

인공 슬관절 전치환술 중 경식도 초음파 감시하의 색전 출현: 혈역학적 변화와 색전의 구성

계명대학교 의과대학 마취과학교실

김 진 모·박 정 회·이 주 영

- Abstract -

Transesophageal Echocardiography Monitored Embolic Events during the Total Knee Replacement: Hemodynamic Changes and Embolic Composition

Jin Mo Kim, M.D., Jung Hee Park, M.D. and Joo Yeung Rhee, M.D.

Department of Anesthesiology, Keimyung University School of Medicine,
Taegu, Korea

Background: The present study was aimed to determine the alterations of hemodynamics and embolic composition during the course of total knee replacement.

Methods: A retrospective analysis was performed using data acquired from 20 patients who underwent 10 unilateral and 10 bilateral total knee replacement under general anesthesia. Transesophageal echocardiography and Swan-Ganze catheterization were placed following induction of anesthesia, then images and changes were recorded throughout the procedure. All patients were performed using fluted intramedullary rods inserted into an overdrilled femoral entrance hole in conjunction with the application of a tourniquet.

Results: We found echogenic emboli in 8 out of 20 patients during cannulation of the femoral canal and performing femoral and tibial saw cuts, then we detected echogenic emboli in all 20 patients during tourniquet deflation. Echogenic emboli consistently filled the right atrium and ventricle with very small size embolic materials for 19 ± 7 minutes during total knee replacement. Heart rate exhibited no change, Mean arterial pressure decreased and mean pulmonary artery pressure increased after tourniquet deflation. After tourniquet deflation, free fatty acid increased in lipid profile. No patient had postoperative complications related echogenic emboli.

Conclusions: All patients exhibited echogenic emboli during certain stages of total knee replacement. Although all patients were asymptomatic in our study, one should be cautioned when performing total knee replacement in patients with little physiologic reserve and large embolic events. (Korean J Anesthesiol 1998; 34: 1150~1156)

Key Words: Embolism: embolic composition. Equipment: tourniquet Monitoring: hemodynamics; transesophageal echocardiography. Surgery: total knee replacement.

논문접수일 : 1998년 4월 22일

책임저자 : 김진모, 대구시 중구 동산동 194번지, 계명의대 마취과학교실, 우편번호: 700-310, Tel: 053-250-7249, Fax: 053-250-7240

서 론

인공 슬관절 치환술은 퇴행성 관절염 및 류마토이드 관절염 등으로 인한 슬관절의 심한 통증, 관절의 변형, 운동 장애 등이 동반될 경우에 시행되는 정형외과 수술이다. 구혈대를 거치하여 대퇴골 하단부와 경골의 상단부를 일부 제거하여 인공관절로 치환하는 수술로서 이와 같은 과정은 골절시와 같은 색전을 유발할 수 있는 상황이 된다. 인공 슬관절 치환술시 발생하는 심부정맥 혈전의 일반적인 빈도는 40~80%,^{1,2)} 이 중 치명적인 폐동맥 색전증의 빈도는 낮게는 0.7%에서³⁾ 높게는 2~6%¹⁾ 정도로 보고되고 있다.

폐동맥 혈전 색전증의 원인으로는 우심혈전, 정맥 혈관의 혈전에 의한 것과 외상 등이 있으며, 혈전이 생기는 기전은 혈류 속도의 저하, 혈관 내막 손상, 과응고 현상이 주된 요인이다.^{4,5)} 혈전 색전증의 빈도를 감소시킬 목적으로 항응고제와 아스피린을 경구로 투여하거나 혜파린을 정주하기도 하지만 여전히 발생 빈도는 높은 편이다.⁶⁾ Pell등은⁷⁾ 하지 수술을 받았던 환자의 40%에서 심초음파 영상상 우심방과 우심실에 영상변화를 초래하는 반사성인 색전을 확인한 바 있다.

