaktadır. Literatürde diyafram plikasyonu kararı ve zamanlaması halen gri tondadır.

Biz bu çalışma ile konjenital kalp cerrahisi sonrası ne sıklıkla diyafram paralizi geliştiğini ve bu hastalardaki diyafram plikasyonu karar yöntemimizi, zamanlama ve sonuçlarımızı sunmayı amaçladık.

YÖNTEMLER

Bu tek merkezli ve retrospektif çalışma, kurum iç inceleme kurulu tarafından 04/08/2023 tarih ve 489 sayılı etik kurul kararı ile onaylandıktan sonra Helsinki deklarasyonu prensiplerine uygun olarak yapıldı. Ameliyat öncesi hastaların ailelerine ameliyatın detayları ve riskleri anlatıldı. Tüm hastaların ailelerinden, yazılı bilgilendirilmiş onam alındı. Ameliyat ve ameliyat sonrası klinik seyir verileri, hasta dosyası, ameliyat notları ve bilgisayar tabanlı otomasyon programından toplandı.

Haziran 2017 – Haziran 2023 tarihleri arasında yapılmış toplam 1329 konjenital kalp cerrahisi prosedürü incelendi. Bu hastalardan, postoperatif dönemde kardiyak bir neden ya da kötüleşme olmaksızın ve hemodinamik olarak stabil iken mekanik ventilatörden ayrılamayan, ayrılma bile nazal CPAP desteği olmaksızın ekstübe kalamayanlar dikkatle incelendi. Sonuç olarak 18 hastada diyafram felci tanısı konulduğu ve bunlardan da 10 hastaya diyafram plikasyonu uygulandığı tespit edildi. Frenik sinir hasarı sonucu diyafram felci gelişen ancak asemptomatik olarak takip edilen 8 hasta çalışmaya dahil edilmedi.

Bu hastalar arasında, spontan soludukları dönemde görülen direkt göğüs

radyogramlarında, bir taraf diyaframında yükseklik olan yenidoğan ve infantlar potansiyel diyafram felci olarak kabul edildi ve tanıyı kesinleştirme aşamasına geçildi. Kliniğimizde bu araçlar arasından floroskopi tercih edildi. Pediatrik Kardiyoloji Kateterizasyon-Anjiyografi laboratuvarında, Anestezi uzmanı eşliğinde uyanık ve entübe hastanın spontan solutulması sağlanarak diyafram hareketleri floroskopik olarak incelendi. Tek taraflı diyaframın tamamen hareketsiz olması, zayıf ve çok az hareketi ya da paradoksal hareket paterni kriterlerinden bir veya birkaçını sağlayan hastalarda diyafram felci tanısı kesinleştirildi.

Mekanik ventilatörden ayrılma kriteri olarak PSV (basınç destekli ventilasyon) modda FiO₂ ≤0.40, PEEP ≤5 cmH₂O ve PS desteği ≤8 cmH₂O ile mekanik ventilasyon uygulanırken hastanın arteriyel kan gazında pH >7.35, pCO₂ <50 mmHg şartlarını sağlaması belirlendi. Bu koşulları sağlayamayan hastalar mekanik ventilatörden ayrılamaz olarak kabul edildi.

Floroskopik olarak diyafram felci kesinleştirilen hastalarda, tekrarlayan re-entübasyonlar, mekanik ventilatörden ayrılamama, mekanik ventilatörden ayrılma sonrası nazal CPAP desteği olmaksızın hedef arteriyel kangazı değerlerini idame ettiremememe, tekrarlayıcı ya da uzamış pnömoni ve son olarak tekrarlayıcı ve mekanik destek olmaksızın düzelmeyen atelektazi, diyafram plikasyonu endikasyonları olarak belirlendi.

Cerrahi Teknik

Diyafram plikasyonu prosedürlerinin tamamı, ameliyathanede ve genel anestezi altında gerçekleştirildi.

