

체외순환후 좌심실내 공기방울의 제거속도에 영향을 미치는 인자들

연세대학교 의과대학 마취과, 심장혈관센터 연구소
*인하대학교 의과대학 마취과학교실

곽영란 · 홍용우 · 유은숙 · 방서욱
이 춘 수* · 강 상 화 · 김 명 옥

- Abstract -

Factors Affecting the Length of Time to Remove the Air Bubble in Left Ventricle Detected by Echocardiography after Cardiopulmonary Bypass

Young-Lan Kwak, M.D., Yong-Woo Hong, M.D., Eun-Sook Yoo, M.D.
Sou-Ouk Bang, M.D., Choon-Soo Lee, M.D., Sang-Wha Kang, M.D.
and Myoung-Ok Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei Cardiovascular Center and
Research Institute, Yonsei University College of Medicine
*Department of Anesthesiology, Inha University College of Medicine

Background: Air trapped in left ventricle(LV) after cardiopulmonary bypass(CPB) is a major source of air embolism. We tried to measure the length of time(T) to remove the air bubbles from release of aortic cross clamp(ACC) and to find the factors affecting the length of time.

Methods: With Institutional Review Board(IRB) approval, 125 patients undergoing valvular replacement and repair of atrial septal defect(ASD) were included in this prospective study. After induction of anesthesia, a 5-MHz phased-array transesophageal echocardiographic(TEE) probe was inserted into the esophagus and then connected to the TEE system. TEE was continuously monitored from the time of release ACC to the end of operation. And the length of time from release of ACC to disappearance of the air bubbles in LV was recorded.

Results: The mean T was 27.5 ± 12.0 minutes and was statistically longer in patients undergoing mitral valve replacement than in patients with ASD. There was significant difference in T between surgeon 1 and surgeon 2. In patients with atrial fibrillation(A-fib) the air bubbles were removed more slowly than in patients with normal sinus rhythm preoperatively and there was negative correlation between preoperative ejection fraction(EF) and the length of time to remove air bubbles($r = -0.23$).

Conclusions: Careful management to remove the air bubbles from the LV after release of ACC is required in patients with low EF or A-fib preoperatively and surgeon's attention is required because they are the important factor affecting the length of time to remove the air bubble. (**Korean J Anesthesiol 1997; 32: 574~580**)

Key Words: Embolism: air. Monitoring: transesophageal echocardiography. Surgery: cardiac

논문접수일 : 1996년 12월 20일

*이 논문은 1995년 연세대학교 의과대학 연구강사 일반과제 연구비의 지원으로 이루어졌음.

서 론

공기 색전증은 체외순환 후 생기는 중요 합병증 중의 하나로 술후 다발성장기 손상, 심근경색 및 부정맥, 인성의 변화등을 야기할 수 있음이 오래전부터 알려져 왔다¹⁻²⁾. 체외순환시 대부분의 경우에 있어 심장내로의 공기의 유입은 불가피한 부분이며 체외순환 종료전 이를 인위적으로 제거하기 위한 수기의 개발 및 circuit등 체외순환 기구의 개선등으로 체외순환 후 좌심실에 남아 있는 공기방울에 의해 공기 색전증이 야기될 가능성은 많이 감소되었고 최근에는 술중 경식도 심초음파의 이용으로 심장내 공기방울의 부재를 확인할 수 있게 됨으로써 이의 빈도는 더욱 감소되었다.

