

인공 기계 심장 판막 이식 환자에서 산소 흡입 중 미세색전 신호의 중요성

조수진* · 나찬영** · 이은일*** · 민양기* · 권기환* · 이정주****
백만종** · 오삼세** · 홍석근***** · 황흥곤*****

Significance of Microembolic Signals during Oxygen Inhalation in Patients with Prosthetic Mechanical Heart Valve

Soo Jin Cho, M.D.*, Chan-Young Na, M.D.**, Eunil Lee, M.D.***, Yang-Ki Minn, M.D.*,
Ki-Han Kwon, M.D.*, Jeong-Ju Lee, M.D.****, Man Jong Baek, M.D.**, Sam Se Oh, M.D.**,
Suk Keun Hong, M.D.*****, Hweung Kon Hwang, M.D.*****

Background: Transcranial Doppler ultrasonography (TCD) can detect microembolic signals (MES) in the patients with a potential embolic source. Clinical significance of MES has not been demonstrated in patients with prosthetic mechanical heart valves. We studied the correlation between cerebral thromboembolic events after the mechanical heart valve surgery (MHVS) and residual MES during TCD monitoring with 100% oxygen inhalation in patients with mechanical heart valves. **Material and Method:** Twenty patients with previous cerebral thromboembolic events after MHVS and a sex- and age-matched control group (n=30) were studied. TCD monitoring was performed from unilateral middle cerebral artery. After baseline monitoring for 20 minutes, 6L of oxygen was inspired for 40 minutes. **Result:** The site of valve and the duration after MHVS of the patients did not differ from those of controls. During baseline monitoring, there was no significant difference in MES prevalence or counts compared to controls. During oxygen inhalation, patients showed a higher MES prevalence (55%, 27.6%, p=0.045) and a more frequent MES counts (p=0.027) compared to controls. **Conclusion:** TCD monitoring with oxygen inhalation may be useful to differentiate clinically significant MES in patients with mechanical heart valve.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2004;37:50-55)

- Key words:** 1. Ultrasound
2. Heart valve prosthesis
3. Embolism
4. Oxygen

*한림대학교 의과대학 신경과

Department of Neurology, Hallym University College of Medicine

**부천세종병원 흉부외과

Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery, Sejong General Hospital

***고려대학교 의과대학 예방의학과

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Korea University

****부천세종병원 신경과

Department of Neurology, Sejong General Hospital

*****부천세종병원 심장내과

Department of Cardiology, Sejong General Hospital

† 본 논문은 55th Annual meeting of American Academy of Neurology에서 포스터 발표되었음.

논문접수일 : 2003년 7월 21일, 심사통과일 : 2003년 11월 25일

책임저자 : 조수진 (150-719) 서울특별시 영등포구 영등포동 94-200, 한강성심병원 신경과

(Tel) 02-2639-5790, (Fax) 02-2635-58270, E-mail: dowonc@naver.com

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

서 론

미세색전 신호(microembolic signal)는 경두개 초음파 검사 중 두개 내 혈관의 배경 혈류보다 높은 강도를 보이는 일시적인 신호 중 잡음을 제외한 신호이며, 다양한 크기의 공기, 혈소판 덩어리, 혈전 등에 의해 발생한다[1]. 심장 질환은 뇌경색의 중요한 색전원(embolic source)이며, 심방 세동 환자의 약 15%에서 미세색전 신호가 보고된다[2]. 특히 인공 기계 심장 판막 이식 환자(이하 심장 판막 이식 환자)는 뇌경색의 고 위험군으로 여명동안 항응고제의 복용이 권장되며, 수술 후 미세색전의 발생이 증가하여서 약 반 수 이상에서 미세색전 신호가 관찰된다[3]. 따라서 미세색전 신호는 인공 기계 심장 판막 환자에서 색전증의 예방과 진단에 유용할 것으로 기대되지만, 최근 인공 기계 심장 판막 환자에서 미세색전의 임상적 의의는 없다고 보고되었다[4-6].

그러나 인공 기계 심장 판막 환자는 기체 색전과 고체 색전이 혼재할 수 있으므로, 이를 구분하여 임상적 의의를 분석하는 것이 타당하다. 경두개 초음파 검사 중 100% 산소를 흡입하면 인공 기계 심장 판막 환자는 미세색전 신호의 빈도가 감소되고, 경동맥 협착증의 환자는 변화하지 않는다고 한다[7,8]. 따라서 100% 산소 흡입은 선택적으로 기체 색전의 발생을 감소시키므로 그 후에도 관찰되는 미세색전은 임상적 의의가 높은 고체 색전일 가능성이 있다.

