

## Pediyatrik hastalarda cerrahi pulmoner arter kateterlerinin güvenilirliđi

### *Safety of surgical pulmonary artery catheters in pediatric patients*

Ece Salihođlu,<sup>1</sup> Mete Gürsoy,<sup>2</sup> Salih Özçobanođlu,<sup>3</sup> Süleyman Özkan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Acıbadem Üniversitesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniđi, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>Acıbadem International Hastanesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniđi, İstanbul, Türkiye

**Amaç:** Bu çalışmada cerrahi pulmoner arter kateteri takılan pediyatrik hastaların ameliyat sonrası sonuçları incelendi ve bu kateterlerin güvenilirliği irdelendi.

**Çalışma planı:** Ocak 2010 - Haziran 2012 tarihleri arasında 55 hastaya (26 erkek, 29 kız; ort. yaş 23.7±7.1 ay; dağılım 1-70 ay) cerrahi pulmoner arter kateteri yerleştirildi. Hastaların patoloji, yaş, vücut ağırlığı, pulmoner ve sistemik arter basıncı, ekstübasyon zamanı, kateter çekim zamanı, kanama miktarları, mortalite ve morbiditeleri gibi retrospektif incelemeleri yapıldı.

**Bulgular:** Hastaların ortalama vücut ağırlığı 9.0±2.8 kg idi. Ameliyat öncesi olguların tamamında sistemik basınca eşit pulmoner hipertansiyon vardı. Otuz yedi hastaya pulmoner arter kateter yolu ile iloprost intravenöz infüzyonu uygulandı. Hastaların ortalama ekstübasyon zamanı 24.5±16.6 saat olup pulmoner arter kateteri çekim zamanı ortalaması ise 45.5±19.6 saat olarak gerçekleşti. Hastalarda kateter çekimi sonrası ortalama drenaj 23.7±14.4 mL idi. Hiçbir hastada kanama nedeniyle revizyon gerekmedi. Hastalarda pulmoner arter kateterine bağlı herhangi bir komplikasyon görülmedi.

**Sonuç:** Cerrahi pulmoner arter kateteri yerleştirilmesi hem sürekli basınç izlemi hem de ilaç infüzyonu için kullanılabilen kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Bu yöntemin çocuk hastalarda ameliyat sonrası pulmoner hipertansiyon tedavisinin etkin uygulanmasında güvenli ve yardımcı bir yol olduğunu düşünmekteyiz.

**Anahtar sözcükler:** Kalp cerrahisi; kateter; doğuştan kalp hastalığı.

**Background:** This study aims to evaluate the postoperative outcomes of surgical pulmonary artery catheters in pediatric patients and to discuss the safety of these catheters.

**Methods:** Between January 2010 and June 2012, surgical pulmonary artery catheters were implanted in 55 patients (26 boys, 29 girls; mean age 23.7±7.1 months; range 1 to 70 months). A retrospective analysis of the patients for pathology, age, body weight, pulmonary and systemic arterial pressure, extubation time, catheter removal time, the amount of bleeding, mortality and morbidity was performed.

**Results:** The mean body weight of the patients was 9.0±2.8 kg. All patients had preoperative pulmonary hypertension which was equal to systemic pressure. Thirty-seven patients received iloprost intravenous infusion via a pulmonary artery catheter. The mean extubation time was 24.5±16.6 hours, while the mean time for pulmonary artery catheter removal was 45.5±19.6 hours. The mean drainage following catheter removal was 23.7±14.4 mL. None of the patients required any revision due to bleeding. No pulmonary artery catheter-related complication was observed in the patients.

**Conclusion:** Surgical pulmonary artery catheterization is a simple technique which can be used for both continuous pressure monitorization and drug infusion. We conclude that this is a safe and contributing method for an effective management of postoperative pulmonary hypertension in pediatric patients.