근래들어 개심술 분야에서 널리 사용되고 있는 경식도 심초음파는 심장내에 남아있는 공기 방울들을 매우 민감하게 탐지해 낼 수 있는 기구로써³⁾ 심초음파상에서 공기와 혈액간의 음향반사 정도의 차이에 의해 공기는 혈액보다 밝게 보인다⁴⁾. 이제까지 개심술시 발생할 수 있는 공기 색전증에 대한 연구는 공기방울의 발생정도와 합병증과의 상관관계⁵⁾, 이러한 공기방울들을 보다 빨리 완전하게 제거할 수 있는 수기들⁶⁾, 공기방울의 탐지에 있어 심초음파의 유용성⁷⁾에 관한 것들이 주였으나 술중 경식도심초음파를 모든 경우에 다 실행할 수 없는 것이 현실적 여건이다. 이에 처자들은 대동맥 겹자제거 후 공기방울이 심장내에서 완전히 소실되기까지 소요되는 시간을 시행수술별로 비교해 보고 이에 영향을 미치는 즉 공기방울의 소실을 지연 시키는 요인들을 찾아봄으로써 술중 경식도심초음파의 관찰이 용이하지 않은 환자에서 체외순환 후 심장내 공기방울의 제거를 예측할 수 있는 대략적 시간과 공기방울의 제거에 보다 만전을 기해야 하는 위험인자군을 제시해보고자 이 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1) 대 상

연세대학교 심장혈관센터에서 판막대치술 및 심방중격결손 교정술을 시행 받는 성인 환자 125명을 대상으로 하였다. 연구는 모든 환자에서 동의를 얻

Table 1. Dermographic Data of the Patients and Surgical Procedures

| | |
|----------------------|-------------|
| Age(yr) | 47.3 ± 14.0 |
| BSA(m ²) | 1.54 ± 0.2 |
| Sex(M;F) | 83:42 |
| Procedures | |
| MVR | 55 |
| AVR | 21 |
| AVR + MVR | 32 |
| ASD repair | 17 |

BSA = body surface area, MVR = mitral valve replacement, AVR = aortic valve replacement, ASD = atrial septal defect

은 뒤 전향적으로 진행되었으며 환자들의 dermographic data는 Table 1과 같다(Table 1).

2) 연구방법

수술실 도착 1시간 전에 morphine 0.1 mg/kg을 근주하였으며 digoxin 및 이뇨제를 제외한 모든 심장약을 평상대로 투약하였다. 수술실 도착 후 요골동맥을 천자하여 지속적으로 혈압을 감시하였으며 우측 내경정맥을 통해 Swan-Ganz 카테테르를 삽입하여 폐동맥압 및 중심정맥압을 관찰하고 심박출량을 측정하였다. 심전도는 5개의 lead를 붙여 Lead I, II, III, avF, avL, avR, V5를 볼 수 있도록 하였으며 lead II와 V5를 지속적으로 감시하였다. 마취유도는 midazolam 2.5 mg, fentanyl 10~30 µg/kg, pancuronium 혹은 vecuronium 8 mg으로 하였고, 마취유지는 fentanyl 및 저농도의 isoflurane으로 하였다. 기관내삽관 후 레빈 관을 삽입하여 위장관 흡입을 시행하고 5-MHz phased-array transesophageal echocardiographic probe(PEF-5115A, Toshiba, JAPAN)를 식도내로 삽입하고(35~40 cm정도), echocardiographic system(SSH-140A, Toshiba, JAPAN)에 연결하였다. 술전 기록에서 폐동맥 고혈압, 만성 폐쇄성 폐질환, 우심실부전, 만성 심부전의 과거력을 점검하고 심전도상의 리듬, 술전 시행한 경폐심초음파상의 좌심방의 크기, 심박출계수, 심박리듬을 기록하였다. 대동맥 겹자를 풀기 전부터 경식도 심초음파를 지속적으로 감시하면서 좌심실내 공기방울이 소실될때까지의 시간을 측정하고 이때의 심전도상 심박리듬 및 심