본 연구자는 인공 기계 심장 판막 수술 후 뇌 혈전색전증의 병력이 있었던 환자군과 연령과 성별이 일치하는 대조군에서 경두개 초음파 검사를 시행하여 100% 산소 흡입 중 관찰되는 미세색전 신호의 양성률과 빈도를 비교하여 인공 기계 심장 판막 환자의 미세색전 신호와 뇌 혈전색전증(cerebral thromboembolism)의 관련성을 밝혀 보고자 하였다.

대상 및 방법

1) 연구 대상

2002년 3월부터 11월까지 부천 세종병원 신경과, 심장내과, 흉부외과 외래 추적 중인 인공 기계 심장 판막 환자를 대상으로 하였다. 환자군은 1) 수술 후 뇌경색이나 일과성 허혈 발작 등의 뇌 혈전색전증 병력이 있고, 2) 검사 당시 외래에서 투약 중이며, 3) 외래에서 경두개 초음파 검사가 가능하며 연구에 동의하는 환자를 연속적으로 20명까지 모집하였다. 대조군은 뇌 혈전색전증의 병력이 없

는 인공 기계 판막 환자 중에서 환자군과 성별 및 연령대가 일치하는 30명으로 하였다.

제외 기준은 1) 수술 전에 뇌 혈전색전증의 병력이 있거나 2) 자세한 병력 청취가 어려운 15세 미만의 어린이 3) 경두개 초음파 검사상 중대뇌동맥의 측정이 불가능한 환자 4) 만성 폐질환으로 100% 산소 흡입 검사를 시행할 수 없는 경우로 하였다.

2) 경두개 초음파 검사 방법

경두개 초음파 검사는 EME companion 기계(EME TC 2020)을 이용하였고, 감시용 2 MHz 탐색자(probe)를 외측 고정기구(Muller fixation system, Nicolet/EME)로 고정하여 과거의 보고와 동일한 방법으로 검사하였다[3]. 검사 혈관은 일측 중대뇌동맥으로 하였고, 뇌 혈전색전증의 병력이 있는 환자는 병측을, 대조군에서는 편의상 우측을 검사하였고, 불가능한 경우는 반대측에서 감시를 시행하였다.

초기 20분 동안의 기초 검사 후 40분 동안 100% 산소를 흡입하면서 감시하였다. 산소 흡입은 안면 마스크를 고정 한 후 100% 산소 6 리터를 공급하였고, 필요 시 검사자가 손으로 마스크를 환자의 얼굴에 고정시켰다.

3) 미세색전 신호의 판독

미세색전 신호의 판독은 검사 후에 9차 국제 뇌 혈류 심포지움의 consensus committee의 기준[9]을 참고하여 미세 색전의 판독에 경험이 있는 신경과 의사가 환자의 임상 정보 없이 저장된 자료를 보고 판독하였다. 검사 중 미세색전 신호의 수와 양성률은 매 20분마다 계산하였으며, 산소 흡입 후 초기 20분간의 결과는 과도기의 결과로 고려하여 산소 흡입 후기 20분의 자료만 분석하였다.

4) 변수

(1) **신경학적 이상 소견:** 경두개 초음파 검사 후 신경과 의사가 설문지에 근거하여 마비, 감각장애, 현훈 및 어지러움, 시야장애 및 복시의 병력 유무를 문진하고 경동맥 잡음을 청진하였고, 신경학적 진찰을 시행하였다. 환자의 뇌경색 및 일과성 허혈 발작 등의 뇌 혈전색전증의 병력 및 최종 발생시기를 기록하였다.

(2) **인공 기계 심장 판막의 상태 및 내원 당일의 항응고제 강도:** 환자의 수술 부위, 수술 시 심장 판막의 유형 및 직경, 수술 후 기간, INR을 기록하였다.