Hiçbir hastada median sternotomi yapılmadı. Tüm hastalarda diyafram felcinin olduğu ipsilateral tarafta lateral torakotomi yapılarak 6 ya da 7. interkostal aralıktan diyaframa erişildi. Lateral torakotomi, önceki median sternotominin neden olduğu adezyonları

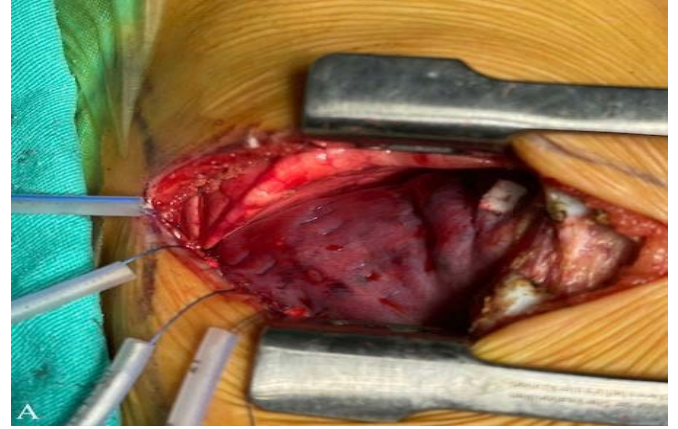
giderme sorunu olmaksızın prosedürün ilerletilmesini sağlayarak avantaj sağladı.

Hastaların hiçbirinde diyafram kası rezeksiyonu gerekmedi.

Plikasyon tekniği olarak longitudinal (medio-lateral) ve transvers (antero-posterior) plikasyonlar veya bu ikisinin kombinasyonu kullanıldı. Yükselmiş olan diyafram eksplore edildikten sonra kullanılacak teknik intraoperatif olarak belirlendi. İntraoperatif olarak plikasyon için birincil tercih longitudinal plikasyon olarak belirlendi. Transvers plikasyon, longitudinal plikasyonun yeterli olmadığı vakalarda ikincil teknik olarak eklendi. İntra-abdominal organların hasarını önlemek ve plikasyon yapılacak sınırları netleştirmek için, ilk teflon pledgetli U sütür longitudinal teknik ile tamamlandıktan sonra snare ile sıkıldı. Snare yardımı ile öne, arkaya, sağa ve sola traksiyon yapmak sureti ile plikasyon alanı net şekilde incelenebilirken, yukarı traksiyonu ile de intra-abdominal organların sütürden korunması sağlandı. Devamında ise diğer teflon pledgetli pile U sütürler, güvenli ve daha kolay bir biçimde uygulandı.

Tüm tekniklerde plikasyon için 5-0 teflon pledgetli polipropilen pile U sütürler kullanıldı. Sütürasyon işlemine, spontan iyileşme ihtimali göz önünde bulundurularak yeni bir frenik sinir hasarından kaçınmak için perikard-diyafram sınırından güvenli uzaklıktan başlandı. Tüm teflon pledgetli pile U sütürler geçildikten sonra bitiş noktalarında da teflon pledget ile desteklendi. Yeterli sayıda birbirine paralel teflon pledgetli U sütürler bitiş noktasında snare altına alınıp plikasyonun sınırları görüldükten sonra bağlandı ve plikasyon tamamlandı. Plikasyonun oluşturduğu düzensiz yüzey, ilave sütürler yardımı ile düzleştirildi ve akciğer için daha fazla hacim alanı oluşturulmuş oldu. Figür 1'de operatif aşamalar özetlenmiştir. Toraks drenajı için rutin olarak dren yerleştirildi ve postoperatif 1. günde çekildi.

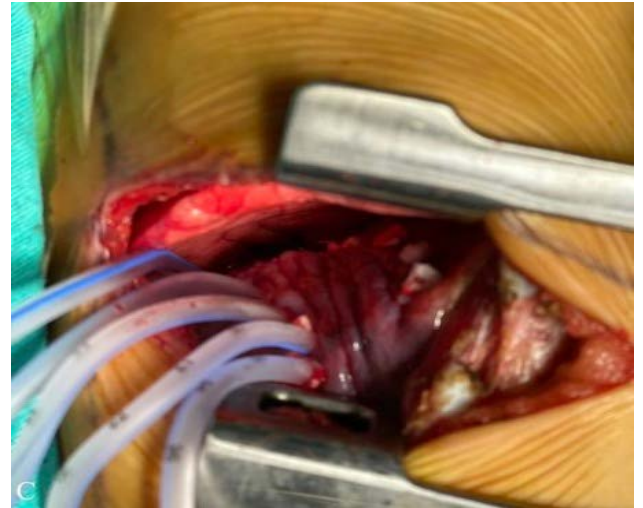
Figür 1. Diyafragma plikasyonu operatif aşamaları



