

개심술 후 저류공기의 효과적인 제거를 위한 동정맥도관의 설치

정 성 윤* · 김 종 원* · 박 준 호*

Arterio-Venous Line Connection for Effective Intracardiac Deairing after Open Heart Surgery

Sung Woon Chung, M.D.*, Jong Won Kim, M.D.*, Jun Ho Park, M.D.*

Background: Deairing from the heart after open heart surgery(cardiopulmonary bypass) is a very important procedure. Artificial arteriovenous fistula was used to remove air, and the efficiency was evaluated by transesophageal echocardiography. **Material and Method:** Just before termination of cardiopulmonary bypass, a standard pressure transducer line is connected between the stopcocks of the connections in the arterial and venous circuits, creating a small controlled arteriovenous fistula between the arterial and venous cannulas. The degree of intracardiac air and air removal time were evaluated either by transesophageal echocardiography or direct vision of pressure transducer line. **Result:** By simple procedure, cardiopulmonary time was shortened and air clearing can be confirmed using echocardiography in a few minutes. **Conclusion:** Creation of arteriovenous fistula using small connecting line between aortic and venous cannula is a very simple and effective method of deairing and preventing of air embolism after open heart surgery.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2003;36:834-838)

Key words: 1. Embolism, air
2. Embolism
3. Arteriovenous fistula
4. fistula

서 론

심폐바이패스, 특히 개심술로 인하여 생기는 심장 내의 공기저류는 필연적이며 제거하지 않으면 심각한 위험에 빠질 수가 있다. 저류된 공기는 심장수술이 종료되고 다시 전신순환이 시작되면 심장을 빠져나와 모든 동맥의 공기색전을 유발하기 때문이다. 그러므로 저류공기는 적절한 방법에 의해 반드시 제거해야 하며, 여러 방법이 있겠지만 수술 중에는 심장초음파로서 공기의 존재를 확인할 수 있다.

공기제거의 방법이나 순서는 외과의사에 따라 약간씩 다르나 그 원칙은 잘 확립되어 있다[1]. 즉 절개창의 봉합 전에 심장을 충만하게 해서 숨어있는 공기를 없애주며, 동맥으로의 박출이 되기 전에 심장 내 잔존 공기를 흡인하며, 간헐적 폐 팽창으로 폐정맥으로부터의 공기 배출을 유도하고, 상행대동맥에 거치한 주사침이나 도관으로 혈액을 지속 흡인하여 심장이나 폐정맥에 남아 있을 수 있는 모든 공기를 없애 주도록 해야 한다.

술 중 시행하는 경식도심초음파검사가 대부분의 심장수술에 보편적으로 적용된 뒤 심장내 공기의 저류를 확인

*부산대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Pusan National University, Busan, Korea

논문접수일 : 2003년 6월 16일, 심사통과일 : 2003년 9월 5일

책임저자 : 김종원 (602-739) 부산시 서구 아미동 1가 10

(Tel) 051-240-7264, (Fax) 051-243-9389, E-mail: jwkim@pusan.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

할 수 있고 그 제거가 용이하지 않음이 확인되면서 좀 더 쉽고 확실하게 잔존공기의 제거가 강조되었다[2].

부산대학교병원에서는 1998년부터 심장수술 시에 경식도심장초음파가 마취의에 의해 시행되고 있으며 Salzano와 Khachane[3]가 고안한 공기제거술에 기초하여 본병원의 심장수술과 심폐바이패스의 방법에 맞추어 시행한 동정맥도관 설치법의 공기제거의 효과를 분석해 보았다.

대상 및 방법

1) 대상 환자

2000년 1월 1일부터 2001년 6월 31일까지 부산대학교병원에서 시행한 심폐바이패스하에 심장을 절개하는 수술 중에서 심장판막치환을 한 12예에서 동정맥도관을 설치한 환자를 대상으로 하였으며 승모판막치환술이 6예, 대동맥판치환술이 4예, 중복판막치환술이 2예였다.

대상환자는 모두 성인이었고 41세에서 66세였으며 남자 5예, 여자 7예였다.