**Key words:** Cardiac surgery; catheter; congenital heart defect.



Doğuştan kalp hastalıklarına bağlı pulmoner hipertansiyon çocukluk çağında görülen olguların yaklaşık yarısını oluşturur.<sup>[1]</sup> Bu hasta grubunda ameliyat öncesi ve sonrasında pulmoner arter basıncının doğru ve sık ölçümü tedavinin başarısı açısından önemlidir. Pulmoner arter basıncı izleminde yetişkin hastalarda perkütan teknikle transjuguler yerleştirilen pulmoner arter kateteri kullanılırken bu teknik hem tüm yaş ve ağırlıktaki çocuklara uygun kateter olmaması hem de doğuştan kalp hastalarının patolojik anatomik özellikleri nedeniyle tercih edilmemektedir. Ameliyat sırasında doğrudan sağ ventrikül çıkım yolu (SVÇY)'na kateter yerleştirilmesi ise özellikle kateter çekimini takiben kanama komplikasyonu endişesi nedeniyle yaygınlık kazanmamıştır.<sup>[2]</sup>

Kliniğimizde pulmoner hipertansiyonu olan olgular da basınç monitörizasyonu ve ilaç infüzyonu amacıyla SVÇY üzerinden yerleştirilen pulmoner arter kateteri kullanılmaktadır. Bu çalışmada ameliyat esnasında pulmoner arter kateteri takılan pediatrik olguların ameliyat sonrası seyrini inceleyerek pulmoner kateterin güvenilir kullanımını irdeledik.

## HASTALAR VE YÖNTEMLER

Ocak 2010 - Haziran 2012 tarihleri arasında kliniğimizde ameliyatı gerçekleştirilen 723 doğuştan kalp hastası geriye dönük olarak incelendi. Elli beş hastaya (26 erkek, 29 kız; ort. yaş 23.7±7.1 ay; dağılım 1-70 ay) SVÇY üzerinden pulmoner arter kateteri yerleştirildiği görüldü (%7.6). Pulmoner arter kateteri takılan 55 hastanın ameliyat öncesi tanı özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

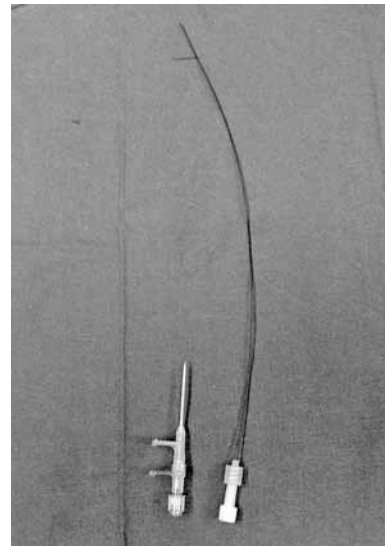
Kliniğimizde ameliyat öncesinde pulmoner hipertansiyonu olan hastalarda düzeltme işlemi sonrasında kardiyopulmoner baypas sonlandırıldıktan sonra hasta tam sedasyon ve derin anestezi altında %100 oksijenle hiperventilyasyonda iken doğrudan pulmoner arter basıncı rutin olarak ölçülmektedir. Bu ölçüm sırasında ortalama pulmoner basıncı sistemik ortalama basın-

cın %50'sinden yüksek olan hastalara cerrahi olarak SVÇY üzerinden pulmoner arter kateteri uygulanmaktadır.

### Cerrahi teknik

Pulmoner kateter olarak Seldinger yöntemi ile yerleştirilen bir adet mandrenli kılıf ve içinde kılavuz teli olan radyopak özellikli 25 cm uzunluğunda bir kateter içeren seti (18G Cavafix® MT B. Braun Melsungen AG Germany) kullanıldı (Şekil 1). Sağ ventrikül çıkım yoluna 5/0 polipropilen ile kese ağzı dikişi konulmasının ardından önce mandrenli kılıf daha sonra kılıf içinden kılavuz telli kateter geçirilmesinin ardından boyu pulmoner kapağın 1 cm üzerinde olacak şekilde kesilerek ayarlandı (Şekil 2). Kese ağzı dikişinin orta noktasından mandren geçirildi. Oluşturulan bu yoldan içinde kılavuz tel olan pulmoner kateter yollanarak ana pulmoner arter içine ulaşması sağlandı (Şekil 3). Kese ağzı dikişi bağlandı. Kateter üçlü musluk ile basınç hattına ve perfüzyon hattına bağlanarak hem basınç izleminde hem de bazı hastalarda ilaç uygulamasında kullanıldı.

