

성인 동맥관 개존증에서의 경도자적 폐쇄술

연세대학교 의과대학 연세심장혈관센터 심장내과

홍명기 · 심원흠 · 이남호 · 이문형 · 장양수 · 정남식 · 조승연

= Abstract =

Transcatheter Closure of Patent Ductus Arteriosus in Adults

Myeong Ki Hong, M.D., Won Heum Shim, M.D., Nam Ho Lee, M.D.,
Moon Hyoung Lee, M.D., Yang Soo Jang, M.D.,
Nam Sik Chung, M.D., Seung Yon Cho, M.D.

Division of cardiology, Yonsei Cardiovascular Center, Yonsei University, Seoul, Korea

Background : Transcatheter closure of patent ductus arteriosus, using the Rashkind double umbrella occluder system, had been attempted in mulitcenter since non-surgical closure of patent ductus arteriosus by Rashkind.

Methods : Between July 1991 and June 1993, transcatheter closure of patent ductus arteriosus was attempted in 20 adult patients(21 trials).

Results : Seventeen female and 3 male patients was consisted of the study. The patient age ranged from 17 to 54 years(mean 30 ± 9 years). Mean pulmonary artery pressure before closure was 18.5 ± 6.0 mmHg(range from 10mmHg to 30mmHg). The diameter of ductus ranged from 3.5mm to 8.0mm(mean 5.2 ± 1.5 mm), as determined by contrast injection through 11F Mullin sheath or 7F catheter. There was significant decrease of Q_p/Q_s from 2.6 ± 1.1 to 1.5 ± 0.4 immediately after transcatheter closure of ductus($p < 0.01$). There was significant decrease of left ventricular end-diastolic dimension by echocardiogram from 58.7 ± 7.6 mm to 53.6 ± 6.5 mm after transcatheter closure of ductus($p < 0.01$). Among the 21 cases, 16 cases(76.2%) had the clinical improvement without the support of surgical closure. One 17mm Rashkind umbrella was retrieved because of position and problem of deployment. There was no device embolic experience in 21 cases. There were 2 cases of hemolytic anemia during the follow-up period ; one case was surgically ligated and another 17mm device was implanted in the other case.

Conclusions : Transcatheter closure of patent ductus arteriosus in adult patients can replace the surgical correction in selected patients

KEY WORDS : Patent ductus arteriosus · Rashkind umbrella.

서 론

1978년 Rashkind등이¹⁾ hooked device를 이용하여 비수술적인 방법으로 동맥관 개존증(patent ductus

arteriosus : PDA)이 있는 3.5kg 신생아에서 동맥관을 성공적으로 폐쇄한 이후, 이 기구의 개량과 발전에 의해서 non-hooked Rashkind umbrella를 개발하였으며²⁾, Bash등이³⁾ Rashkind umbrella를 요골

동맥이 아닌 요골 정맥을 통한 방법으로 삽입하여, 잘 선택된 환자에서는 수술적인 치료방법을 대체할 수 있는 방법이 되었다⁴⁾.

국내에서는 처음으로 본 교실에서 1991년 성인 동맥관 개존증 환자에서 Rashkind umbrella를 사용하여 비수술적 방법으로 시술하였고, 그 이후에 시행한 성인 동맥관 개존 폐쇄술에 대한 시술 결과를 보고하고자 한다.

대 상

1991년 7월부터 1993년 6월까지 연세대학교 심장혈관 센터 심장내과에 내원하여 이학적 검사, 흉부 X-선, 심전도 및 심초음파상 동맥관 개존증으로 진단받은 후, 입원하여 심도자 검사 후에 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행받은 20명의 성인을 대상으로 하였다. 20명의 환자의 연령은 17세에서 54세까지로 평균 30 ± 9 세이었고, 남자 3명, 여자 17명이었다. 용혈성 빈혈과 잔류단락이 남아 있는 1예에서는 Rashkind umbrella를 한개 더 삽입하여 치유한 바 있다.