박출계수를 기록하였다. 위의 기록들을 토대로 하여 환자의 과거력, 술전 심박출계수, 심박리듬, 좌심방의 면적, 집도의와 체외순환 종료 후 좌심실내의 공기방울이 완전히 제거될 때 까지의 시간간의 상관관계를 구하였다. 또한 체외순환 종료후 경식도 심초음파상에서 관찰된 좌심실내 공기방울의 양과 술후 신경학적 합병증, 심전도상의 변화, 혈액학적 변화와의 상관관계를 구하였다. 이때 공기방울의 양은 Rodigas등³⁾의 정의에 따라 결정하였는데 좌심실에 공기방울이 하나도 없는 경우를 0점, 한 화면에 5개 미만의 공기방울이 보일때 1점, 10~25개 정도의 공기방울이 관찰될때 2점, 셀수없을 정도의 공기방울이 나타났을 때를 3점으로 하였다. 통계학적 처리는 Student's t-test, Pearson correlation analysis를 사용하였으며 수술종류에 따른 공기방울 제거속도의 차이는 oneway ANOVA를 이용하였다. 또한 공기방울 제거속도에 영향을 미치는 인자들에 대한 다중분석도 시행하였다. 모든 통계학적 결과는 p<0.05일때 의미 있는 것으로 간주하였다.

결 과

수술의 종류에 따른 체외순환 후 공기방울을 제거하는데 소요되는 시간은 Table 2와 같다. 심방중격결손 교정술을 시행했던 환자군에서의 소요시간은 20.8±11.7분으로 승모판막대치술에서의 29.2±11.7분보다 유의하게 짧았다. 승모판막대치술 시행군과 대동맥판막대치술 시행군 및 두개의 판막을 모두

대치한 군간에서는 통계학적으로 의미있는 차이가 없었다.

수술의 종류와 관계없이 전 환자에서 공기방울의 제거속도에 영향을 미치는 요인들을 Student's t-test로 분석해본 결과 집도의에 따라 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며, 술전 심박리듬이 정상 동율동이었던 환자들이 심실부정맥이 있는 환자에서보다 공기방울 제거에 소요된 시간이 약 9분 더 짧았다(Table 3). 그러나 체외순환후의 심박리듬은 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 이는 승모판막협착으로 승모판막대치술을 시행받은 환자들만을 대상으로 한 통계에도 동일하게 나타났다(Table 3).

공기방울의 제거속도와 상관관계를 갖고 있는 인자들로써 술전의 심박출계수가 상관계수값 -0.23으로 유의한 상관관계를 갖는 것으로 나타났으며 체외순환후의 심박출계수, 나이, 폐동맥고혈압의 정도,

Table 2. Time(minutes) to Remove the Air After Release of Aortic Corss - Clamp

| | |
|--------------|------------|
| All patients | 27.5±12.0 |
| MVR | 29.2±11.7 |
| AVR | 26.3±11.1 |
| MVR+AVR | 28.4±13.0 |
| ASD repair | 20.8±12.0* |

*, p<0.05; compare with MVR. MVR = mitral valve replacment, AVR = aortic valve replacement, ASD = atrial septal defect

Table 3. Factros Affecting the Time to Remove Air

| Factors | | No | time(min) |
|--------------|------------------------|-------|--|
| All patients | surgeon 1 / surgeon 2 | 28/79 | 20.5 ± 9.3 / 31.0±10.5* |
| | NSR / A-fib | 73/50 | 24.6 ± 10.9 / 29.7 ± 12.6 ⁺ |
| | pul HiBp / no pul HiBp | 45/66 | 29.2 ± 12.3 / 26.6 ± 11.8 |
| MVR for MS | surgeon 1 / surgeon 2 | 13/33 | 22.3 ± 9.9 / 32.9 ± 11.4* |
| | NSR / A-fib | 12/37 | 23.6 ± 8.8 / 30.7 ± 12.4 ⁺ |
| | pul HiBp/no pul HiBp | 16/33 | 34.3 ± 12.9 / 26.9 ± 11.0 |

No = number of patients, MVR = mitral valve replacement, MS = mitral stenosis. NSR = normal sinus rhythm, A-fib = atrial fibrillation, pul HiBp = pulmonary hypertension(systolic pulmonary arterial pressure>30mmHg), *,p<0.05 ; compare with surgeon 1, +,p<0.05 ; compare with NSR