(3) **과거 병력:** 심방 세동, 당뇨, 고혈압, 고지혈증의 병력을 확인하고 기록하였다. 당뇨는 경구용 혈당강하제를

Table 1. The site and types of heart valves between two groups

	Patients (n=20)	Control (n=30)	p-value*
Duration from operation (month)	110.1±68.59	86.0±61.0	0.198
Valve site			0.786
Mitral (%)	11 (55)	16 (53.3)	
Aortic (%)	7 (35)	9 (30)	
Double (%)	2 (10)	5 (16.7)	
Valve types			0.149
Bileaflet (%)	13 (65)	16 (53.3)	
Carbomedics	4	3	
Duromedics	3	3	
St. Jude	5	7	
Sorin	1	3	
Tilting Disc (%)	4 (20)	13 (43.3)	
Metronic hall	2	3	
Omniscience	2	10	
Uncertain	3 (15)**	1 (3.3) [†]	

* χ^2 test; **Mechanical heart valve surgery was done at the other hospitals; [†]One patient received St. Jude valve on aortic lesion and Sorin valve on mitral lesion respectively.

복용 중이거나 공복 시 혈당이 2회 이상 126 mg/dl 이상인 경우로 하고, 고혈압은 약물로 치료 중이거나 안정 시 혈압이 2회 이상 140/90 mmHg 이상인 경우로 하고, 고지혈증은 고지혈증약을 복용 중이거나 총 콜레스테롤 240 mg/dl 이상이거나 중성지방이 200 mg/dl 이상인 경우로 하였다.

5) 통계

통계는 SPSS 7.5 for windows를 이용하였다. 산소 흡입 전후의 20분간의 미세색전의 수는 짝을 이룬 t-test (paired t-test)로 분석하였다. 미세색전 신호의 빈도는 독립된 두 군에 대한 비모수적 통계 분석(Mann-Whitney test)으로 비교하였고, 미세색전 신호의 유무는 χ^2 test를 시행하였다. P<0.05를 통계적 의의가 있다고 인정하였다.

결 과

1) 환자군의 임상적 특징

환자군은 모두 20명으로 남자 13명, 여자 7명이었으며,

Table 2. Positive rate of MES and MES counts before and after inhalation of oxygen

	Patient (n=20)	Control (n=30)	p-value
Before OI			
Positive rate of MES (%)	14 (70)	16 (53.3)	0.189*
Median of MES counts (range)	4 (0~55)	1 (0~30)	0.065**
After OI			
Positive rate of MES (%)	12 (57.1)	8 (27.6)	0.045*
Median of MES counts (range)	1.5 (0~42)	0 (0~11)	0.027**

OI=Oxygen inhalation; MES=Microembolic signals. * χ^2 test; **Mann Whitney test.

연령은 47±12.13 (25~69)세이었다. 기계 심장 판막 수술과 뇌 혈전색전증 발생간의 기간은 88.4±58.33 (7~180)개월이었으며, 증상 발생부터 검사까지의 기간의 정중값은 2 (1~120)개월이었다. 뇌경색이 9명이고, 일과성 허혈 발작 환자가 11명이었다. 뇌 혈전색전증의 증상은 마비(55%), 언어장애(55%), 어지러움 및 현훈(35%), 감각장애(25%), 복시(10%) 등이었다.

2) 환자군과 대조군의 비교

환자군과 대조군의 고혈압, 심방 세동 등의 뇌 혈전색전증의 위험인자는 의미 있는 차이는 없었으며, 검사 시의 INR은 환자군은 2.2±0.84이고 대조군은 2.9±3.40으로 차이가 없었다.

환자군은 수술부터 경두개 초음파 검사까지의 기간은 평균 110.1개월이었고, 대조군과 차이는 없었다. 환자군은 승모판막 11명(55%), 대동맥판막 7명(35%), 양 판막을 동시에 수술 받은 환자는 2명(10%)이었고, 대조군과 의미 있는 차이는 없었다(Table 2). 이식된 판막의 종류는 총 6가지이어서, 양엽성 판막(Bileaflet valve)과 디스크성(Tilting disc valve) 판막으로 나누어서 비교하였으며, 양 군 모두 양엽성 판막이 많았다(Table 1).

3) 산소 흡입 전후의 경두개 초음파 감시 결과

환자군은 산소 흡입 후 미세색전 수가 의미 있게 감소하였으며(p=0.006), 산소 흡입 초기와 후기 20분간의 차이는 없었다. 대조군도 산소 흡입 후 미세색전 수가 의미 있게 감소하였으며(p=0.023), 산소 흡입 초기와 후기 20분간

의 차이는 없었다.