2) 시술 방법

전신적인 heparin 투여 후 먼저 동맥관을 상행대동맥에 삽입하고 심폐바이패스회로에 Gish Biomedical connector (Irvine, CA 3/8 inch×3/8 inch) with Luer-Lock 연결관으로 3 way 마개(stopcock)를 설치한다. 정맥캐놀라는 직접 상대정맥 혹은 우심방을 통한 상대정맥캐놀라와 우심방을 통한 하대정맥캐놀라를 따로 삽입시키고 역시 Gish Biomedical connector with Luer-Lock을 연결시키고 옆에 3 way 마개를 설치한다. 대동맥근부(aortic root)에 심정지액 주사침을 거치하고 우폐정맥을 통하여 vent카테터를 삽입한다. 심폐바이패스가 시행되고 혈성심정지액을 투입한 다음 심장판막수술이 시행된다. 수술이 완료되면 심장 내에 혈액을 채우고, 마취의의 도움으로 수차례의 양압 폐환기를 시행하여 폐로부터의 공기를 제거하도록 하면서 절개창을 봉합하고 대동맥차단의 해제까지 vent카테터를 통한 흡인과 대동맥근에 설치한 심정지액 카테터를 통해 흡인하여 눈에 보이는 모든 공기를 배출시킨다. 경식도초음파로써 심장 내의 잔존공기를 측정하면서 뚜렷한 양의 공기가 제거되었다고 확인되면 대동맥근 카테터를 제거한다.

심폐바이패스 완료 직전에 표준 압력변환선(standard pressure transducer line)으로 먼저 설치해 둔 심폐바이패스의 동맥과 정맥회로의 3 way 마개에 연결한다. 마개를 풀면 대동맥과 정맥 사이의 작은 동정맥루가 만들어지는 셈

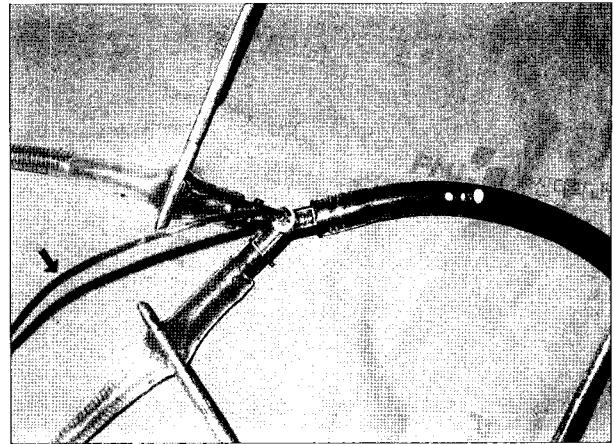


Fig. 1. Intraoperative connection for the controlled arteriovenous fistula with standard pressure transducer line (black arrow).

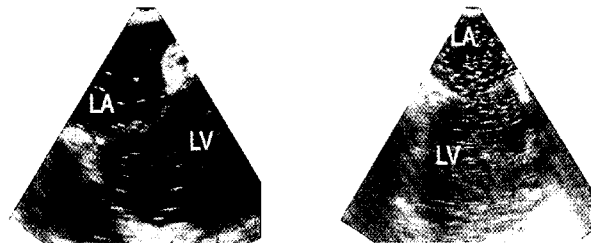


Fig. 2. Intraoperative transesophageal echocardiographic study during the period after termination of cardiopulmonary bypass in a patient undergoing aortic valve replacement. Grade 1 (Left), grade 2 (Right). LA=Left atrium; LV=Left ventricle.

이다(Fig. 1). 심폐바이패스를 중단하고 정맥선(venous line)을 pump쪽에서 차단하면 심장이 충만하고 심장박출이 되면서 대동맥 삽입관으로부터 동정맥루의 역할을 하는 표준 압력변환선을 통한 정맥선으로 가는 작은 공기 방울을 볼 수 있다. 수분 후에는 공기방울이 정맥선으로 들어가 없어지는데 이 때 표준 압력변환선을 제거한다.

3) 심장 내의 공기저류 확인

심장 내의 공기저류는 수술 중 경식도초음파로서 공기방울의 반사영상으로 쉽게 확인할 수 있는데 Tingleff 등 [4]이 임의로 정하여 사용하고 있는 방법을 사용하였다. 저류 공기의 양을 0에서 2도로 나누고 0도는 반사영상이 없는 것, 1도는 초음파상 공기반사음영이 우세하지 않은 것, 2도는 우세한 것으로 나누었다(Fig. 2). 경식도초음파(Aloka Color Doppler SSB-870, Aloka, Japan) 감시는 5

Table 1. Intraoperative echocardiographic air detection time (minutes) to grade 1 after aortic clamp release and termination of cardiopulmonary bypass

Patient No	Valve procedure	Air detection time after ACC release	Last episodes of air after CPB T	Air detection in circuit after CPB T
1	Mitral + Tricuspid	10	4	-
2	Double	5	3	+
3	Aortic	10	0	-
4	Mitral	10	3	-
5	Mitral + Tricuspid	15	5	++
6	Mitral + Maze	10	3	+
7	Aortic	10	4	-
8	Double	15	4	+
9	Double	5	0	-
10	Mitral	10	0	-
11	Mitral + Maze	10	3	+
12	Aortic	10	2	-
Mean ± SD		10.0 ± 3.0	2.6 ± 1.7	