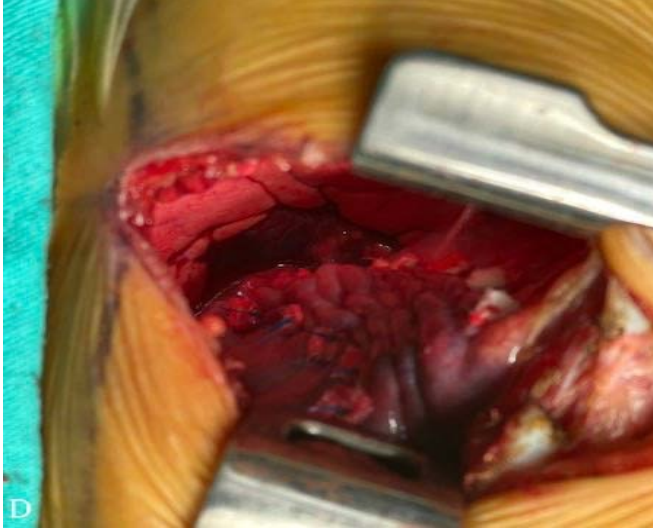
Figür 1A. Başı ve sonu teflon pledgetli pile U prolen sütürler snare altında.



Figür 1B. Longitudinal ilk ve santral teflon pledgetli pile U sütür snare'si sıkılarak diğer sütürler için kılavuz olarak kullanılır.



Figür 1C. Tüm teflon pledgetli pile U sütürlerin snare'leri sıkılarak plikasyon alanı görülür.



Figür 1D. Tüm teflon pledgetli pile U sütürlerin snare'leri açılır, karşı teflon pledgetler eklenerek bağlanır ve plikasyon tamamlanır.

Bulgular

Haziran 2017- Haziran 2023 tarih aralığında gerçekleştirilen 1329 konjenital kalp cerrahisi operasyonundan 18'inde frenik sinir hasarına sekonder diyafram felci tespit edildi.

Bu 18 hastadan 10'una semptomatik olması nedeni ile diyafram plikasyonu uygulandı. Merkezimizin diyafram felci insidansı %1,3 idi. Diyafram plikasyonu prosedürü hastaların tamamında ipsilateral torakotomi ile gerçekleştirildi. Tüm hastalar, floroskopik olarak tanısı kesinleştirilmiş biçimde ve mekanik ventilatöre bağlı iken diyafram plikasyonu operasyonuna alındı. Ortanca hasta yaşı 68,5 gün (aralık; 22-207 gün) ve vücut ağırlığı 3660 gr (aralık; 2960-5800 gr) idi. Tüm demografik veriler ve klinik özellikler tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Plikasyon yapılan hastaların klinik özellikleri ve demografik verileri

No	DP Yaş (gün)	VA (gr)	Tanı	İlk Prosedür	CPB	TV/ÇV	DP Endikasyonu	DP tarafı	Takip Süresi (Ay)
1	39	3100	TGA	ASO	E	ÇV	Başarısız wean	Sol	37
2	98	3920	CAVCD	CAVCD düzeltme	E	ÇV	Başarısız wean	Sol	1
3	22	3400	Ark Hipoplazisi	Ark tamiri	E	ÇV	nCPAP	Sağ	30
4	207	5800	CAVCD	CAVCD düzeltme	E	ÇV	>2 re-entübasyon	Sağ	30
5	28	3000	DILV-PA	MBT şant	E	TV	Ekstübe olamama	Sağ	26
6	33	2960	HLHS	Norwood I	E	TV	Ekstübe olamama	Bilateral	24
7	165	5200	VSD	VSD kapatma	E	ÇV	Ekstübe olamama	Sol	20
8	134	4650	VSD	VSD kapatma	E	ÇV	Ekstübe olamama	Sağ	19
9	144	4800	TA-Hipoplazik RV	BCPC	E	TV	>2 re-entübasyon	Bilateral	2
10	36	3260	ToF	MBT şant-PA rekonstrüksiyon	E	ÇV	Başarısız wean	Sağ	4