저자는 인공 슬관절 치환술 중 구혈대 거치에 의한 혈류 속도의 저하, 수술로 인한 혈관 내막의 손상 등이 혈전 색전증의 발생 상황이 되므로 술중 경식도 심초음파를 이용하여 인공 슬관절 치환술이 종료될 때까지 반사성 색전의 출현을 확인하고, 구성 성분을 조사하여, 색전의 형성 시기를 파악하고 지속 시간을 기록하였다. 또한 색전 출현 당시의 폐동맥 카테터를 통한 혈역학적 변화와 동맥혈 가스 분석에 미치는 영향을 알아보기 위하여 연구를 시행하였다.

재료 및 방법

1) 연구 체료

인공 슬관절 치환술을 시행받은 20명의 환자를 대상으로 하였으며, 일측성 인공 슬관절 성형술을 받은 환자는 10명이었고 양측성 인공 슬관절 치환술을 받은 환자가 10명이었다. 이들은 미국 마취과

학회 분류에 의한 술전 전신상태가 Class 1 및 2에 속하였다. 평균 연령은 56세, 평균 신장은 158 cm, 평균 체중은 66 kg였으며 남녀의 성비는 3:7이었다.

2) 연구 방법

마취 전처치제로 demerol 1mg/kg, midazolam 3 mg과 glycopyrrolate 0.2 mg을 마취유도 1시간전에 근주하였다. 환자의 감시장치로 Spacelab 90622(Spacelab, Redmond, U.S.A)를 이용하여 심전도(lead II)와 맥박수를 측정하였고 수술중 동맥압 및 동맥혈 가스분석을 위하여 요골동맥내에 22G 카테터를 거치하여 감시기에 연결한 후 동맥압을 지속적으로 측정하였다. 수술중 경식도 심초음파 영상에서 영상변화를 초래하는 반사성인 색전(echogenic emboli)이 나타나면 우심방의 혈액을 흡인하고 색전 출현시의 폐동맥압 등의 혈역학적 변화를 알기위한 폐동맥 카테터를 거치하여 감시기에 연결하였다.

마취 유도는 100% 산소로 탈질소화한 후 thiopental sodium 5 mg/kg과 vecronium 0.1 mg/kg를 정주한 후 충분히 근육이 이완된 상태에서 기관내 삽관을 시행하고 환자의 활력 징후가 안정되었을 때 경식도 초음파기(VINGMED, GFM 800A, NORWAY)의 5 MHz 입체 소식자(biplane transducer)를 transverse plane, 4 chamber long axis view 상태에서 거치하여 수술이 종료될 때까지 심초음파 영상을 감시하면서 녹화하여 반사성인 색전의 출현빈도, 시기 및 지속시간을 기록하였다.

마취유지는 50% 아산화질소와 50% 산소의 혼합ガ스로 조절호흡을 시행하면서 enflurane 1~2 Vol%로 하였으며 필요에 따라 vecronium을 추가로 정주하였다. 인공 슬관절 치환술이 종료된 후 구혈대의 압력을 감압하기 5분전과 색전이 출현한 상태인 감압 후 5분에 요골동맥 카테터를 통하여 동맥혈을 채취하여 동맥혈 가스 분석을 실시하였고 동시에 동맥압, 심박수 및 폐동맥압 등을 측정하여 서로 비교하였다.

구혈대 감압 전·후 성적은 평균치±표준 편차로 표시하였고 구혈대 감압 전·후의 성적의 차이는 student's t-test를 이용하여 분석하였으며 통계의 처리는 p값이 0.05 이하인 경우를 유의한 결과값으로 판정하였다.

결 과

인공 슬관절 치환술을 받은 20명의 환자중에서 20명 모두에서 경식도 심초음파 영상에서 반사성인 색전이 출현하였다. 구혈대 압력을 가한 상태인 대퇴관(femoral cannal)을 도관할 때와 대퇴골과 경골의 슬관절부 골수 조작시에도 심초음파 영상에서 우심방과 우심실내 소량의 반사성 색전이 발견되었던 환자는 일측성 인공 슬관절 치환술을 받은 10명 중 8명이었고 20초~1분동안 지속되다가(Fig. 1) 사라졌으며 이와같은 반사성 물질이 3~4회 반복하여 발견되었다.