ACC=Aortic cross clamp; CPB T=Cardiopulmonary bypass termination.

chamber view에 고정하여 시행하였다. 그 시기는, 환자의 머리를 아래로 하게 한 후 대동맥차단 해제 이후 먼저 설치한, 폐정맥을 통한 좌심 vent와 대동맥근의 심정지액 삽입관을 열어 공기 vent로서 심장 내의 공기제거를 하는 도중에 일차적으로 검사하여 반사영상이 나타나는 시간에 따른 추이를 보고, 공기반사음영이 현저히 줄어 1도 미만 이 되었을 때 심폐바이패스를 마치고 이상의 두 vent를 제거하며 상기에 설명한 동정맥루를 만든 압력변환관을 폐쇄시킨 다음 초음파촬영을 지속적으로 하여 공기 반사음영이 나타날 때까지의 기간을 측정하였다. 동정맥도관은 심장 내의 공기저류가 초음파반사음영이 1도미만인 것을 확인한 후 폐쇄시키고, 도관을 관감자(line holder)로서 1~2 분간 두드리고 난 뒤에 3.5배의 수술용 확대경으로서 동맥 및 정맥삽입관과 압력선 내에서 공기유무를 확인하였으며, 전혀 발견할 수 없으면 -, 작은 방울이라도 보이면 +, 미세공기방울이 10개 이상의 많은 공기 방울이 확인 되면 ++로 정하였다.

수술 이후는 2일부터 일반적인 판막 수술과 마찬가지로

warfarin으로 2.0~3.0의 국제표준화율(international normalized ratio)의 prothrombin time을 맞추면서 임상경과를 관찰 하였다.

결 과

대동맥차단을 해제하고 우폐정맥을 통한 vent와 대동맥 근에 설치한 심정지액 카테터를 통한 vent로서 심장 내의 저류공기를 일차적으로 제거하면서 경식도초음파로 1도 까지 공기의 저류를 확인한 시간은 5분에서 15분까지였으며, 5분에서 2예, 8예에서 10분, 2예에서 15분으로 평균 10 분이였다. 잔존 공기가 1도 이하가 되었을 때 vent선을 차단하고 심폐바이패스를 종료하고 체순환을 시키면서 다시 경식도초음파로서 공기가 1도 이상 확인된 시간은 0에서 10분까지였으며 그동안 순환시킨 동정맥도관은 폐쇄시키고, 도관 내의 공기방울을 수술용 loupes로 확인된 것은 4예에서 +, 1예에서는 ++였다(Table 1).

수술 후 10일 전후로 모든 환자는 퇴원하였으며 퇴원 시의 신경학적인 검사상으로 별다른 이상은 한 사람도 발견할 수 없었다.

고 찰

심장을 절개하는 수술은 심폐바이패스로써 가능해졌다. 그런데 심폐바이패스의 가장 심각한 위험은 공기전색이며 '공기야말로 심장수술의 독이다.'라는 말이 있을 정도 이다[5]. 그러므로 심장수술의 초기 단계부터 이에 대한 연구가 행해졌으며, 바이패스 중에는 공기전색을 예방하기 위한 다양한 주의와 기술이 동원되고, 회로 내의 여파기(filter)와 여러 가지의 안전장치가 설치되어 운용되고 있다.

그러나 수술 중에 절개창으로 들어간 공기가 심장 내에 저류되어 있으면 이것이 심장 밖으로 동맥을 따라 나와 공기전색을 일으켜 다양하고 심각한 증상을 유발시킨다. 그러므로 심장수술을 할 때 심폐바이패스회로의 공기제거가 필수적일 뿐 아니라, 절개창을 닫기 전에 반드시 심장 내의 공기는 제거되어야 하며 또한 폐혈관계에서의 공기 저류나 심폐바이패스의 회로의 작은 미세공기를 제거하기 위한 노력과 시간이 필요하다. 그렇지만 공기의 제거는 어렵고 특히 좌측심장이 공기에 노출되는 수술이나 조작은 항상 전색의 위험성이 따른다. 그래서 최근에는 여러 가지의 방법이 동원되지만, 대체로는 심장 내에 충분한 혈액을 충만하게 하고 심장을 부드럽게 마사지하며

체위변화로 공기가 위로 가게 하면서 다양한 부위의 vent 선이나 주사침으로 공기를 제거하게 된다. 그러나 심장 내의 공기는 경식도초음파의 수술 중의 운용으로 보다 명확히 알게 되었으며 이것으로 확인된 바에 의하면 여태 사용한 방법으로는 지속적인 공기가 잔존하였다.