ASO: Arteriyel switch operasyonu, BCPC: Biderctional Kava-Pulmoner bağlantı, CBP: Kardiyopulmoner bypass, CAVCD: Komplet Atrioventriküler Kanal Defekti, ÇV: çift ventrikül, DILV: Çift girimli sol ventrikül, DP: diyafram plikasyonu, E: evet, HLHS: Hipoplastik sol kalp sendromu, MBT: Modifiye Blalock Taussig, PA: Pulmoner arter, TA: Triküspid atrezi, ToF: Fallot Tetralojisi, TV: tek ventrikül, VA: vücut ağırlığı, VSD: ventriküler septal defekt

Plikasyon öncesi birincil cerrahi prosedürden sonraki ortanca mekanik ventilasyon süresi 16,5 gün (aralık; 7-23 gün) olarak bulundu. Önceki konjenital kardiyak prosedürden sonra, plikasyona kadar geçen ortalama süre 18 gün (aralık; 7-32 gün) idi. Plikasyon sonrası ortanca mekanik ventilatörden ayrılma süresi 3 gün

(aralık; 2-90 gün) ve ortanca yoğun bakım kalış süresi 11,5 gün (aralık; 4-49 gün) idi. Yaşayan hastalar arasındaki ortanca takip süresi 24 ay (aralık; 4-37 ay) idi. Operatif ve postoperatif veriler tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo II: Plikasyon yapılan hastaların operatif - postoperatif verileri

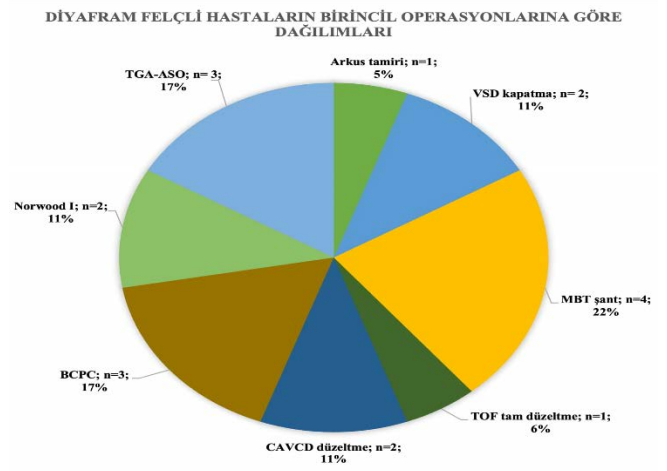
N	İlk Prosedür	RAC		DP son rasi nCPAP	İlk Cer rahi son rasi MV (gün)	DP son rasi MV (gün)	DP son rasi yatış (gün)	Mortalite	
		HS-1 Skolar	DP yön ü						
	ASO								
	CAVCD düzeltme								
1	Ark tamiri		Sol				10		
2	CAVCD	4	Sol	L	H	22	3	12	H
3	düzeltilme	3	Sağ	L	H	12	12	11	E
4	MBT şant	4	Sağ	L-T	E	16	2	16	H
5	Norwood	3	Sağ	L-T	E	8	2	24	H
6	I	3	Bilat	L	H	18	24	26	H
7	VSD	6	eral	L-T	E	7	90	5	H
8	kapatma	2	Sol	L	H	12	3	4	H
9	VSD	2	Sağ	L	H	20	2	49	H
1	kapatma	2	Bilat	L	H	17	49	8	E
0	BCPC	3	eral	L	E	23	2		H
	MBT şant-PA rekonstrüksiyonu		Sağ						

ASO: Arteriyel switch operasyonu, BCPC: Biderctional Kava-Pulmoner bağlantı, CAVCD: Komplet Atrioventriküler Kanal Defekti, DP: diyafram plikasyonu, E: evet, H: hayır, L: longitudinal, MBT: Modifiye Blalock Taussig, MV: mekanik ventilasyon, PA: pulmoner arter, T: transvers, VSD: ventriküler septal defekt

8 hastada plikasyon sonrası ilk ekstübasyon denemesi başarılı oldu. Plikasyon yapılan 3 hastaya işlemden sonraki ekstübasyon sonrası da nazal CPAP desteği gereksinimi oldu.

Konjenital kalp hastalığı nedeniyle opere edilen 1329 hasta' dan 18' inde postoperatif diyafram felci tespit edilirken, 8'i asemptomatik olarak takip edilmiş, 10'unda ise diyafram plikasyonu uygulanmıştır.