인공 슬관절 치환술이 종료된 후 구혈대 감압 직후 20명의 환자 모두에서 미세한 반사성 색전이 함박눈이 내리는 양상(snow storm of small particles)으로 심초음파 영상에서 우심방과 우심실에 걸쳐 나타나서 19±7분간 지속되는 양상(Fig. 2)을 보였고 구혈대 감압 직후는 아주 많은 양이 보이다가 시간이 지남에 따라 점차적으로 감소하는 양상을 보였다.

양측성 인공 슬관절 치환술 환자 10명 모두에서 일측 수술이 종료된 후 반대편 수술시 구혈대를 감압한 후 수술이 진행되는 과정에서도 미세한 반사성 물질이 먼저 시행된 수술시와 동일하게 대퇴 도관과 같은 골수에 손상을 주는 수술 조작시에 간혹 짧은 기간동안 나타나지만 인공 슬관절 치환술이

종료된 후 구혈대를 감압한 직후 반대편 수술시와 동일하게 우심방과 우심실에 미세한 반사성색전이 15±6분동안 발현되었으며 양측성 인공 슬관절 치환술시 반사성 색전의 발현시간은 총 35±6분이었다. 그러나 좌심방내에서는 반사성인 색전은 1명도 볼 수 없었으며, 20명의 환자 모두에서 수술후 반사성 색전과 연관된 증상이나 합병증 없이 무사히 퇴원하였다.

인공 슬관절 치환술 중 구혈대 감압 전과 후 5분의 동맥혈 가스 분석의 성적은 PaCO_2 는 29.3 ± 3.5 mmHg에서 38.5 ± 2.7 mmHg, Base Excess는 -2.1 ± 0.7 mmol/L에서 -4.2 ± 0.8 mmol/L로 유의한 차이($p < 0.05$)를 보였으며, $\text{PaO}_2(\text{FiO}_2 0.5)$ 는 253 ± 25 mmHg에서 257 ± 177 mmHg로 유의한 차이를 볼 수 없었다(Table 1).

평균 동맥압은 98.6 ± 15.4 mmHg에서 78.8 ± 9.5 mmHg로 유의하게 감소($p < 0.05$)하였으며 심박수는 분당 87.5 ± 4.9 회에서 84.9 ± 7.2 회로 유의한 차이는 없었다. 평균 폐동맥압은 구혈대 가압 전 18 ± 1.0 mmHg, 구혈대 가압 후 21.0 ± 0.79 mmHg였으며 구혈대 감압시는 3분후부터 증가하여 5분후에는 24.5 ± 1.0 mmHg로 유의한 증가를 보였다(Table 2).

우심방내 카테테르를 통해 흡인한 혈액의 구혈대 지질 조성 검사(lipid profile)에서 유리 지방산(free fatty acid)이 구혈대 감압 5분전에 얻은 결과는 552.88 ± 161.36 mEq/L였고, 구혈대 감압 후 5분의 결과는

Fig. 1. 4 Chamber long axis view of the right atrium and ventricle. As illustrated, multiple small echogenic particles fill the RA and RV. RA: right atrium, RV: right ventricles, LA: left atrium, LV: left ventricle.

Fig. 2. 4 Chamber long axis view of the right atrium and ventricle. As illustrated, small echogenic particles markedly increase in the RA and RV. RA: right atrium, RV: right ventricles, LA: left atrium, LV: left ventricle.

Table 1. Comparison of Arterial Blood Gas Analysis at 5 minutes before and after Tourniquet Deflation

	Before T-deplation 5 minutes	After T-deplation 5 minutes
pH	7.40±0.12	7.38±0.09
PaCO ₂ (mmHg)	29.3±3.5	38.4±2.7*
PaO ₂ (mmHg)	253±25	257±17
BE(mmol/L)	-2.1±0.7	-4.2±0.8*

BE: Base Excess T: Tourniquet

*p<0.05 versus at 5 minutes before tourniquet deflation.