Hastaların yoğun bakım seyrinde ekstübasyon zamanları, inotrop, sedatif ve pulmoner vazodilatör dozları pulmoner basınç izlemi dikkate alınarak düzenlendi. Kateterin radyopak olması sayesinde yeri telekardi-yografi ile takip edildi (Şekil 4). Pulmoner arter kateteri hastaların ekstübe olmasının ardından minimum 24 saat hemodinamik izlemi takiben çekildi. Kateter çekimi kararı verildikten sonra basınç ölçümü sonlandırılarak heparinli yıkama kesildi. Hastadan arter kan gazı örneği alınarak asit baz dengesi, hematokrit ve laktat seviyesi, pıhtılaşma testleri, trombosit sayısı kontrol edildi. Hastanın sedasyonu intravenöz 0.05 mg/kg midazolam



Şekil 1. Mandrenli kılıf ve kılavuz telli tek lümenli radyopak kateter seti.

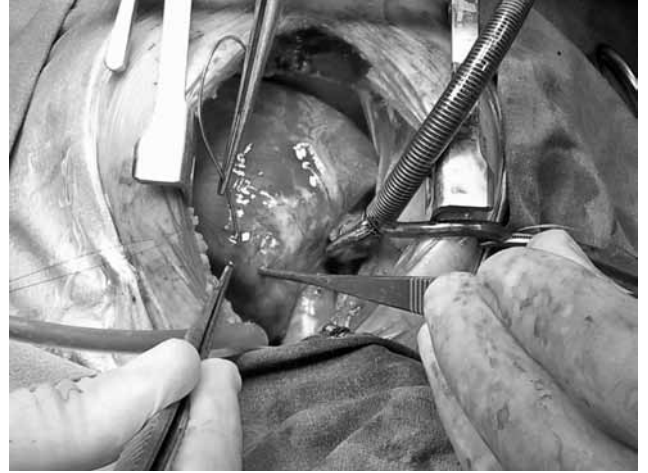
Tablo 1. Hastaların tanısal dağılımı

Patoloji	Sayı	Yüzde
Ventriküler septal defekt	26	47.4
Atriyoventriküler septal defekt	19	34.6
VSD + subaortik stenoz	2	3.6
Büyük arter transpozisyonu + VSD	2	3.6
Trunkus arteriozus	2	3.6
VSD + patent duktus arteriozus	2	3.6
Total anormal pulmoner venöz dönüş	1	1.8
Çift çıkışlı sağ ventrikül + VSD	1	1.8
<i>Toplam</i>	55	100

VSD: Ventriküler septal defekt.



Şekil 2. Kateterin boyunun belirlenmesi.



Şekil 3. Kateterin sağ ventrikül çıkış yoluna yerleştirilmesi.

ile sağlandı ve sonrasında kateter sık ve kısa hamlelerle çekildi. Kateter çekildikten bir saat sonra kontrol kan örneği alınarak parametreler kontrol edildi. Taşikardi, sistemik hipotansiyon veya hematokrit düşmesi olan hastalar için telekardiyografi ile mediasten genişliğinin kontrolü öngörüldü. Kanama olmayan hastaların mediasten drenlerinin kateterin çıkarılmasını takiben dördüncü saatte çekilmesi planlandı.

Retrospektif olarak hastaların ortalama yaş, ağırlık, tanıları, ekstübasyon zamanı, pulmoner arter basınçları, kateter çekim zamanı, kanama miktarı, pulmoner hipertansif kriz sayısı, katetere veya pulmoner hipertansiyona bağlı mortalite verileri incelendi.