Table 4. Correlations Between the Variables and Time to Remove Air

| | Factors | Correlation coefficients | p value |
|--------------|---------|--------------------------|---------|
| All Patients | LAD | -0.16 | NS |
| | Pre EF | -0.23 | 0.02 |
| | Age | 0.10 | NS |
| MVR for MS | LAD | -0.16 | NS |
| | Pre EF | -0.45 | 0.01 |
| | Age | -0.18 | NS |

MVR = mitral valve replacement, MS = mitral stenosis, LAD = left atrial demension, Pre EF = preoperative ejection fraction, NS = Not significant

Table 5. Analysis of Multiple Variances in Patients Undergoing MVR for MS

| Variable | Parameter estimate | T for HO parameter=0 | Prob > T 1 |
|----------|--------------------|----------------------|-------------|
| Pre ECG | 5.04 | 1.419 | 0.17 |
| Pre EF | -0.26 | -2.432 | 0.02 |
| Surgeon | 6.47 | 2.340 | 0.03 |
| Age | -0.13 | -0.925 | 0.36 |

MVR = mitral valve replacement, MS = mitral stenosis, Pre ECG = preoperative electrocardiography, Pre EF = preoperative ejection fraction

좌심방의 체적과는 상관관계가 없는 것으로 나타났다(Table 4).

승모판막협착증으로 인해 승모판막대치술을 시행 받은 환자군에서 다중분석을 시행한 결과 체외순환 후 공기방울의 제거속도에 영향을 미치는 인자로는 술전심박출계수(p=0.02), 집도의(p=0.03)가 있었으며, 술전의 심박리듬(p=0.17), 나이(p=0.36)은 통계학적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타났다(Table 5).

체외순환 종료후 관찰된 좌심실내의 공기방울의 양과 심박리듬의 회복후 나타난 심전도상의 변화(심박리듬의 변화, ST 분절의 상승, QRS 복합체의 넓어짐(widening))과의 연관관계를 살펴본 결과 이러한

합병증이 나타났던 환자군(24명)에서의 공기방울의 양이 2.8 ± 0.9 점으로 합병증이 나타나지 않았던 환자군(94명)에서의 2.3 ± 0.9 점보다 의미있게 높았다(p=0.02).

고 찰

공기 색전증은 심장 또는 뇌에 치명적 손상을 유발시킬 수 있는 개심술후의 합병증이다. 술후 발생한 뇌경색, 심근경색의 다른 확실한 원인이 없는 경우에는 공기 색전증에 의한 것일 가능성이 많으며, 술후 인성의 변화, 저심박출량상태, 부정맥등도 공기색전증에 의해 유발될 수 있는 합병증들이다¹⁻²⁾. 개심술후 생기는 공기 색전증의 원인으로는 1) 저장고 수위(reservoir level)에 대한 주의 부족, 2) 체외순환 회로의 회전 방향의 역전, 3) 예상치 못했던 심박동의 회복, 4) 심장절개후 공기를 부적절하게 제거한 경우, 5) 폐동맥내에 고유량(high-flow)의 흡인용 카테테르를 너무 깊숙이 삽입한 경우, 6) 산소포화기의 결함, 7) 체외순환시 산소포화기의 급작스런 박리(inadvertent detachment)⁸⁾등을 들 수 있는데 최근 들어서는 체외순환 장비의 개선 및 수술수기의 발전에 힘입어 그 빈도가 감소되고 있는 추세이다. 술후 심장내에 남아 있는 공기방울을 제거하는 수기와 관련하여 Oka등⁹⁾은 세 단계를 공기방울제거의 요소로 설명하고 있는데, 첫 단계는 심장 및 대혈관 벽에 붙어 있는 공기를 떨어뜨리는 것으로 심장내에 혈액을 양압이 유지되도록 채우고, 심방벽을 신장시키며 부구법(ballotment)에 의해 공기방울을 가동화(mobilization) 시킬 수 있다고 한다. 두번째 단계로는 가동화 된 공기를 제거하는 것으로 대동맥에서의 지속적인 공기 흡인술(air vent)의 이용과 좌심방내에 비흡인성 카테테르(nonsuction vent)를 삽입하는 것이 중요하며, 마지막으로는 체외순환 종료전에 심장내에 공기방울이 완전히 제거되었음을 확인하여야 하는데 이때 경식도 심초음파가 심장내의 공기방울의 유무를 가장 민감하게 탐지할 수 있다고 하였다.