Diyafram felci saptanan 18 hastadan 5'ine tek ventrikül palyasyonu, 13'üne ise biventriküler tamir uygulanmış olduğu tespit edildi. Diyafram felci tespit edilen 18 hastanın birincil cerrahi prosedürleri Figür 2'de özetlenmiştir.



Figür 2. Diyafram felci tanısı konulan hastaların birincil kardiyak cerrahi prosedürlere göre dağılımı.

BCPC: bidirectional kava-pulmoner bağlantı, CAVCD: komplet atrioventriküler kanal defekti, MBT: modifiye Blalock-Taussig, TGA-ASO: büyük arter transpozisyonu-arteriyel switch operasyonu, TOF: Fallot tetralojisi, VSD: ventriküler septal defekt

Tek ventrikül fizyolojisinde ve postoperatif epikardiyal kalıcı pacemaker implantasyonu yapılan bir hasta plikasyonu takip eden postoperatif 49. günde hemodinamik instabilite nedeniyle kaybedildi ve takipten çıkarıldı. Bir hasta komplet atrioventriküler kanal defekti nedeniyle yapılan tam düzeltme ameliyatı sonrası diyafram plikasyonu uygulamasını takiben sorunsuz ekstübe edilebilmesine karşın postop 12. günde sepsis nedeniyle kaybedildi ve takipten çıkarıldı. Postoperatif diyafram felci nedeni ile takip edilen hastalar arasındaki mortalite %11,1 olarak bulundu.

Diyafram plikasyonu yapılan hastaların 5'inde sağ, 3'ünde sol ve 2'sinde ise bilateral uygulama yapıldı. Bilateral diyafram plikasyonu uygulanan vakalardan ilki öncesinde Norwood aşama 1 palyasyon uygulanan bir hasta iken ikincisi ise Glenn şantı uygulanmış tek ventrikül fizyolojisine sahip bir hasta idi. Norwood aşama 1 palyasyon yapılan hastada fazlaca perikard çıkarma işlemi sırasında ve Glenn şantı yapılan hastada ise hastanın ikinci operasyonu olması nedeniyle mevcut cerrahi yapışıklıkları giderme esnasında iki taraflı frenik sinir hasarının gelişmiş olabileceğini düşündük.

Diyafram plikasyonu yapıldıktan sonra mekanik ventilatörden ayrılmadığı için, 2 tek ventrikül patolojili hastaya trakeostomi açıldı ve ev tipi mekanik ventilatör ile taburcu edildi. Bu hastalardan birinin postoperatif 3. ayda trakeostomisi kapatıldı ve mekanik ventilasyon desteğinden kurtarıldı. Diyafram plikasyonu sonrası halen ev tipi mekanik ventilasyon ihtiyacı olan tek hastanın takibine 24 ay devam edildi.

TARTIŞMA

Yenidoğan, infant ya da adölesan fark etmeksizin pediatrik hasta grubunun diyafram felci komplikasyonuna toleransı düşüktür. Çünkü bu yaş grubunun interkostal kas kapasitelerinin düşüklüğü yanında diyafram felci, konjenital kalp hastalığı varlığında sistemik-pulmoner kan akımı modelinin yönetilemez bir şekilde değişmesine neden olmaktadır^{6,9}.

Diyafram felci, konjenital kalp cerrahisi geçirmiş hastalarda postoperatif solunumsal fonksiyonları önemli ölçüde kötüleştirmektedir. Bu nedenle, postoperatif kardiyak anatomik problemi bulunmayan ve hemodinamik olarak stabil olmasına rağmen mekanik ventilatörden ayrılmayan ya da ayrılrsa bile nazal CPAP desteği olmaksızın yeterli solunumsal aktiviteyi gösteremeyen hastalarda, mutlaka frenik sinir hasarı ve bunun neden olduğu diyafram felci dışlanmalıdır. Tüm postoperatif hastalarda, ekstübasyon sonrası ilk göğüs radyogramı bu hastaların taranmasında ilk basamaktır. Baran Şimşek ve arkadaşları rutin tarama testi olarak ekstübasyon sonrası yapılan ekokardiyografik incelemede diyaframın incelenmesini de kullanmışlardır¹⁰. Diyafram paralizinin çift taraflı olması durumunda rutin göğüs radyografisi yanlış negatif sonuçlar doğuracağı için ekokardiyografik diyafram değerlendirme pratiği çok değerlidir¹⁰.