산소 흡입 전 20분간의 검사 동안 환자군은 14명(70%)에서 1개 이상의 미세색전 신호가 관찰되었고, 대조군은 16명(53.3%)에서 관찰되어 의미 있는 차이는 없었다. 환자군은 미세색전 신호수의 정중값이 4 (0~55)로 대조군보다 높았지만 통계학적인 의미는 없었다(Table 2).

산소 흡입 중 후기 20분 동안의 미세색전 양성률은 환자군은 57.1%로 대조군의 27.6%보다 높았고($p=0.045$), 환자군은 미세색전 신호수의 정중값은 1.5로 대조군의 0에 비하여 높았다($p=0.027$, Table 2).

고 찰

미세색전은 1965년 처음으로 인체에서 측정되었으며[1], 경험 많은 의사가 기존의 2차례 국제 심포지엄의 합의에 준하여 판독하도록 되어 있으며[9,10], 관찰자간의 일치도도 0.9로 높은 것으로 알려져 있다[11].

본 연구자는 인공 기계 심장 판막 수술이 뇌 혈전색전증의 중요한 위험 인자이고, 색전성 뇌경색 환자에서 미세색전의 임상적 중요성이 보고되므로[12,13], 경두개 초음파 검사를 이용하여 인공 기계 심장 판막 환자에서 미세색전과 뇌 혈전색전증의 연관성을 밝히고자 하였다.

미세색전과 관련성이 있는 인자로 판막의 종류[14], 환자의 연령[5,6] 등이 보고된다. 수술 후 기간에 대해서는 Linder 등[15]은 수술 후 전향적으로 1년간은 미세색전의 빈도가 크게 변하지 않는다고 하였으나, Braekken 등[16]은 후향적으로 수술 직후보다 수술 5년 후의 환자군에서 미세색전이 흔하다고 하였다. 따라서 수술 후 기간도 미세색전의 발생에 영향을 줄 수 있는 인자로 고려되어야 한다. 그러나 기존의 연구에서 뇌 혈전색전증이 하나의 변수로 분석되어서 환자군과 대조군의 판막의 종류, 연령의 차이가 고려되지 못하였다. 또한 뇌 혈전색전증 환자수가 적어서 통계적 분석에 부적절하여 뇌 혈전색전증과의 관련성이 밝혀지지 않았을 가능성이 높다[4,5,8]. 본 연구는 심장전문병원에서 이루어져서 적절한 규모의 환자군을 모집할 수 있었고, 환자군과 대조군의 연령과 성별을 맞추어 진행하였으며, 환자군과 대조군의 수술 후 기간과 판막의 종류의 차이는 없어서 뇌 색전혈전증과 미세색전의 관련성을 비교적 순수하게 분석할 수 있었다.

본 연구에서 기초 검사 20분간의 미세색전의 양성률 및 미세색전 수는 양 군 간의 차이가 없었지만, 20분당 3개 이상의 미세색전이 관찰된 수는 뇌경색 군이 13명(65%)이

고, 대조군이 9명(30%)로 차이가 있었다. 동일한 Carbo-medics 판막 환자 92명을 대상으로 한 연구에서도 뇌 혈전색전증 환자는 미세색전의 정중 빈도(median frequency)가 뇌 혈전색전증의 병력이 없는 환자보다 많은 경향이 관찰되었다[16].

본 연구의 또 하나의 장점은 인공 기계 심장 판막 환자를 대상으로 산소 흡입 검사를 시행한 것이다. Georgiadis 등[8]은 평균 50분간의 산소 흡입 검사 중 미세색전의 지수적인 감소를 보고하였으나, 본 연구에서는 산소 흡입 초기와 후기 20분간의 미세색전 수의 차이가 없었다. Georgiadis 등[8]은 인공호흡기를 이용하여 산소 60 L/min를 공급하여서 본 연구 방법과 차이가 있으며, 환자의 불편함과 인공호흡기가 필요한 점을 고려할 때 현 연구 방법이 임상적 유용성이 높으리라고 생각된다.