Table 2. Comparison of Hemodynamic Changes at 5 minutes Before and After Tourniquet Deflation

	Before T-deplation 5 minutes	After T-deplation 5 minutes
MAP(mmHg)	98.6±0.12	78.8±9.5*
HR	87.5±4.9	84.9±7.2
MPAP(mmHg)	21.0±0.79	24.5±1.0*

MAP: mean arterial pressure HR: heart rate

MPAP: mean pulmonary arterial pressure, T: Tourniquet
*p<0.05 versus at 5 minutes before tourniquet deflation.

558.13±213.71 mEq/L이였다. 각 환자에서는 구혈대 감압 전에 비해 감압 후에 증가한 값을 보이나 환자들 간의 결과값 차이가 커서 통계상 유의한 차이가 없었다.

고 찰

심부정맥 혈전의 호발요인은 고령, 임신, 피임약, 비만, 암, 울혈성 심부전, 만성 폐질환, 정맥류성 정맥 및 하지의 골절이나 외상 등이 있으며 수술과 관련된 것으로는 장시간의 수술, 60분 이상의 구혈대 적용 시간, 혈전 색전증의 과거력이 있는 경우는 거의 100% 재발한다.⁸⁾

본 연구에서 경식도 심초음파 영상에서 우심방과 우심실에 영상 변화를 초래하는 미세한 반사성 물질이 인공 슬관절 치환술을 받은 20명의 환자 모두에서 나타났었는데 구혈대의 압력을 가한 상태임에도 불구하고 대퇴 도관(femoral cannula) 할 때, 대퇴골

Table 3. Comparison of Lipid Profile at 5 minutes before and after Tourniquet Deflation

	Before T-deplation 5 minutes	After T-deplation 5 minutes
Phospholipid(mg/dl)	167	198
FFA(mEq/L)	20	35*
TAG(mg/dl)	0.516	0.42
Cholesterol(mg/dl)	181.9	216

FFA: free fatty acid, TAG: Triacyl glycerol, T: Tourniquet

*p<0.05 versus at 5 minutes before tourniquet deflation.

과 경골의 관절면과 슬개골의 관절면을 절제할 때와 인공 관절로 대체하여 고정할 때에 20~30초에서 1분동안 미세한 반사성이 색전이 20명 중 18명에서 우심방에서 우심실에 반사성이 색전이 발현되었다. 이것은 수술 조작과 같은 외상으로 골수 정맥이 손상을 받아 골수 지방이 정맥내로 들어가서 우심방과 우심실로 유입되어 나타난 것이며 이로 인해 폐 색전증이 유발될 수 있다고 하였다.⁹⁾ 그러므로 인공 슬관절 치환술중 구혈대의 압력을 가한 상태에서 미세한 반사성 색전이 보이는 것은 골수 지방일 가능성이 높다.

구혈대 압력을 제거한 직후 반사성 색전은 다량으로 나타나서 약 10~20분동안 지속되었으며 시간이 경과함에 따라 양이 감소됨을 보였다. 최신의 심초음파기일지라도 혈액과의 밀도 차이로 인해 나타나는 반사성인 색전의 조직 특징을 모두 알 수는 없다. 구혈대 제거후 우심방과 우심실내 나타나는 다량의 미세한 반사성 색전은 수술중 손상 받은 정맥에 정맥혈 환류가 일어나는 과정에서 공기가 유입되어 일어나는 공기 색전과 미세한 골수 지방질 혹은 심부정맥 혈전이 떨어져 나가서 심초음파 영상에 반사성 색전이 보이는 것으로 사료된다.