경식도심초음파는 비침습적이며 사용이 간편하고 보다 정확하게 심장내에 남아있는 공기 방울들을 관찰할 수 있는 기구로써 경식도 심초음파상에서 공기 방울들은 공기와 혈액사이의 음향적 성질(acoustic

properties)의 차이로 인해 하안점으로 나타나며⁴⁾, 공기를 0.001 ml/kg만 좌심실내에 정주하여도 경식도 심초음파상 좌심실내의 공기방울을 민감하게 포착해낼 수 있고⁹⁾ 평균 2~125 μ m 크기의 공기 방울까지도 관찰할 수도 있다고 한다¹⁰⁾.

Oka등⁶⁾ 여러 연구자들이 체외순환이 끝난 뒤에도 다량의 공기 방울이 상당히 오랜 기간동안 좌심실내 남아 있는 것을 볼 수 있었으므로 공기방울의 주의 깊은 제거가 필요하다고 보고한 바 있으나, 심초음파상에서 관찰되는 공기 방울들의 임상적 의의에 대해서는 약간의 이론이 있다. 일부 저자들은 체외순환후 좌심실에서 관찰되는 공기 방울의 양이 전반적인 신경정신상태나 혈액학적 변화에 직접적 영향을 미치지 않는다고 주장하고 있다⁵⁾. 그러나 대동맥 도관이나 공기 배설체계, 관상동맥 우회로 이식편등에서 공기 방울이 출현할 때 동시에 심초음파상에서도 공기 방울들이 관찰되는 것으로 미루어 좌심실내에 남아 있는 공기 방울이 술후 공기 색전증의 중요 원인이라는 Oka등⁶⁾의 주장은 상당한 설득력을 가지고 있다. 특히 체외순환 종료전 심장의 박동이 시작되면서 다량의 공기방울이 심장내로 쏟아져 나올때 관상동맥내로 공기 방울이 들어가면서 부정맥, 혈압하강, 심근수축력 저하등이 야기되는 것을 흔히 관찰할 수 있다. 0.01 ml/kg미만의 공기방울로도 급성의 장기간 지속되는 심근손상을 유발할 수 있는데¹¹⁾ 이는 소량의 공기방울에 의해 심근혈류량의 급격한 감소, 심근기능의 저하, 급성심근괴사, 보다 시간이 지난 후에 오는 만성 심근경색등에 기인한다¹²⁾. 결과적으로 심초음파상에서 감지되는 공기 방울들은 공기 색전증의 발생률을 증가시키므로, 가능한한 체외순환 종료전에 완전히 제거해 주는 것이 필요하다고 볼 수 있다. 그러나 장비의 개선 및 앞에서 언급된 여러 수술적 조작으로 체외순환 종료전에 좌심실내의 공기를 완전하게 제거해 주려는 여러 주의 깊은 노력에도 불구하고 체외순환 종료전에 좌심실내의 공기를 완전하게 제거하는 것은 매우 어려운 일이다¹²⁾. 이제까지 체외순환후 심장내 남아있는 공기에 대한 연구는 주로 술후 합병증의 발생빈도¹³⁾나 이것을 민감하게 탐지하고¹⁴⁻⁵⁾ 완벽하게 제거하는 방법¹⁶⁻⁷⁾에 대한 것이었으며, 이의 제거속도에 영향을 미치는 인자에 대한 연구는 거의 진행된 바가 없다. 그러나 실제 임상