## BULGULAR

Hastaların ortalama ağırlıkları  $9.0 \pm 2.8$  kg, (dağılım; 3.4-22 kg) ortalama pulmoner arter basınçları  $58.3 \pm 16.7$  mmHg olup, ortalama sistemik basınçları

ise  $63.9 \pm 14.1$  mmHg idi. Ameliyat bitiminde pulmoner arter basıncı/sistemik basınç  $>0.6$  olan 37 hastaya (%67.7) pulmoner arter kateteri yoluyla prostoglandin E1 infüzyonu başlandı. Olguların 11'inde hemodinamik instabilite nedeniyle sternum ameliyat sonrası 24. saatte kapatıldı. Hastaların ortalama ekstübasyon zamanı  $24.5 \pm 16.6$  saat idi, pulmoner arter kateteri çekim zamanı ortalaması ise  $45.5 \pm 19.6$  saat olarak gerçekleşti. Kateterin çekilmesi sırasında kaydedilen son ortalama pulmoner arter ve sistemik arter basınçları sırasıyla ortalama  $22.9 \pm 5.2$  ve  $63.8 \pm 7.1$  mmHg idi. Hastaların tamamında kateter çekimi öncesi pıhtılaşma testleri ve trombosit sayıları normal sınırlarda idi. Hastalarda kateter çekimi sonrası dört saatlik takip süresinde toplam kanama miktarı ortalama  $23.7 \pm 14.4$  mL olarak tespit edildi. Hiçbir olguda kanama nedeniyle revizyon gerekmedi. Bu çalışmada pulmoner arter kateterine bağlı herhangi bir komplikasyon görülmedi. Ameliyat sonrası yoğun bakım izleminde hastaların 14'ünde (%25.4) takipte en az bir kez pulmoner hipertansif kriz (PHK) görüldü ve uygulanan agresif antipulmoner hipertansif tedaviye yanıt alındı. Pulmoner hipertansif kriz nedeniyle mortalite izlenmedi. Hastaların taburculuk öncesinde ve 1. hafta kontrollerinde yapılan ekokardiyografilerinde perikard efüzyonu saptanmadı.

## TARTIŞMA

Çocukluk çağında pulmoner arter hipertansiyonunun en sık nedeni doğuştan kalp hastalıkları olup olguların yaklaşık olarak %50'sinden sorumludur.<sup>[1,3]</sup> Soldan sağa şanlı doğuştan kalp hastalıklarında pulmoner damar yatağındaki hipertansif değişimler hastalığın prognozu ve tedavinin sonuçları üzerinde kritik öneme sahiptir. Pulmoner hipertansiyon; Pulmoner damar yatağında artan akıma ikincil yani soldan sağa şanta bağlı dinamik ya da geri dönüşlü bileşen ve damar endotelinde



Şekil 4. Radyopak pulmoner arter kateterinin telekardiyografide görünümü.