İyi hemodinamik duruma rağmen mekanik ventilatörden ayrılmama kliniği, göğüs

radyografisinde bir taraf diyaframın yüksekliği söz konusu olduğunda muhtemel bir diyafram felcini doğrulamak için ultrasonografi, elektromiyografi (EMG) ya da floroskopi incelemeleri yapılabilir. Uygulama kolaylığı göz önüne alınarak çalışmaya alınan hastaların tamamında floroskopik yöntem kullanıldı. Diyafram felcinin geri dönüşlü olup olmadığını irdelemek için elektrofizyolojik çalışma yapılmasına iki sebeple gerek görülmedi. Bu sebeplerden ilki, mekanik ventilatöre bağlı olan hastaların 1 yaş altında olmaları ve toleranslarının düşük olması nedeniyle spontan iyileşmenin beklenemeyecek olması, ikincisi ise konjenital kalp hastalığı varlığında, diyafram felcinin sistemik-pulmoner kan akış modeli üzerinde yarattığı değişiklikler idi.

Önceki çalışmaların bildirdiği diyafragma felci prevalansı %0,4 -16'dır^{4,5}. Çalışmamızda, 1329 hastalık bir seride bulunan diyafram felci insidansı %1,3 olmuştur.

Özellikle yenidoğan ve infantlar, diyafram felcinden önemli ölçüde etkilenen bir hasta grubudur. Otojen perikard, konjenital kalp cerrahisi prosedürlerinde en çok kullanılan biyolojik materyaldir. Otojen kullanım için perikard çıkarma işleminin abartılı şekilde yapılması sonucu frenik sinir direk olarak hasarlanabilir ya da perikard askı dikişlerinin fazla traksiyona neden olması da dolaylı olarak ve çoğunlukla geçici nitelikte hasar oluşturabilir. Ayrıca prosedürlerin başlangıcında neredeyse rutin yapılan timektomi işlemi sırasında frenik sinir komşuluğu, hasarlanma ihtimalini artırmaktadır¹¹. Bir diğer sebep ise konjenital kalp cerrahisi prosedürlerinin çok büyük bir kısmında yapılması gereken Vena Kava Superior ve Vena Kava Inferior prezervasyonudur¹². Sayılan nedenler konjenital kalp cerrahisi prosedürlerinde frenik sinir hasarı ihtimalini arttıran nedenlerdir. Timus çıkarılması, perikard çıkarılması ve

bikaval kanülasyon hazırlıklarında dikkatli olunması gerekmektedir.

Yenidoğan ve infantlarda interkostal kas kapasitesinin düşüklüğüne, postoperatif drenaj için yerleştirilen tüplerin neden olduğu ağrının kısıtlayıcı etkisi ve sternotominin neden olduğu mediastinal mobilite eklendiğinde; rezidüel kapasitede azalma, atelektazi, bronşial sekresyonlarda artış ve sonuçta mekanik ventilasyondan ayrılamama kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenle, her ne kadar diyafram felci için spontan iyileşmeden bahseden yayınlar olsa da diyafram plikasyonu yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

Fazla miktarda otolog perikard çıkarılması gereken ya da Kaval venlerin rutinden daha kapsamlı şekilde diseke edilmesi gereken prosedürlerde frenik sinir hasarı ve sonuç olarak da diyafram felci daha fazla olmaktadır. Bizim serimizde diyafram felcinin daha sık gözlendiği prosedürler sırası ile Modifiye Blalock-Taussig şant ameliyatları (n: 4, %22), Glenn şantı prosedürleri (n: 3, %17) ve Arteriel Switch operasyonları (n: 3, %17) olmuştur.

Benzer şekilde çok büyük ve perikardiyoplevral bileşkeye uzanan timüs varlığı, daha net bir cerrahi görüş sağlamak için çıkarılması sırasında frenik sinir hasarını kolaylaştırmaktadır.