인공 기계 심장 판막 환자에서 산소 흡입 중 미세색전이 감소하는 기전으로는 높은 산소 분압에서 만들어진 기체 색전은 내경이 적어서 대뇌 순환에 가기 전에 혈류에 용해되어 빨리 사라지기 때문이라고 한다[17]. 인공 기계 심장 판막 환자의 미세색전은 산소 흡입이나 고압 조건에서 빈도가 변화하고 항응고제의 강도와 무관하다고 하여서[15,16,18], 대부분 기체라는 주장이 있다. 그러나 조직 판막과 비교할 때 뇌경색 위험이 높은 인공 기계 심장 판막 환자에서 미세색전이 더 많이 관찰되므로[19], 환자마다 기체 색전과 고체 색전의 비율이 다를 수 있다.

본 연구에서도 환자군과 대조군 모두 산소 흡입 후 미세색전의 수가 감소하였으나, 산소 흡입 후 관찰되는 미세색전의 수는 환자군이 대조군에 비하여 의미 있게 많았다. 따라서 인공 기계 심장 판막 환자에서 관찰되는 미세색전의 일부, 특히 산소 흡입 중 관찰되는 미세색전은 과거 뇌 혈전색전증의 병력과 관련성이 있었다. 또한 이 결과는 인공 기계 심장 판막 환자에서 뇌 혈전색전증의 병력에 따라 미세색전 중 기체 색전과 고체 색전의 비율이 다르다는 주장을 뒷받침한다. 따라서 경두개 초음파 검사 중 산소 흡입을 이용한다면 미세색전 중 고체 색전의 비율이 높은 환자를 선별에 유용하리라 생각된다. 그러나 본 연구는 과거 뇌 혈전색전증이 있는 환자를 대상으로 진행되었으므로 미세색전이 뇌경색이나 심내막염 등의 혈전색전증의 위험을 예측할 수 있는지에 대해서는 향후 전향적인 추적 연구가 필요하다.

본 연구의 한계로는 외래 추적이 가능한 뇌 혈전색전증 환자만 포함되어서 증상이 심한 환자가 제외되었으며, 일측에서만 미세색전 측정을 한 것이다. 원칙적으로는 일측

경동맥 초음파 감시는 양측에 비하여 83.9%의 감수성을 보이며, 경동맥 환자와 감별에 도움이 되어서 양측성 감시가 권장되나[15], 기계의 한계로 시행하지 못하였다. 또 인공 기계 심장 판막 외의 뇌 혈전색전증의 원인으로 경동맥 협착증의 감별을 요하는데 경동맥 초음파 검사는 시행하지 못했으며, 본 연구 대상 중 경동맥 잡음이 들린 환자는 없었다.

결 론

인공 기계 심장 판막 환자에서 관찰되는 미세색전의 일부, 특히 산소 흡입 중 관찰되는 미세색전은 과거 뇌 혈전색전증의 병력과 관련성이 있었다. 또한 인공 기계 심장 판막 환자는 산소 흡입 중에도 다른 환자군에 비하여 미세색전 신호의 빈도가 높으므로, 산소 흡입 중 관찰되는 미세색전이 임상적 의의가 있다면, 향후 새로운 항혈소판제나 항응고제 등의 효과를 비교하는 연구에 유용하리라 기대된다.