심초음파 영상에서 나타나는 반사성인 색전은 미세한 입자이고 함박눈이 내리는 양상(snow storm of small particles)으로 나타나는데, 이들 색전의 구성 성분으로는 수술로 인한 손상받은 정맥로를 통하여 유입된 기포, 골수의 미세한 지방질이거나, 골시멘트(bone cement) 등일 수도 있고 구혈대의 압력을 제거한 후 허혈된 하지에서의 차가운 혈액이 우심방으로 유입된 것으로도 생각할 수 있으며, 심부정

매 혈전일 가능성도 있다. 경우에 따라서는 상당한 크기의 골수 지방이나 심부정맥 혈전이 우심방으로 유입되어 생명을 위협하는 폐색전증을 유발할 수도 있으며 국내에서도 보고된 바 있다.^{10,11)}

골수강을 조작하는 정형외과 수술에서 반사성인 색전이 동반되는데, Pell등은¹²⁾ 대퇴목 골절 고정술 시 심초음파 영상에서 우심방내에 반사성 색전이 보일 때 정맥혈을 채취하여 미세한 지방구(microscopic fat globules)의 존재를 확인하였으나 부검에서는 심초음파 영상에서 보이는 지방 색전증의 소견은 발견할 수가 없었다.

이 연구에서 색전의 성분을 분석하기 위하여 전신 마취 후 우심방내에 카테터를 거치한 후 심초음파 영상에 반사성인 색전이 나타나지 않을 때 우심방내 거치된 카테터를 통하여 10 ml의 혈액을 채취하였고 또한 인공 슬관절 치환술이 완료되는 시점에서 구혈대의 압력을 제거한 직후 심초음파 영상에서 우심방에 다량의 반사성 색전이 나타나면 우심방내 카테터를 통하여 10 ml의 혈액을 흡인하여 지질 조성 검사(lipid profile)를 시행하여 서로 비교 분석한 결과 구혈대 압력 제거 전과 후 5분의 지질 조성 검사에서 유리 지방산(free fatty acid, non-esterified fatty acid)이 증가되었다. 이것은 수술 조작으로 인한 골수 미세 지질의 증가에 의한 저장 지질 분해 효소의 활성화로 유리 지방산이 증가됨을 보여준다.

골시멘트로 고정한 고관절 성형술시에 골시멘트 성분인 methyl methacrylate의 중합반응(polymerization)으로 대퇴의 해면골(cancellous bone)과 인공 관절 사이에 확장성 발열면(expanding exothermic interface)을 형성하여 575 mmHg정도의 대퇴 골수압(intramedullary pressure)의 상승을 초래하는데 비하여 골시멘트를 사용하지 않은 고관절 성형술에서는 대퇴 골수압은 100 mmHg 이하의 낮은 압력을 유지한다.^{13,14)} 이와같은 대퇴골수 고압력(intramedullary hypertension)이 공기와 골수 지방을 유리시켜 폐동맥 색전이 되고 폐혈관 저항을 증가시키고 환기 관류 불균형을 유발하여 저산소혈증을 유발한다^{15~18)}고 하였다. 그러나 골시멘트를 사용하지 않은 고관절 성형술시에도 동일한 양상의 반사성 물질이 심초음파 영상에 나타나기 때문에 반사성 색전의 성분이 골시멘트만으로 형성된 것은 아닐것으로 생각된다. 또한 반사성 색전이 구혈대의 공기압을 제거한 후 허

혈된 하지의 차가운 혈액(cold blood)이 우심방으로 유입되어 형성된 것이라면 구혈대를 사용하는 모든 수술 환자에서 색전이 보여야하나 McGrath등은¹⁹⁾ 구혈대를 사용한 30명의 하지 수술 환자중 단지 8명에서만 반사성 색전을 발견할 수 있었다. 심부정맥 혈전일 가능성도 있으나 이때는 미세한 크기의 색전보다는 상당한 크기의 반사성 색전이 출현하였을 것이다.

심초음파 영상에서 함박눈과 같은 속립성 반사성인 색전은 공기일 수도 있다고 하였는데 실제로 Spiess등은²⁰⁾ 고관절 성형술을 받은 환자의 10%에서 중심정맥 카테터를 통하여 공기를 흡인할 수 있었으나, Parmet등은²¹⁾ 구혈대의 압력을 제거한 후 중심정맥 카테터를 통하여 혈액을 흡인하여 공기의 존재를 확인하지 못하였고 호기말 질소의 증가도 없었으므로 반사성 색전은 술중 구혈대의 압력을 가한 상태에서 새로 형성된 혈전일 가능성이 많다고 하였다.