경험에 의하면 동일한 진단하에 동일한 외과적 의의에 동일한 수술을 받은 환자들에서도 대동맥 결자의 제거후 심장내 공기가 완전히 제거되기까지 소요되는 시간이 차이가 있으며, 체외순환이 종료된 후 수습분이 경과한 후에야 심장 및 혈관벽에 잔류(trapped)되어 있던 공기방울들이 좌심실로 들어오면서 술중 갑작스러운 혈액학적 변화를 야기하는 경우가 간간히 관찰할 수 있다.

이에 저자들은 관상동맥 우회로술을 시행받는 환자군(이는 엄밀한 의미에서 개심술이 아니며 기관에 따라서는 80~90%의 환자에서 좌심실내로 공기가 유입되지 않는다고 보고되고 있다⁷⁾)을 제외한 개심술을 시행받는 모든 환자 125명을 대상으로 하여 체외순환 후 공기방울을 제거하는데 영향을 미치는 요소 및 질환의 종류와의 상관관계를 살펴보고자 하였다. 공기방울을 제거하는데 소요되는 시간은 심방중격결손 교정술을 시행한 군에서 승모판막대치술을 시행한 군보다 약 9분 짧은 것으로 나타났는데 이는 이군의 환자들에서는 제거속도를 지연시키는 인자로 나타난 심실세동, 술전 심박출계수의 저하등이 거의 없었기 때문인 것으로 생각되며 그외의 모든 판막대치술 시행 환자군간에는 차이가 없었다. 체외순환후 공기방울제거에 소요된 시간은 평균 27.5 ± 12.0 분으로 예상보다는 상당히 많은 시간이 요구됨을 알 수 있었다. 제거속도에 영향을 미치는 인자들은 Student's t-test를 시행하였을 때 술전 심박리듬이 정상동율동이었던 군이 심방세동이었던 군에 비해, 집도의 1에 의해 시술받은 환자군이 집도의 2에 의해 시술받은 군에 비해 통계학적으로 유의하게 제거속도가 짧은 것으로 나타났다. 또한 제거속도와 유의한 상관관계를 갖는 변수로는 술전 심박출계수가 있었다.

집도의는 가장 큰 차이를 유발하는 인자로 나타났는데 두 집도의 간의 체외순환후 공기 방울을 제거하는데 소요되는 시간은 25.8 ± 2.8 분과 33.5 ± 7.5 분으로 약 8분의 차이가 있었다. 두 집도간의 수기상의 차이는 대동맥 결자를 풀기전 심장내에 혈압을 양압이 되도록 채운후 부각법을 이용하여 심정지선 및 좌심방 내의 vent를 이용하여 대동맥 결자를 풀기전에 심장내의 공기방울을 미리, 충분히 제거하는 과정에서의 차이를 들 수 있다. 이는 앞서서도 언급되었던 Oka등⁶⁾의 공기방울 제거 요소를 충