oluşan hipertansif değişime bağlı geri dönüşsüz bileşen olmak üzere iki ayrı bileşen olarak düşünülebilir. Cerrahi düzeltme sonrası soldan sağa şantın ortadan kalkmasıyla pulmoner damar yatağındaki bileşen gerilemeye başlar. Ancak damar endotelinde oluşan reaktivite ağrı, ateş, ateletazi, efüzyon, enfeksiyon, asidoz, hiperkarbi, hipoksi gibi çeşitli uyarımlarla tetiklenerek ani gelişen vazokonstriksiyon, artmış pulmoner basınç, desatürasyon, sağ ventrikül basıncında ani artış ve kardiyovasküler çökmeyle (kollaps) seyreden pulmoner hipertansiyon krizine neden olabilir. Pulmoner hipertansiyon krizi ameliyat sonrası önemli bir mortalite nedenidir. Matsumoto ve ark.<sup>[4]</sup> 1995 yılında yayınladıkları ventriküler septal defekt onarımı yapılan 100 hastalık çalışmalarında pulmoner hipertansiyonu olan grupta ameliyat sonrası pulmoner hipertansif kriz insidansını %18 ve krizin mortalitesini ise %33 olarak bulmuşlardır. Günümüzde sildenafil, milrinon, prostaglandin E1 ve nitrik oksit gibi ilaçların kullanımı pulmoner hipertansiyon krizinin görülme sıklığını ve mortalitesini önemli ölçüde azaltmaktadır.<sup>[5]</sup> Limsuwan ve ark.<sup>[6]</sup> 12 yüksek riskli hastada pulmoner basınç izlemi altında pulmoner hipertansif kriz oluşumunu ve sonuçlarını izlemişler ve sekiz hastada (%66) ameliyat sonrası en az bir kez PHK gözlemlemişlerdir. Yazarlar prostaglandin E1 tedavisi ile mortaliteyi önlemeyi başarmışlardır.<sup>[6]</sup>

Pulmoner hipertansif krizin önlenmesi ya da durdurulmasında erken müdahale esas olduğundan sürekli pulmoner arter basıncı izlemi hayati öneme sahiptir. Kliniğimizde pulmoner arter kateteri takılan 55 hastanın ameliyat sonrası takibinde 14 hastada en az bir kez PHK izlendi ve direkt monitörizasyon sayesinde zamanında ve etkinliği takip edilebilen medikal müdahale ile hiçbir hastada buna bağlı mortalite görülmedi.

Ekokardiyografinin doğası gereği sürekli bir monitörizasyon aracı olamayacağı düşünüldüğünde doğrudan izlem yöntemleri yani pulmoner arterin basınç ölçümü amaçlı kateterizasyon ön plana çıkmaktadır. Pulmoner arter kateterizasyonunun iki temel yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki erişkin yaş grubunda daha sık kullanılan balon uçlu yüzen pulmoner arter kateteri ("swan ganz" kateteri) ile perkütan yaklaşım olup diğeri çalışmamızın konusu olan cerrahi sırasında doğrudan yerleştirilen transtorasik pulmoner arter kateterleridir. Perkütan pulmoner arter kateterinin ticari olarak en küçük ölçüsü 4F olup 5F'lik kılıfa sahiptir. Bu ölçü yaklaşık 1.65 mm'ye karşılık gelmektedir ve küçük bebekler için juguler ven çapı, pulmoner arter çapı düşünüldüğünde yetişkin hastalarda bile deneyim gerektiren bu kateterizasyon tekniğinin zorluğu ortaya çıkmaktadır. Kateter boyutu dışında doğuştan kalp hastalarının patolojik anatomisi perkütan kateterizasyonu daha da

güçleştirmektedir. Muralidhar ve ark.<sup>[7]</sup> perkütan transjuguler pulmoner arter kateteri yerleştirmeyi denedikleri 200 hastanın yalnızca 14'ünde başarılı olabilmemiş ve hastaların %93'ünde kateter ameliyat sırasında pulmoner artere sağ atriyotomi üzerinden yerleştirilmiştir. Bu yöntemin, teknik zorluk ve kateter bulunabilirliği dışında, perkütan kateterizasyonun girişim yerinde kanama ve enfeksiyon, juguler ven yaralanması, superior vena kava yaralanması, pnömotoraks, kalp tamponadı, aritmi, tromboz, embolizm ve kateter sıkışması gibi komplikasyonları bulunmaktadır. Standart santral ven kateterizasyonu komplikasyonları dışında pulmoner arter kateterinin kendine özgü ve ölümcül seyredebilecek komplikasyonları da bildirilmiştir.<sup>[8]</sup> Bunlar içinde en sık görüleni pulmoner arter rüptürü olup sıklığı %0.06 ile %0.2 arasındadır.<sup>[9]</sup> Leipzig Kalp Merkezi'nin retrospektif incelemesinde pulmoner arter kateterine bağlı bir hastada sağ ventrikül yırtılması, iki hastada pulmoner arter yırtılması ve bir hastada kateter düğümlenmesiyle karşılaşmıştır. Hastalardan biri cerrahi müdahaleye rağmen kanama nedeniyle kaybedilmiştir.<sup>[10]</sup>