그래서 잔존 공기를 어떻게 효과적으로 제거할 수 있을 까 하는 것이 새로이 대두되게 되었고 무한정 심폐바이패스 시간을 연장할 수 없는 개심술에서는 비교적 간단하고 효과적인 방법이 고안되어야 한다. 영국의 Chaudhuri 등 [5]은 기존의 Massetti 등[7]의 복잡성을 단순화시켜 심폐바이패스 이후 관상동맥의 공기전색의 치료로, 심폐바이패스 완료 이후에 다시 전 심폐바이패스(total cardiopulmonary bypass)를 시작하고 50 ml의 주사기를 바로 세워서 3 way Luer-Lock을 대동맥근 삽입관에 연결하여 혈액을 빼내고 대동맥차단을 다시 시킨 연후에 뽑았던 혈액을 대동맥근 외부 쪽으로 밀어 넣어 관상동맥 내의 공기를 정맥계로 밀어 넣어 없애는 방법으로 간단히 치료했다고 하는데 이것은 만약 관상동맥의 공기전색이 없다면 필요없는 조치이며 시간만 낭비하는 조작이라 생각되어 항상하기에는 당서켜진다. 또한 최근에 수술 중의 경식도초음파뿐 아니라 직접 변환기(transducer)를 소독하여 심장 표면에 부착하여 심장 내의 공기를 확인하여 우심방-심실중격-좌심실의 경로로 큰 주사침을 이용하여 심장을 충만시키면서 공기와 혈액을 흡인하여 제거하는 비교적 확실하고 안전한 방법이 Diehl 등[8]에 의해 고안되고 발표되었으나 주사침의 합병증을 완전히 없앨 수도 없으며 초음파기기의 소독과 사용이 문제가 될 수 있으므로, Salzano 등[3]이 소개한 간단한 방법의 효과를 시험해 보기로 하였다. 이 방법은 심폐바이패스의 동맥선과 정맥선을 압력변환선으로 간단히 Luer-Lock 3 way로 연결하여 심폐바이패스가 끝난 후 동정맥루의 효과를 살려서 심장 내의 저류 공기가 동맥계로 가지 않고 정맥계로 가서 희석되는 원리이며, 먼저 설치된 좌심실 및 대동맥 vent만으로 심장 내에 남아 있는 공기뿐 아니라 폐혈관계에 붙어 있는 공기를 완전히 제거할 수 있을까를 추적해보았다. 심장 내의 공기의 발견은 무게 1 kg당 0.001 ml의 공기를 좌심실에 주사하고서도 초음파로서 확인할 수 있으며, 2~125 μ m의 작은 소기포까지 찾아낼 수 있다고 하며 수술실 내에서 수술 중의 경식도초음파의 운용으로 심폐바이패스 중이나 이후에도 심장 내의 공기가 용이하게 추적되고 관찰된다.