Cerrahi uygulama olarak sternotomi ve ipsilateral torakotomi kullanılabilir. Baran Şimşek ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada plikasyon için cerrahi uygulama yolunun seçiminde kalp apeksi ile felç olan diyafram tarafının değerlendirilmesi sonucunu kullandıkları ve bunu hemodinamik stabiliteyi sağlamak amacıyla uyguladıkları görülmektedir¹⁰. Felçli hemi-diyafram kalp apeksi ile aynı tarafta ise ipsilateral torakotomi, farklı tarafta ise sternotomi yapıldığını belirtmektedirler¹⁰. Çalışmamızda 10 hastanın tamamında ipsilateral torakotomi kullanıldı ve

hiçbir hastada hemodinamik kötüleşme ya da zorlanma yaşanmadı.

Merkezimizde ilk 1000 vakalık bölümde toplam 10 diyafram felci olgusu mevcutken, sonraki 329 vakalık son bölümde bu sayı 8 olmuştur. Merkezimizin kazandığı tecrübe ile düzeltici operasyonları daha erken ve hastalar daha küçük iken uygulaması ve beraberinde artan tecrübe ile vakaların karmaşıklığının artması ile birlikte diyafram felci insidansı beklenildiği gibi artmış ve %1'den %1,3'e yükselmiştir.

Bilateral diyafram felci, tek taraflı diyafram felcine oranla çok daha nadirdir ve çoğu raporun tek tek vakalar ile ilgili olması nedeniyle gerçek insidansı bilinmemektedir. Dagan ve arkadaşlarına ait, 3214 pediatrik kalp cerrahisi vakasının incelendiği çalışmada, bilateral diyafram felci insidansı %0,28 olarak bulunmuştur¹³. Bilateral diyafram felci olgularının neredeyse 2/3'ünde neden bulunamaz¹⁴.

Çalışmamızda iki hastada tespit edilen çift taraflı diyafram felcinin etyolojisi objektif olarak bilinmemektedir. Ancak hastalardan ilki; otojenik kullanım için çok geniş perikardın çıkarıldığı Norwood I prosedürü iken ikincisi ise pulmoner arteriyel rekonstrüksiyon için geniş ve derin diseksiyon yapılan bir Glenn prosedürü idi. Yoruma açık olmakla birlikte etyolojinin geniş perikard çıkarılması ve kapsamlı diseksiyon olduğunu düşündük.

SONUÇ

Plikasyon seçeneğini spontan iyileşme potansiyeli nedeni ile geciktirme eğiliminde olan merkezlerin aksine, hasta popülasyonunun bu durumu çok da iyi tolere edemeyen yenidoğan ve infantlar olması sebebi ile floroskopik kesin tanıyı takiben erken plikasyon yapılması gerektiği kanaatindeyiz.

Diyafram plikasyonu uygulaması sonrası 10 hastadan 8'inin ilk mekanik ventilatörden ayırma girişiminin başarılı olması, kardiyak

birincil prosedür kaynaklı mortaliteye etkisi olmasa da bu hastaların yoğun bakım kalış süresini kısaltarak hem respiratuar hem de non-respiratuar yoğun bakım komplikasyonlarını ve mortaliteyi azaltmaktadır.

Çalışmanın tek merkezli ve retrospektif olması kısıtlayıcı faktörlerdir. Ayrıca bu retrospektif çalışmada plikasyon yapılan hastalarda plikasyon sonrası diyafram hareketlerindeki değişikliğin ultrasonografik ya da floroskopik olarak incelenmemiş olması, erken plikasyon uygulanmasının gerekliliği ya da diğer bazı çalışmalarda raporlandığı gibi spontan iyileşmenin beklenebileceği konularının gri alanda kalmasına neden olmaktadır. Ancak çalışmaya alınan hastaların 1 yaş altında olması ve konjenital kalp hastalığı nedeniyle opere edildikten sonra postoperatif takip edilen hastalar olmaları nedeniyle, zaten spontan iyileşmenin beklenebileceği bir hasta grubu değildir. Bu nedenle merkezimizde tanıyı kesinleştirmede kullanılan tetkikler ile diyafram plikasyonu sonrası diyafram hareketlerinin ortaya konulduğu yeni bir çalışma tasarlanmıştır ve plikasyon gerekliliği ve zamanlaması konusunda daha objektif bilgiler sağlayacaktır.

Sonuç olarak kesin tanı konulduktan sonra diyafram felci için diyafram plikasyonu uygulaması yoğun bakım kalış süresi, solunumsal komplikasyonlar ve bunlara bağlı morbidite ve mortaliteyi, konjenital kalp cerrahisi prosedürü uygulanmış yenidoğan ve infant grubu hastalarda azaltır.