방 법

경도자적 동맥관 개존 폐쇄술전의 치료로는 일반 심도자술과 동일한 방법으로 시행하였고 예방 목적의 항생제를 시술 전·후로 투여하였다. 시술

방법은 심도자 및 대동맥 조영술을 시행하여 동맥관의 모양과 크기를 확인한 후 Rashkind umbrella를 사용한 동맥관 폐쇄를 시도하였다. 자세한 수기는 Rashkind등이⁴⁾ 발표한 방법을 기초로하여, 심 등이⁵⁾ 발표한 방법으로 하였다. 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술에 사용한 Rashkind umbrella의 크기는 21예 전 예에서 모두 직경이 17mm Rashkind umbrella를 사용하였다. 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행한 후 심초음파로 잔류단락 유무를 판단하였고, 흉부 X-선으로 Rashkind umbrella가 제 위치에 있는지를 확인하였다. 가능한한 외래에서 1주일, 1개월, 3개월, 6개월 간격으로 이학적 검사 및 심초음파 검사를 시행하여 잔류단락의 감소 및 변화를 관찰하였다.

동맥관의 심도자 및 대동맥 조영술을 이용한 형태학적 분류는 Sato등이⁶⁾ 발표한 것에 따라 다음과 같이 하였다(Table 1, Fig. 1~4).

경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 직후에 실시한 대동맥 조영술에서 잔류단락의 유무의 정도는 Bridge등이⁷⁾ 발표한 방법으로 잔류단락이 없는 경우는 폐동맥에 조영제 음영이 보이지 않는 경우, 잔류단락이 미세한 경우는 주 폐동맥(main pulmonary artery)에만 조영제 음영이 희미하게 보이는 경우, 잔류단락이 소량있는 경우는 좌 혹은 우폐동맥 혹은 양쪽 폐동맥에 조영제 음영이 희미하게 보이는 경우로 하였다.

임상경과의 판정은 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술

Table 1. Angiographic classification

Ductus	Group I	Group II	Group III
conical	cylindrical	cylindrical	short(window-type)
Infundibulum			
deep or shallow	deep	shallow	shallow

Example



Fig. 1

Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

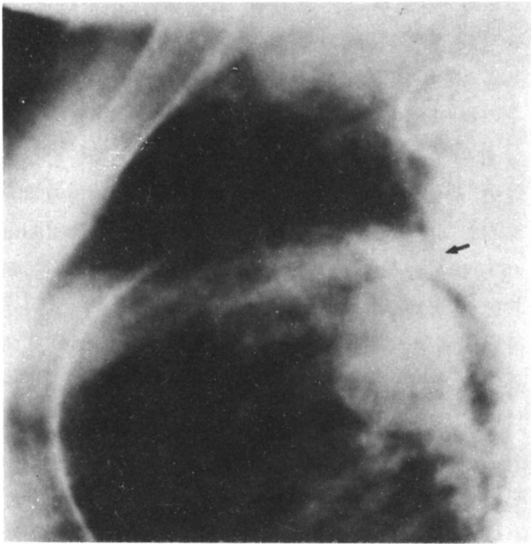


Fig. 1. Conical patent ductus arteriosus.

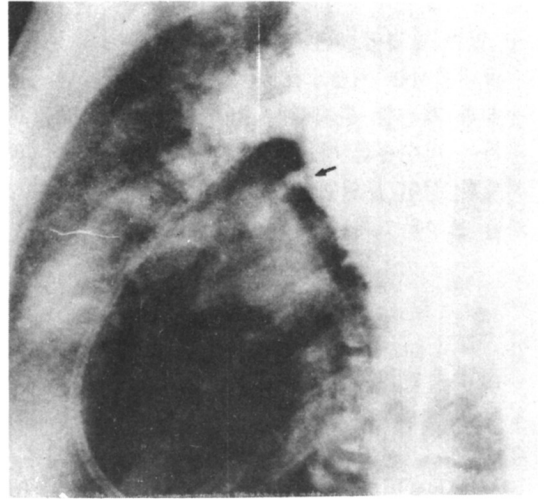


Fig. 3. Cylindrical patent ductus arteriosus.