이 장치는 이미 설치한 동맥관과 정맥관을 압력변환선으로 간단히 Luer-Lock으로 연결만하면 되므로 시술에는

전혀 어려운 문제가 없다. 한편 초음파로서 심장 내의 공기의 확인은 이것을 설치했을 때나 안 했을 때나 차이가 있을 수 없었으며, Tingleff 등[4]이 소개한 초음파로서의 공기 양을 0에서 2도로 나눠 조사한 바에 의하면 심폐바이패스의 완료직전까지 1도 미만까지 남아 있었던 시간은 5분에서 15분이었고 평균 10분이었다. 이 때까지는 공기전색의 위험성을 줄이기 위하여 체위변화뿐 아니라 심장의 마사지, vent 선의 위치변화와 흡인 등으로 물리적인 방법을 사용해보다가 심폐바이패스를 완료한다. 그 뒤에 다시 초음파로서 심장 내의 공기가 남아있는 시간을 조사한 바에 의하면 완료된 뒤 0~5분에서 발견될 수 있었고 평균 2.5분까지 잔류하였다. 이것은 일반적인 심장수술 이후에 공기의 제거를 위하여 각종의 vent나 공기제거방법은 최소한 10분은 지속되어야 하는 것을 시사하며 심폐바이패스 완료 이후에도 심장 내의 여러 곳이거나 폐혈관계의 잔존 공기방울이 5분까지, 평균 2.5분까지 심장 내로 흘러 들어와 존재할 수 있다는 것을 의미한다. 이런 공기방울 역시 완전히 제거되어야만 공기전색이 완전히 예방될 수 있을 것으로 생각되며 실제로 이런 미세공기방울은 새로 설치한 동정맥루로서 이 공기방울이 제거되는가를 객관화시키는 데는 새로운 장치 내에서 미세공기방울을 확인하는 일이 대단히 중요한 과정이라 생각되어 양쪽의 도관을 폐쇄시킨 다음 관찰자로서 몇 번 두드려 미세공기가 있는지를 확인한 바, 4예에서 확인할 수 있었고 특히 1예에서는 미세 공기방울이 10개 이상이 있는 것이 확인되었다. 이것은 심폐바이패스 이후에도 새롭게 심장 내로 흘러 들어왔거나 잔존했던 심장 내의 공기방울이 새로운 동정맥관으로 흘러 들어 갈 수 있다는 것을 의미하고 그 시간은 최소한 심장 내에 공기가 관찰될 수 있었던 5분은 지속되어야 할 것임을 시사한다. 한편 이런 방법으로 공기제거를 한 환자에게는 수술이후 퇴원시까지 아무런 뇌혈관증상이 발견되지 않았으므로 뇌공기전색은 1예도 없었으며 이로 미루어 보면 간단한 조작과 추가비용이 더 들지 않는 동정맥루 형성으로의 공기제거 효과는 탁월하다고 할 수 있다.

결 론

심장수술에서 심폐바이패스 완료 이후에 동정맥관을 연결하여 동정맥루의 효과는, 쉽고 간단한 시술이며 수술 재료비나 수술비용이 거의 들지 않으며 잔존심장 내의 저류 공기를 제거하는 데에 대단히 효과적이며 짧은 시간에

완료될 수 있다.

참 고 문 헌

1. Kirklin JW, Barratt-Boyes BG. *Cardiac Surgery*. 2nd ed New York: Churchill Livingstone. 1993.
2. Topol EJ, Humphrey LS, Borkon AM, et al. *Value of intraoperative left ventricular microbubbles detected by transesophageal two-dimensional echocardiography in predicting neurologic outcome after cardiac operations*. Am J Cardiol 1985;56(12):773-5.
3. Salzano RP Jr, Khachane VB. *Simple system for deairing the heart after cardiopulmonary bypass*. Ann Thorac Surg 1996;62(5):1537-8.
4. Tingleff J, Joyce FS, Pettersson G. *Intraoperative echocardiographic study of air embolism during cardiac operations*. Ann Thorac Surg 1995;60(3):673-7.
5. Roe BB. *Air is the bane of cardiac surgery*. In: Robicsek F, Duncan GD. *Retrograde air embolization in coronary operations*. J Thorac Cardiovasc Surg 1987;94(1):110-4.
6. Chaudhuri N, Hickey MS. *A simple method of treating coronary air embolism after cardiopulmonary bypass*. Ann Thorac Surg 1999;68(5):1867-8.
7. Massetti M, Babatasi G, Khayat A. *Enhanced air removal from coronary circulation during cardiac operations*. J Thorac Cardiovasc Surg 1998;115(1):264.
8. Diehl JT, Ramos D, Dougherty F, Pandian NG, Payne DD, Cleveland RJ. *Intraoperative, two-dimensional echocardiography guided removal of retained intracardiac air*. Ann Thorac Surg 1987;43(6):674-5.

=국문 초록=

배경: 개심술 후 공기 제거는 매우 중요한 기술이다. 그러나, 심장 내의 공기 분포, 시술로 인한 합병증, 심폐바이패스의 시간 연장으로 여전히 제한적이다. 인위적으로 동정맥루를 만들어 공기를 제거하고 그 효과를 경식도초음파로 확인하였다. 대상 및 방법: 심폐바이패스 완료 직전에 압력표준변환선을 동맥과 정맥회로에 설치해둔 마개에 연결하면 동맥과 정맥 사이에 작은 동정맥루가 형성된다. 심장 내의 공기정도와 공기제거시간은 경식도 초음파와 압력표준변환선으로 확인하였다. 결과: 간단한 방법으로 심폐바이패스의 시간단축, 수분 내에 공기가 제거되는 것을 경식도초음파로 확인하였다. 결론: 동맥과 정맥 사이에 작은 연결관으로 동정맥루를 만드는 것은 매우 간단하며 개심술 후 공기제거와 공기색전증 예방에 효과적인 방법이다.

- 중심 단어 : 1. 공기색전증
2. 색전증
3. 동정맥루
4. 루