참 고 문 헌

1. Markus H, Loh A, Brown MM. *Detection of circulating cerebral embolism using Doppler ultrasound in a sheep model.* J Neurol Sci 1994;122:117-24.
2. Eicke BM, Barth V, Kukowski B, Werner G, Paulus W. *Cardiac microembolism: prevalence and clinical outcome.* J Neurol Sci 1996;136:143-7.
3. Cho SJ, Lee E, Back MJ, OH SS, Na CY. *Changes of microembolic signals after heart valve surgery.* Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2003;36:316-20.
4. Georgiadis D, Studer A, Baumgartner RW, Zerkowski HR. *Clinical relevance of microembolic signals in patients with prosthetic heart valves.* Eur J Cardiothorac Surg 2002;22:485-94.
5. Kofidis T, Fischer S, Leyh R, et al. *Clinical relevance of intracranial high intensity transient signals in patients following prosthetic aortic valve replacement.* Eur J Cardiothorac Surg 2002;21:22-6.
6. Nadareishvili ZG, Beletsky V, Black SE, et al. *Is cerebral microembolism in mechanical prosthetic heart valves clinically relevant?* J Neuroimaging 2002;12:310-5.
7. Droste DW, Hansberg T, Kemedly V, et al. *Oxygen inhalation differentiate gaseous from nongaseous microemboli detected by transcranial Doppler ultrasound.* Stroke 1997;28:2453-6.
8. Georgiadis D, Wenzel A, Lehman D, et al. *Influence of oxygen ventilation on Doppler microemboli signals in patients with artificial heart valves.* Stroke 1997;28:2189-94.
9. *Consensus committee of the ninth international cerebral hemodynamics symposium. Basic identification of Doppler microembolic signals.* Stroke 1995;26:1123.
10. *International Consensus Group on Microembolus Detection. Consensus on microembolic detection by TCD.* Stroke 1998;29:725-9.
11. Markus H, Bland JM, Rose G, Sitzer M, Siebler M. *How good is interdot agreement in the identification of embolic signals in carotid artery disease?* Stroke 1996;27:1249-52.
12. Molloy J, Markus HS. *Asymptomatic embolization predicts stroke and TIA risk in patients with carotid stenosis.* Stroke 1999;30:1440-3.
13. Serena J, Segura T, Castellanos M, Davalos A. *Microembolic signal monitoring in hemispheric acute ischaemic stroke: a prospective study.* Cerebrovasc Dis 2000;10:278-82.
14. Sliwka U, Georgiadis D. *Clinical correlations of Doppler microembolic signals in patients with prosthetic cardiac valves.* Stroke 1998;29:140-3.
15. Linder A, Georgiadis D, Luhmann A, et al. *Time course of high-intensity transient signals in patients undergoing elective heart valve replacement: a prospective study.* J Heart Valve Dis 1997;6:527-30.
16. Braekken SK, Russell D, Brucher R, Svennevig J. *Incidence and frequency of cerebral embolic signals in patients with a similar bileaflet mechanical heart valve.* Stroke 1995;26:1225-30.
17. Porter T, Kricsfeld D, Cheatham S, Li S. *Effect of blood and microbubble oxygen and nitrogen on perfluorocarbon-filled dextrose albumin microbubble and efficacy: in vitro and in vivo studies.* J Am Soc Echocardiogr 1998;11:421-5.
18. Baumgartner RW, Frick A, Kremer C, et al. *Microembolic signals counts increase during hyperbaric expose in patients with prosthetic heart valve.* J Thorac Cardiovasc Surg 2001;122:1142-6.
19. Lievens AM, Bakker SLM, Dippel DWJ, Taams MA, Koudstaal PJ, Bogers AJJC. *Intracranial high-intensity transient signals after homograft or mechanical aortic valve replacement.* J Cardiovasc Surg 1998;39:613-7.

=국문 초록=

배경: 경두개 초음파 검사는 색전의 위험이 있는 환자에서 미세색전 신호를 진단할 수 있다. 미세색전 신호의 임상적 중요성은 인공 기계 심장 판막 환자에서는 아직 증명되지 않았다. 우리는 인공 기계 심장 판막 수술 후의 뇌 혈전색전증과 산소 흡입 중 측정되는 미세색전 신호의 관련성을 연구하였다. 대상 및 방법: 인공 기계 심장 판막 수술 후 뇌 혈전색전증의 병력이 있는 20명의 환자군과 성별, 연령별로 일치시킨 30명의 대조군을 대상으로 연구하였다. 경두개 초음파 검사로 일측 중대뇌동맥을 감시하였다. 20분간의 기초 검사 후 40분 동안 100% 산소를 흡입하면서 검사하였다. 결과: 인공 기계 심장 판막의 수술 부위와 수술 후 기간은 환자군과 대조군의 차이가 없었다. 기초 검사 동안 측정된 미세색전 신호의 양성률과 빈도는 양 군 간의 차이가 없었다. 산소 흡입 중 환자군은 대조군에 비하여 미세색전 신호의 양성률이 높았고(55%, 27.6%, $p=0.045$), 미세색전 신호수도 흔하였다($p=0.027$). 결론: 산소 흡입을 이용한 경두개 초음파 검사는 인공 기계 심장 판막 이식 환자에서 임상적으로 의미가 있는 미세색전의 감별에 도움이 된다.

- 중심 단어 : 1. 초음파
2. 인공심장판막
3. 색전
4. 산소