분하게 시행하는 것이(특히 대동맥결자 제거전에) 체외순환 후 공기방울 제거에 소요되는 시간을 감소시킬 수 있다는 보고를 다시 한 번 확인할 수 있었던 결과였다. 체외순환 후 공기방울이 가장 많이 잔류되어 있는 부위가 폐정맥, 좌심방 및 심실중격임을 감안할 때 좌심방이(left atrial appendage)의 수축이 있는 정상 동물동을 지닌 환자가 심실세동의 심박리듬을 지나고 있는 환자에 비해, 좌심실의 수축력이 좋은 환자가 낮은 심박출계수를 갖는 환자에 비해 빠른 속도로 공기방울이 제거 되리라는 것은 예측할 수 있는 부분이었다. 그러나 체외순환후의 심박리듬 및 심박출계수는 제거속도와 연관이 없는 것으로 나타났는데 이는 심박리듬 및 심박출계수가 공기방울이 제거된 것을 확인하고 체외순환을 종료한 후 측정, 기록된 것으로 공기방울을 제거하는동안에 기록된 것이 아니기 때문에 연관이 없었던 것으로 사료되는 바이다. 그 외에 저자들이 영향을 미칠 수 있는 요인으로 생각하였던 폐동맥 고혈압의 유무, 좌심방의 용적은 관계가 없는 것으로 나타났다. 그러나 좌심방의 용적과 제거속도간에 상관관계에 있어서는 심초음파상에서 측정된 좌심방의 체적이 좌심방의 기저에서 대동맥까지의 길이로 측정된 1차원적인 것이어서 좌심방의 실제 체적을 제대로 반영하지 못한것이 결과에 영향을 미쳤다고 생각한다. 저자들은 위에서 언급된 각 요인이 서로 영향을 미치는 부분을 제거하기 위해 다중분석을 시행하였으나 전체 환자군의 분포가 광범위하고 다양하여 공기방울의 제거속도와 상관관계가 있는 독립 인자들을 규명하는데 실패하였다. 이에 환자들 중 가장 많은 부분을 차지하는 승모판막협착증으로 승모판막대치술 시행한 환자 37명만을 대상으로 하여 다중분석을 시행한 결과 술전 심박출 계수 및 집도위가 공기방울 제거 속도에 영향을 미치는 독립변수들이었으며 술전의 심박리듬은 p 값이 0.17로써 독립적으로 영향을 미치는 인자는 아닌 것으로 나타났다.

체외순환 종료후 심장내에 남아 있는 공기의 양을 심초음파상의 소견으로 정량화 시키기는 매우 어려우며 어느정도 양의 좌심실내 잔류 공기방울이 신경학적 합병증을 야기하는지는 알려진 바가 없다. Rodigas등³⁾은 좌심실의 short-axis 화면에서 0=공기방울이 전혀없는 경우, 1+=한 화면당 5개 미만의, 2+=

한 화면당 10~25개, 3+=세기 어려울 정도로 공기방울이 많이 보이는 경우로 공기방울의 양을 세분화하여 체외순환 후 공기방울의 출현 빈도를 조사한 바 있으며 50%의 환자에서 체외순환 종료후에도 공기방울이 관찰되었고 6%의 환자에서는 3+이상의 공기방울이 관찰되었으나 신경학적 기능장애나 무증상의 기관 손상을 입은 것으로 보이는 환자는 한명도 없었다고 보고하였다. 이에 반해 Oka등⁷⁾은 M-mode에서 체외순환 종료 20분 경과 후 좌심실내에서 관찰되는 공기의 양을 차등화한 결과 79%의 환자에서 잔류공기방울이 관찰되었으며 이는 술후의 신경학적 기능장애와 상관관계가 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 체외순환 후 좌심실내에서 공기방울이 중증도(2점이상) 관찰된 환자수가 57명이었으며 심박리듬의 회복후 갑작스러운 심전도상의 변화가 관찰되었던 환자가 24명 있었는데 이러한 리듬의 변화가 야기되었던 환자에서의 잔류 공기방울의 양이 통계학적으로 유의 있게 많았다(2.3±0.9점 및 2.8±0.9점, p<0.05). 실제로 대동맥결자제거후 우측관상동맥으로 다량의 공기가 유입되는 것을 심초음파상에서 관찰할 수 있으며 심전도상의 변화가 관찰되었던 대부분의 환자가 관상동맥 관류압을 높여주고, 심근수축촉진제등을 사용하여 심실수축력을 높여준 후 원래의 심박리듬을 회복하였던 것으로 볼때 좌심실내의 공기와 심전도상의 변화는 밀접한 상관관계를 갖고 있는 것으로 보여진다. 그러나 그외 혈액학적 변화 및 술후 신경학적 합병증과 잔류 공기방울의 양과의 상관관계는 기록 및 검사의 미비등으로 정확하게 확인할 수 없었다.