Doğrudan transtorasik pulmoner arter kateterizasyonu iyi bilinen ancak sık kullanılmayan bir tekniktir. Subksifoidal bölgeden ciltten geçirilen kateter SVÇY'na konulan "purse" dikişi üzerinden pulmoner artere yönlendirilir. Flori ve ark.<sup>[2]</sup> pediatrik yoğun bakım ünitesinde ortalama 23 aylık bebeklerde uygulanan 523 transtorasik intrakardiyak kateterizasyon üzerinde yaptıkları incelemede hastaların %8.3'ünde kateter çekimini takiben girişim gerektiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada pulmoner arter ya da SVÇY kateterleri sol atriyum kateterlerinin ardından kanama sıklığı açısından ikinci en yüksek riskli kateter olarak gösterilmiştir.<sup>[2]</sup> Kliniğimizde yapılan 55 kateterizasyonda kateter çekiminin ardından hiçbir hastada kanama ya da tekrar girişim gerektiren komplikasyona rastlanmadı. Geriye dönük olarak baktığımızda her iki çalışmanın da yaklaşık olarak aynı yaş ortalamasına sahip hastaları incelediği belirlendi. Bu çalışmada hiçbir hastada komplikasyon görülmemesinin ana nedeninin kullanılan kateter çapının çok ince olması SVÇY'nin musküler bölümünden ve 45 derece açı ile musküler kısımda uzun bir yol oluşturularak yerleştirilmesi olduğu kanaatine varıldı. Diğer çalışmalarda kullanılan kateter çaplarının en küçüğü 4F (1.6 mm) boyutunda idi. Ayrıca sol atriyum veya ana pulmoner artere direkt yerleştirilen kateterlerde kanamanın daha sık görülmesinin bu dokuların yapısına bağlı olduğu düşünüldü. Sağ ventrikül infundibulumuna açılan yaklaşık 0.9 mm çapındaki delik kullanılan dikişin de etkisiyle musküler yapı sayesinde kolayca kapanmakta ve kanamaya neden olmamaktadır.

Doğrudan kateterizasyon tekniğinin perkütan tekniğe göre önemli bir üstünlüğü kateterin görecelik takılması ve yerleşiminin herhangi bir görüntüleme yöntemi olmaksızın kontrol edilebilmesidir. Göğüs kapandıktan sonra ise kateterin radyopak özelliği ile rutin radyolojik incelemelerde kolayca görülebilmektedir. Bir diğer önemli fark ise kateterin pulmoner artere ulaşması için herhangi bir damar içinden geçirilmesi gerekmemesidir. Böylece geçilmesi gereken damar yolundaki; Tromboz, ven yaralanması, ayrıca cerrahi sırasında görülerek mediasten boşluğundan konulduğundan pnömotoraks, atriyal aritmi, pulmoner arterin delinmesi gibi komplikasyonlardan uzaklaşmaktadır.

Bu çalışmada pulmoner arter kateterinin hastada kalış süresinin üç günden kısa olmasının da oluşabilecek sorunlardan korunmada önemli bir etken olduğu düşüncesindeyiz. Literatürde kateterin uzun süreli kullanımının tromboz, enfeksiyon ve fonksiyon bozukluğunda etken olduğu gösterilmiştir.<sup>[2]</sup>

Doğrudan pulmoner arter kateteri basınç izlemi işlevinin dışında standart santral venöz kateter gibi kullanılabilir. Birçok çalışmada transtorasik olarak takılan kateterlerin ilaç veya parenteral nutrisyon için de kullanıldığı bildirilmiştir.<sup>[11,12]</sup> Bu çalışmada da pulmoner arter kateteri 37 hastada prostaglandin E1 infüzyonu için kullanıldı. Bu şekilde farklı hat kullanarak ilaç etkileşimi riskinden de uzaklaşıldı.