구혈대를 사용한 인공 슬관절 치환술 환자는 인공 고관절 치환술 환자에 비하여 심부정맥 혈전의 발생 빈도가 아주 높으므로^{22,23)} 심초음파 영상에 나타나는 반사성 색전은 하지 수술시 심부정맥에서 형성된 혈전일 가능성도 충분히 있다.²¹⁾ Kaufman은²⁴⁾ 구혈대를 사용한 인공 슬관절 치환술 종료 직후 정맥 조영술을 시행하여 새로운 심부정맥 혈전의 존재를 확인하였다. 그러나 하지를 수술할 경우에 구혈대에 압력을 가하기 전에 Esmarch 붕대의 부적절한 압착으로 인하여 가압 후 수술 부위에 남아있는 피의 유타스(stasis), 허혈 및 냉각(cooling)이 새로운 혈전 형성을 유발시킬 수 있으므로 구혈대를 사용하는 인공 슬관절 치환술 이외의 하지 수술을 받는 환자에서도 반사성 색전을 볼 수 있었다.²⁵⁾

Parmet등은²¹⁾ 인공 슬관절 치환술을 시행받는 34명의 환자를 대상으로 구혈대 가압 전과 후, 감압시의 혈역학적 변화에 대한 결과에서 평균 폐동맥압이 구혈대 가압 전의 측정치보다 구혈대 감압 3분 후부터 증가됨을 얻었고, 이것은 구혈대 감압 후 반사성 색전에 의한 폐혈관 폐색으로 폐혈관 저항성의 증가에 의한 것이라 하였다. 이 연구에서도 구혈대 가압 전의 측정치와 비교해 구혈대 감압 후의 심초음파 영상상의 색전의 출현과 관계하여 평균 폐동맥압이 증가함을 보였다.

지방 색전 증후군을 임상 증상에 따라 무증상(subclinical), 경한증상(mild) 및 전격성(fluminant)으로 분류하였다.^{26,27)} 심각한 폐 색전 발생시에 나타나는 증상으로는 청색증, 저혈압, 빈맥, 빈호흡, 기관지 경련 등이 발생하며, 마취된 상태의 환자에서 호기 말 이산화탄소 분압이 사강의 증가와 심박출량의 감소로 인해 극적으로 감소한다. 심전도상 우측 편위, 우측 전도 장애와 T wave의 역전 현상을 볼 수 있으며, 동맥혈 가스 분석에서 대사성 산증, 저산소 혈증, 저탄산혈증 등이 나타난다. 이 연구에서 색전 발생시에 동맥혈 가스 분석상 저산소증이나 저탄산 혈증 등의 심각한 폐 색전증 소견은 볼 수 없었고 구혈대 가압시와 비교하여 감압시에 동맥혈 이산화 탄소 분압이 오히려 증가한 것을 보이는데 이것은 구혈대 감압으로 재관류에 의한 생리학적 변화로 동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO₂)이 증가된 것으로 사료된다.

20명의 환자 모두에서 구혈대의 압력을 제거한 후 폐색전증과 관련된 특이한 증상이 나타나지는 않았다. 그러나 심폐 예비량이 적은 고령의 환자에서는 다량의 미세한 반사성 색전이 구혈대 압력을 제거한 후 우심방으로 유입되어 폐쇄동맥 폐쇄로 환기 관류비의 불균형을 초래하여 저산소혈증과 동 맥압의 감소가 일어날 수가 있으며 전강한 환자일 지라도 상당한 크기의 심부정맥 혈전이나 끌수 저방에 의해 폐동맥 폐쇄가 장기간 지속되면 폐동맥 압과 폐혈관 저항의 증가로 급성 우심부전이 유발되어 생명을 위협받거나 더 진행되면 사망하기도 한다.