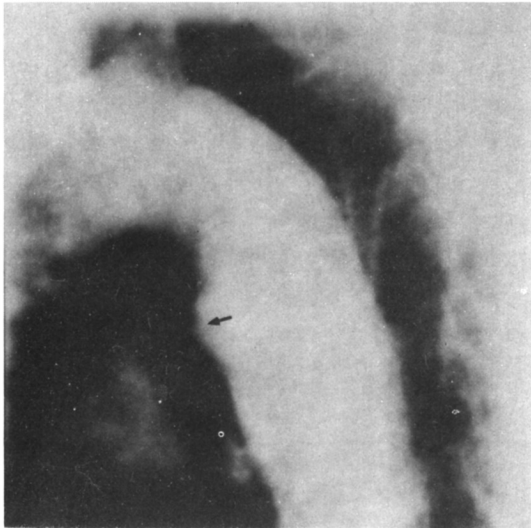


Fig. 2. Conical patent ductus arteriosus.

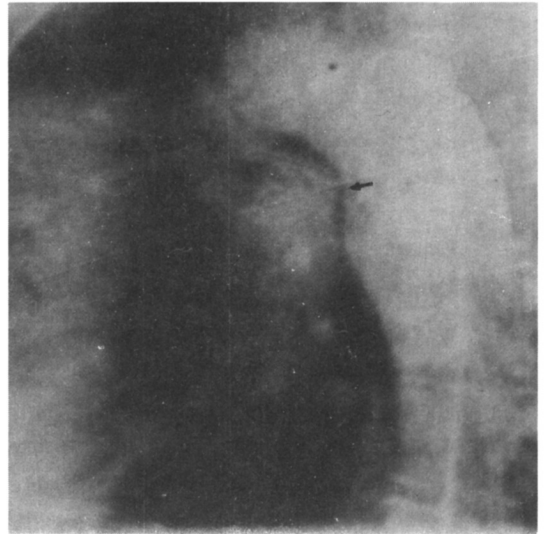


Fig. 4. Short window-like patent ductus arteriosus.

직후에 실시한 대동맥 조영술에서 잔류단락이 없거나, 퇴원후 추적관찰중 시행한 이학적 검사상 심잡음이 없고 심 초음파상 잔류단락이 없는 경우를 완치라고 판정하였고, Rashkind umbrella를 합병증 없이 성공적으로 삽입한 후 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술직후에 실시한 대동맥 조영술상 잔류단락이 감소하였으나 미미한 잔류단락이 있고, 체 혈류량에 대한 폐 혈류량의 비가 1.5미만으로 퇴원후 추적관찰중 심초음파상 미미한 잔류단락이 있는 경우를 수기적 성공(technical success)으로 판정하였다.

결 과

환자 20예에서 21회의 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행하였으며, 1명의 환자는 2회의 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행 받았다. 평균 폐동맥 압력은 10mmHg에서 30mmHg까지 평균 18.5 ± 6.0 mmHg이었으며, 동맥관의 크기는 3.5mm에서 8.0mm까지 평균 5.2 ± 1.5 mm이었다. 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술의 시술 전 체 혈류량에 대한 폐

혈류량의 비(pre-occlusion Q_p/Q_s)는 평균 2.6 ± 1.1 에서 시술 후 체 혈류량에 대한 폐 혈류량의 비(post-occlusion Q_p/Q_s)가 평균 1.5 ± 0.4 로써 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시술후에 체 혈류량에 대한 폐 혈류량의 비가 의미있게 감소하였다($p < 0.01$). 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 전·후로 실시한 심초음파상의 좌심실 확장말기 직경은 각각 $58.9 \pm 7.6\text{mm}$, $53.6 \pm 6.5\text{mm}$ 로써 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시술후에 좌심실 확장말기 직경이 의미있게 감소하였다($p < 0.01$). Sato 등에 의한 동맥관의 형태학적 분류는 1군(conical type)이 15명, 2군(cylindrical type)이 4명, 3군(short window type)이 2명이었다. 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 실시한 직후에 실시한 대동맥 조영술에서 잔류단락이 없었던 예가 1예, 미세한 잔류단락이 있었던 예가 11예, 소량의 잔류단락이 있었던 예가 9예이었다(Table 2).

경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행한 후 7일 이내에 심초음파를 시행한 19예중에서 잔류단락이 없었던 예가 8예(42.1%)이었으며, 1~3달후에 심초음파를 시행한 11예중 5예에서 잔류단락이 없었다(Table 3). 이 5예중 1예는 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시행 후 7일 이내에 시행한 심초음

파에서는 잔류단락이 있었으나 1달 후에 시행한 심초음파에서는 잔류단락이 없어진 경우이다.