Sonuç olarak, pediatrik hasta grubunda transtorasik pulmoner arter kateterizasyonu uygulaması kolay bir tekniktir. Bu teknik sürekli ve doğru basınç izlemi sağlayarak, yoğun bakımda pulmoner hipertansiyon tedavi stratejisinin belirlenmesinde ve başarısında yardımcı güvenli bir araçtır. Bu çalışmanın sonuçlarının cerrahi sonrası PHK riski olan pediatrik hastalarda uygun kateter seçimi ve uygulaması ile cerrahi pulmoner arter kateterizasyonunun daha yaygın kullanılması için cesaret verici olduğunu söyleyebiliriz.

### Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

### Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

## KAYNAKLAR

1. Olguntürk R. Pediatric pulmonary hypertension and pulmonary arterial hypertension secondary to congenital heart diseases. [Article in Turkish] *Anadolu Kardiyol Derg* 2010;10 Suppl 1:50-6. doi: 10.5152/akd.2010.119.
2. Flori HR, Johnson LD, Hanley FL, Fineman JR. Transthoracic intracardiac catheters in pediatric patients recovering from congenital heart defect surgery: associated complications and outcomes. *Crit Care Med* 2000;28:2997-3001.
3. Fasnacht MS, Tolsa JF, Beghetti M; Swiss Society for Pulmonary Arterial Hypertension. The Swiss registry for pulmonary arterial hypertension: the paediatric experience. *Swiss Med Wkly* 2007;137:510-3.
4. Matsumoto M, Naitoh H, Higashi T, Kurasako T, Takatori M, Tada K, et al. Risk factors for pulmonary hypertensive crisis (PHC) following VSD repair in infants. *Masui* 1995;44:1208-12. [Abstract]
5. Rimensberger PC, Spahr-Schopfer I, Berner M, Jaeggi E, Kalangos A, Friedli B, et al. Inhaled nitric oxide versus aerosolized iloprost in secondary pulmonary hypertension in children with congenital heart disease: vasodilator capacity and cellular mechanisms. *Circulation* 2001;103:544-8.
6. Limsuwan A, Wanitkul S, Khosithset A, Attanavanich S, Samankatiwat P. Aerosolized iloprost for postoperative pulmonary hypertensive crisis in children with congenital heart disease. *Int J Cardiol* 2008;129:333-8.
7. Muralidhar K, Dixit MD, Shetty DP. A safe technique to monitor pulmonary artery pressure during and after paediatric cardiac surgery. *Anaesth Intensive Care* 1997;25:634-6.
8. Chen LC, Huang PH. Entrapment of a Swan-Ganz catheter. *J Chin Med Assoc* 2007;70:213-4.
9. Sekkal S, Cornu E, Christidès C, Laskar M, Serhal C, Ghossein Y, et al. Swan-Ganz catheter induced pulmonary artery perforation during cardiac surgery concerning two cases. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1996;37:313-7.
10. Bossert T, Gummert JF, Bittner HB, Barten M, Walther T, Falk V, et al. Swan-Ganz catheter-induced severe complications in cardiac surgery: right ventricular perforation, knotting, and rupture of a pulmonary artery. *J Card Surg* 2006;21:292-5.
11. Freeman R, Hjersing N, Burrigge A. Catheter tip cultures on open-heart surgery patients: associations with site of catheter and age of patients. *Thorax* 1981;36:355-9.
12. Dong MF, Ma ZS, Ma SJ, Chai SD, Tang PZ, Yao DK, et al. Effect of prostaglandin E1 on pulmonary arterial hypertension following corrective surgery for congenital heart disease. *J Cardiovasc Pharmacol Ther* 2012;17:303-7. doi: 10.1177/1074248411429966.