이 연구에서는 우심방에서 보이는 반사성인 색전이 좌심방에서는 1명도 관찰되지 않았다. 일반적으로 좌심방압이 우심방압보다 높기 때문에 혈류의 이동은 좌심방에서 우심방으로 일어나지만 기침, 발 살바법의 방출기(release phase of the valsalva) 및 기 계적 환기로 인한 기도내압이 증가될 경우에는 우 심방에서 좌심방으로 혈류의 이동이 있을 수 있으며,^{28~30)} 난원공개존(patent foramen ovale)이 전 인구에서 20~34%의³¹⁾ 정도로 나타나므로 난원공을 통하여 색전이 좌심방으로 유입되어 전신 증상(systemic manifestation)을 나타낼 수 있으므로 우심방압의 상승을 초래하는 인자는 피하여야 한다.^{32,33)}

이 연구에서 인공 슬관절 치환술을 받은 20명의 환자 중 18명은 구혈대에 압력을 가한 상태에서 대

퇴관을 도관할 때, 대퇴골과 경골의 슬관절부를 전 기톱으로 절제할 때와 인공 관절로 대치하여 고정 할 때에 20초~1분간 지속되고, 인공 슬관절 치환술이 종료되고 구혈대의 압력을 제거한 직후 20명의 환자 모두에서 다량의 미세한 반사성 색전이 우심 방과 우심실에서 상당 기간 발견되었으며, 심초음파 영상에 발견된 미세한 반사성 색전은 술중 손상받은 정맥을 통한 공기의 유입과 골수 조작으로 인한 미세 골수 지방으로 사료된다.

모든 환자가 술중, 술후 증상없이 모두 회복되었으나 생리적인 심폐예비량이 적은 고령의 환자나 미세한 크기의 반사성 색전일지라도 많은 양이 발 생될 수 있는 환자에서는 세심한 주의가 요구된다.

참 고 문 헌

- McKenna R, Bachman F, Kaushal SP, Galante JO: Thromboembolic disease in patients undergoing total knee replacement. *J Bone Joint Surg* 1976; 58A: 928-32.
- Stringer MD, Steadman CA, Hedges AR, Thomas EM, Morley TR, Kakkar VV: Deep vein thrombosis after elective knee surgery. *J Bone Joint Surg* 1989; 71: 492-7.
- Wroblewski BM, Siney PD, White R: Pulmonary embolism after total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 1992; 278: 222-4.
- Modig J, Borg T, Bagge L, Saldeen T: Role of extradural and of general anesthesia in fibrinolysis and coagulation after total hip replacement. *Br J Anaesth* 1983; 55: 625-9.
- Sabiston DC: Textbook of surgery, 13th ed. Philadelphia, WB Saunders. 1986, pp 1731.
- Hyattsville MD: National Center for Health Statistics, The detailed diagnosis and procedures, National hospital discharge survey series 13, number 113, vital and health statistics series. United States Department of Health and Human Services, 1990.
- Pell ACH, Keating JF, Christie J, Sutherland GR: Use of transesophageal echocardiography to predict patients at risk of the fat embolism syndrome following traumatic injuries (abstract). *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: Suppl A 264A.
- Poulsen KA, Borris LC, Lassen MR: Thromboembolic complication after the knee arthroscopy. 1993; 9: 570-3.
- Peltier LF: Fat embolism: a perspective. *Clin Orthop*