Ek

Makalenin yazılması sırasında, Glenn şanti yapılan 12 aylık bir tek ventrikül fizyolojili hasta, ekstübe ve nazal oksijen terapisi ile takip edilirken sağ diyafram felci nedeni ile opere edilerek sağ diyafram plikasyonu uygulandı. Hasta ekstübe ve nazal oksijenle takip edilirken diyafram plikasyonu kararının sebebi; hastaya

ait patolojinin tek ventrikül fizyolojisi olması ve bu hasta grubunda diyafram felcinin sistemik-pulmoner kan akış modeli üzerinde değişikliğe neden olması idi. Hasta diyafram plikasyonu sonrasında postoperatif ikinci günde nazal oksijen desteğinden de ayrıldı. Tek ventrikül fizyolojisine sahip hasta grubunda plikasyon kararının daha erken ve agresif biçimde uygulanması gerektiğini düşünmekteyiz.

Etik Kurul Onayı: Bu tek merkezli ve retrospektif çalışma, kurum iç inceleme kurulu tarafından 04/08/2023 tarih ve 489 sayılı etik kurul kararı onaylandıktan sonra Helsinki deklarasyonu prensiplerine uygun olarak yapıldı.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Çalışma için herhangi bir kurumdan finansal destek alınmamıştır.

Declaration of Conflicting Interests: No conflict of interest was declared by the authors.

Financial Disclosure: No financial support was received from any institution for the study.

KAYNAKLAR

1. Joho-Arreola AL, Bauersfeld U, Stauffer UG, et al. Incidence and treatment of diaphragmatic paralysis after cardiac surgery in children. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005; 27: 53-7.
2. Gilbert A, Wei B. Diaphragmatic plication: current evidence and techniques in the management of the elevated hemidiaphragm. *Video-assist Thorac Surg* 2023; 8: 16.
3. Yalcinkaya I, Evman S, Lacin T, et al. Video-assisted minimally invasive diaphragmatic plication: feasibility of a recognized procedure through an uncharacteristic hybrid approach. *Surg Endosc* 2017; 31: 1772-7.
4. Zhang YB, Wang X, Li SJ, et al. Postoperative diaphragmatic paralysis after cardiac surgery in children: incidence, diagnosis and surgical management. *Chin Med J (Engl)* 2013; 126: 4083-7.
5. Guillemaud JP, El-Hakim H, Richards S, et al. Airway pathologic abnormalities in symptomatic children with congenital cardiac and vascular

disease. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 2007; 133: 672-6.

6. Stone KS, Brown JW, Canal DF, et al. Long-term fate of the diaphragm surgically plicated during infancy and early childhood. Ann Thorac Surg 1987; 44: 62-5.

7. Joho-Arreola AL, Bauersfeld U, Stauffer UG, et al. Incidence and treatment of diaphragmatic paralysis after cardiac surgery in children. Eur J Cardiothorac Surg 2005; 27: 53-7.

8. Laghi FA, Saad M, Shaikh H. Ultrasound and non-ultrasound imaging techniques in the assessment of diaphragmatic dysfunction. BMC Pulm Med 2021; 21: 85.

9. Stevenson GF. Effect of unilateral diaphragm paralysis on branch pulmonary artery flow. Am Soc Echocardiogr 2002; 15: 1132-39.

10. Simsek B, Ozyuksel A, Saygi M, et al. Plication for diaphragm paralysis after paediatric cardiac surgery: a single-centre experience. Cardiol Young 2023 ;33: 2087-93.

11. Saygılı A, Mercan AŞ., Bitir N, et al. Clinical follow up of diaphragmatic paralysis in congenital heart surgery. Turkish J Thorac Cardiovasc Surg 2001; 90: 221-4.

12. Kırbaş A, Tanrıku N, Çelik S, et al. Bilateral diaphragmatic paralysis after congenital heart surgery. Turk Gogus Kalp Dama 2013; 21: 762-4.

13. Dagan O, Nimri R, Katz Y, et al. Bilateral diaphragm paralysis following cardiac surgery in children: 10-years experience. Intensive Care Med 2006; 32:1222-6.

14. Schram DJ, Vosik W, Cantral D. Diaphragmatic paralysis following cervical chiropractic manipulation: case report and review. Chest 2001; 119: 638-40.