결론적으로 저자들은 개심술을 시행받은 환자에 있어서 술전 심방세동이 있거나 심박출계수가 낮은 경우에는 그렇지 않은 환자군에 비해 대동맥 결자 제거후 공기방울이 완전히 제거되는데 소요되는 시간이 연장됨을 확인하였으며, 공기방울제거를 위한 집도위의 수기가 제거속도에 영향을 미치므로 집도위의 주의 및 위험 환자군에서 공기방울 제거에 주의깊은 노력을 기울이는 것이 필요하다고 생각한다.

참 고 문 헌

1. Mills NL, Ochsner JL: Massive air embolism during cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg

- 1980; 80: 708-17.
2. Taber RE, Maraam BM, Tomatis L: Prevention of air embolism during open-heart surgery: A study of the role of trapped air in the left ventricle. *Surgery* 1970; 68: 685-91.
 3. Rodigas PC, Meyer FJ, Haasler GB, Dubroff JM, Spotnitz HM: Intraoperative 2-Dimensional Echocardiography: Ejection of Microbubbles from the left ventricle after cardiac surgery. *Am J Cardiol* 1982; 50: 1130-2.
 4. Meltzer RS, Tickner EG, Sahines TP, Popp RL: The source of ultrasound contrast effect. *J Clin Ultrasound* 1980; 8: 121-7.
 5. Topol EJ, Humphrey LS, Borkon AM: Value of intraoperative left ventricular microbubbles detected by transesophageal two-dimensional echocardiography in predicting neurologic outcome after cardiac operations. *Am J Cardiol* 1985; 56: 773-5.
 6. Oka Y, Inoue T, Hong Y, Sisto DA, Storm JA, Fraster RWM: Retained intracardiac air: Transesophageal echocardiography for definition of incidence and monitoring removal by improved techniques: *J Thorac Cardiovasc Surg* 1986; 91: 329-38.
 7. Oka Y, Moriwaki KM, Hong Y, Chuculate C, Strom J, Andrew IC, et al: Detection of air emboli in the left heart by M-Mode transesophageal echocardiography following cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 1985; 63: 109-13.
 8. Kurusz M, Shaffer CW, Christman EW, Tyer GFO: Runaway pump head. New case of gas embolism during cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979; 77: 792-5.
 9. Furuya H, Suzuki T, Okumura F, Kishi Y, Vejusi T. Detection of air embolism by transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* 1983; 58: 124-9.
 10. Feinstein SB, Shah PM, Bing RJ, Mearbaum S, Corday S, Chang BL, et al: Microbubble dynamics visualized in the intact capillary circulation. *J Am Coll Cardiol* 1984; 4: 595-600.
 11. Goldfarb D, Bahnson HT: Early and late effects on the heart of small amounts of air in the coronary circulation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1963; 46: 368-78.
 12. Spencer FC, Rossi NP, Yu SC, Koepke JA: The significance of air embolism during cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1965; 49: 615-34.
 13. Evans EA, Wellington JS: Emboli associated with cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1964; 48: 323.
 14. Padula RT, Eisenstat TE, Bronstein MH, Camishion RC: Intracardiac air following cardiomy. Location, Causative factors and a method for removal. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1971; 62: 736-42.
 15. Duff HJ, Buda AK, Kramer R, Strauss HD, David TE, Berman MB: Detection of entrapped intracardiac air with intraoperative echocardiography. *Am J Cardiol* 1980; 46: 255-60.
 16. Groves LK, Effler DB: A needle-vent safeguard against systemic air embolus in open-heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1964; 47: 349-55.
 17. Wellons HA Jr, Nolan SP: Prevention of air embolism due to trapped air in filters used in extracorporeal circuits. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1973; 65: 476-8.
-