동맥관의 직경이 4.0mm 이상의 경우인 16예중 8예에서 완치, 4예에서 수기적 성공으로 12예(75.0%)에서 수술적 치료없이 임상경과가 호전되었으며, 4.0mm미만인 5예중 3예에서 완치, 1예에서 수기적 성공으로 4예(80.0%)에서 임상경과가 호전되었다. 동맥관의 모양에 따라서는 1군(conical type) 15예중 8예에서 완치, 4예에서 수기적 성공으로 12예(80.0%), 2군(cylindrical type) 4예중 2예에서 완치, 1예에서 수기적 성공으로 3예(75.0%), 3군(short window type) 2예중 1예(50.0%)에서 완치되어 임상경과가 호전되었다.

경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시행직후 실시한 체 혈류량에 대한 폐 혈류량의 비(post-occlusion Q_p/Q_s)가 1.5미만이거나, 시행 직후에 실시한 대동맥 조영술에서 잔류단락이 없었거나, 추적 관찰 과정에서 실시한 심초음파상 잔류단락이 없었던 예가 16예로써 76.2%에서 임상경과가 호전되었다.

경도자적 동맥관 개존 폐쇄술의 합병증으로 2예에서 시술 후 추적 과정에서 용혈성 빈혈과 심초음파상의 잔류단락이 관찰되었다. 2예중 1예는 수술적 치료 및 Rashkind umbrella를 제거하였으며,

Table 2. Angiographic and echocardiographic findings(n=21)

PDA morphology		
Group I (cone type)	15	
Group II (Cylindrical type)	4	
Group III (Short window type)	2	
Mean pulmonary artery pressure(mmHg)	18.5 ± 6.0	(10-30)
Diameter(mm)	5.2 ± 1.5	(2.5-8.0)
Pre-occlusion Q_p/Q_s (n=15)	2.6 ± 1.1	
Post-occlusion Q_p/Q_s (n=15)	1.5 ± 0.4	($p < 0.05$)
Pre-LVEDD(n=14) (mm)	58.9 ± 7.6	
Post-LVEDD(n=14) (mm)	53.6 ± 6.5	($p < 0.05$)
Immediate aortography after closure		
no residual shunt	1	
trivial residual shunt	11	
small shunt	9	
LVEDD : left ventricular end diastolic dimension		

Table 3. Echocardiographic follow-up

	Within 1-7 days (n=19)	Within 1-3 months (n=11)
No residual shunts	8	5
Residual shunts	11	6

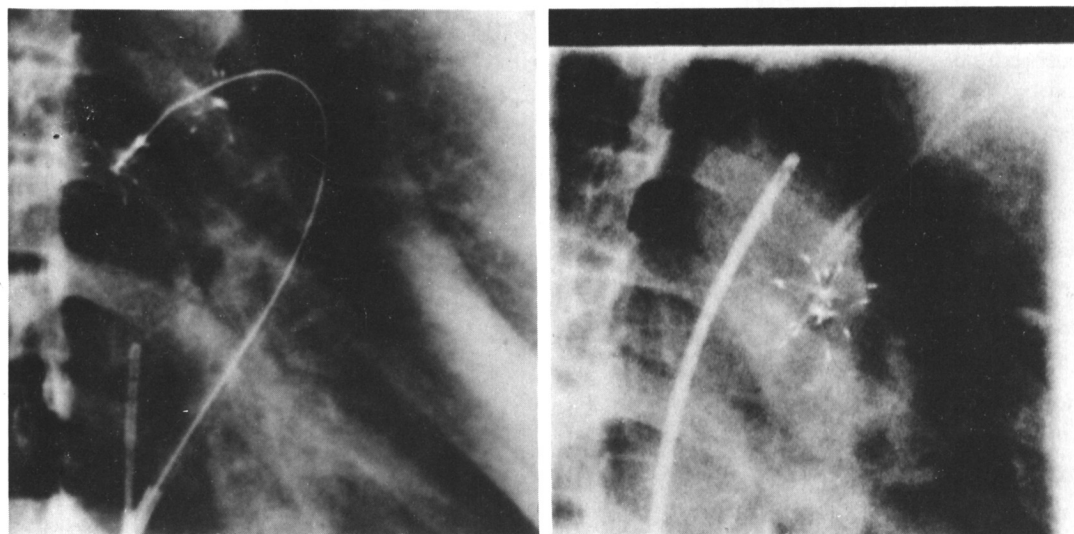


Fig. 5. Second trial of Rashkind umbrella deployment.