- 1988; 232: 263-70.
10. 윤현희, 정태호: 수술중 발생한 대량의 폐동맥혈전색증. 대한마취과학회지 1989; 5: 766-9.
 11. 신양식, 김재형, 김성재: 척추마취하 술관절경술후 발생한 폐동맥 혈전 색전증. 대한마취과학회지 1995; 28: 862-5.
 12. Pell ACH, Hughes D, Keating J: Brief report: Fulminating fat embolism syndrome caused by paradoxical embolisms through a patent foramen ovale. *N Engl J Med* 1993; 329: 926-9.
 13. Tronzo RG, Kallos T, Wyche MQ: Elevation of intramedullary pressure when methyl methacrylate is inserted in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 1974; 56: 714-8.
 14. Orsini EC, Byrck RJ, Mullen JBM: Cardiopulmonary function and pulmonary microemboli during arthroplasty using cemented or non-cemented component. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 822-32.
 15. Hyland J, Robins RCH: Cardiac arrest and bone cement [letter]. *Br Med J* 1970; 4: 176-7.
 16. Kallos T, Enis JE, Gollam F, Davis JH: Intramedullary pressure and pulmonary embolism of femoral medullary contents in dogs during insertion of bone cement and a prosthesis. *J Bone Joint Surg Am* 1974; 56A: 1363-7.
 17. Kallos T: Impaired arterial oxygenation associated with use of bone cement in the femoral shaft. *Anesthesiology* 1975; 42: 210-6.
 18. Eretz MH, Weber JG, Abel MD: Cemented versus non-cemented total hip arthroplasty-embolism, hemodynamics, and intrapulmonary shunting. *Mayo Clin Proc* 1992; 67: 1066-74.
 19. McGrath BG, Hsia J, Epstein B: Massive pulmonary embolism following tourniquet deflation. *Anesthesiology* 1991; 74: 618-20.
 20. Spiess BD, Sloan MS, McCarthy RJ: The incidence of venous air embolism during total hip arthroplasty. *J Clin Anesth* 1988; 1: 25-30.
 21. Parmet JL, Horow JC, Singer R, Berman AT, Rosenberg H: Echogenic emboli upon tourniquet release during total knee arthroplasty: Pulmonary hemodynamic changes and embolic composition. *Anesth Analg* 1994; 79: 940-5.
 22. Hull R, Raslpb G, Pineo G: A comparison of subcutaneous low-molecular-weight heparin with warfarin sodium for prophylaxis against deep-vein thrombosis after hip or knee implantation. *N Engl J Med* 1993; 329: 1370-6.
 23. Merli GJ: Deep vein thrombosis and pulmonary embolism prophylaxis in orthopedic surgery. *Med Clin North Am* 1993; 77: 397-411.
 24. Kaufman MS, Rosenfeld R: Heparin prophylaxis of intraoperative deep vein thrombosis during total knee arthroplasty. *Contemp Orthop* 1982; 5: 39-43.
 25. McGrath BG, Hsia J, Boyd A: Transesophageal echocardiographic visualization of pulmonary embolization from pneumatic embolization from pneumatic tourniquet use during orthopedic surgery [Abstract]. *Anesthesiology* 1992; 77: A1080.
 26. Hagley SR: The fulminant fat embolism syndrome. *Anesthest Intensive Care* 1983; 11: 167-70.
 27. Fabian TC, Hoots AV, Stanford DS, Patterson CR, Mangiante EC: Fat embolism syndrome: prospective evaluation in 92 fracture patients. *Crit Care Med* 1990; 18: 42-6.
 28. Lemaire F, Richalet JP, Carlet J, Brun-Buisson C, MacLean C: Postoperative hypoxemia due to opening of a patent foramen ovale confirmed by a right atrium-left atrium pressure gradient during mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1982; 57: 233-6.
 29. Leonard RC, Neville E, Hall RJ: Paradoxical embolism: a review of cases diagnosed during life. *Eur Heart J* 1982; 3: 362-70.
 30. Langhoiz D, Louie EK, Konstadt SN, Rao TL, Scanlon PJ: Transesophageal echocardiographic demonstration of distinct mechanisms for right to left shunting across a patent foramen ovale in the absence of pulmonary hypertension. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18: 1112-7.
 31. Hagen PT, Scholz DG, Edwards WD: Incidence and size of patent foramen oval during the first 10 decades of life: an autopsy study of 965 normal hearts. *Mayo Clin Proc* 1984; 59: 17-20.
 32. Lang I, Steurer G, Weissel M, Burghuber OC: Recurrent paradoxical embolism complicating severe thromboembolic pulmonary hypertension. *Eur Heart J* 1988; 9: 678-81.
 33. Nagelhout DA, Pearson AC, Labovitz AJ: Diagnosis of paradoxical embolism by transesophageal echocardiography. *Am Heart J* 1991; 121: 1552-4.