수술 후에 용혈성 빈혈은 없어졌다. 나머지 1예는 2차 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행하여 용혈성 빈혈도 치유되었으며, 심초음파상의 잔류단락도 사라졌다(Fig. 5). 20명의 환자를 대상으로 한 21회의 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술에서 Rashkind umbrella의 배치장애로 Rashkind umbrella를 다시 제거한 예가 1예 있었으며, Rashkind umbrella의 폐동맥 및 대동맥 부위로의 색전은 한 예도 없었다.

고 안

잘 선택된 환자에서 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술은 수술적 교정을 대체할 수 있는 방법이다⁴⁾. 즉, 심도자 및 대동맥 조영술을 시행하여 동맥관의 크기, 모양 및 길이등을 세밀히 관찰하여 폐동맥 고혈압이 심하지 않거나, 동맥관의 크기가 8mm를 넘지 않으며, 동맥관의 생김새가 관 모양(tubular shape)이 아닌 경우에 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술의 적응증이 된다⁵⁾. 동맥관 개존증의 수술적 교정이 낮은 사망율과 유병율을 갖는 안전한 방법이지만⁸⁾, 이런 환자를 대상으로 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행하는 경우에 수술로 인한 상처, 수술후의 휴유증등을 피할 수 있다.

동맥관의 모양에 따른 분류는 Krichenko등이⁹⁾ Rashkind umbrella가 위치하기 적합한 동맥관의

가장 좁은 곳이 어디인가에 따라 5개의 군으로 분류하였다. A군은 동맥관의 대동맥 연결 부위는 넓고, 폐동맥 연결 부위가 좁은 군, B군은 동맥관의 대동맥 연결 부위가 좁은 군, C군은 특별히 좁은 부분이 없는 관 모양의 군, D군은 다발성의 협착이 있는 군, E군은 원추형(cone shape)이지만 이상한 모양인 군으로 나누었는데, A 및 B군이 Rashkind umbrella 설치가 적합한 군이고, C군의 경우에 Rashkind umbrella 설치가 불안정하여 색전의 가능성이 높은데, 특히 동맥관의 크기가 5mm 이상의 경우에 이런 가능성이 높다고 하였다. E군의 경우에는 참고 지표인 기도(trachea) 공기 음영에서 멀리 떨어져 있어서 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술이 힘들다고 하였다. 윤 등의¹⁰⁾ 보고에 의하면 소아 동맥관 개존의 경우에 직경이 큰 관 모양의 동맥관은 이탈이 잘 되었으며, 원추형의 동맥관은 Rashkind umbrella 설치가 용이하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 21예에서 동맥관의 모양을 Krichenko 등에 의한 분류를 시도하였으나 수가 적은 관계로 적합치 않아서, Sato등⁶⁾에 의한 분류에 따라 나누었다. Sato등의 분류에 따른 동맥관의 생김새는 1군은 원추형(conical type)으로 누두(infundibulum)가 깊고 동맥관이 원추형(conical) 혹은 원통형(cylindrical)인 경우이며, 2군은 원통형(cylindrical type)으로 누두가 얇고, 동맥관이 원통형인 경우이고,

3군은 창모양(window-like type)으로 누두가 얇고, 동맥관이 매우 짧은 경우이다. 본 연구에서는 동맥관의 모양에 따라 1군에서 80%, 2군에서 75%, 3군에서 50%에서 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시술후 수술적 치료없이 임상경과가 호전되었으나 동맥관의 모양에 따른 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술의 적응증 여부는 보다 많은 수의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

동맥관의 크기에 대해서 고찰하여 볼때, 현재 동맥관의 직경을 4mm를 경계로하여 4mm 이하인 경우에는 12mm, 4mm 이상인 경우에는 17mm의 Rashkind umbrella가 적용되고 있는데 본 연구에서는 21예 전 예에서 17mm Rashkind umbrella를 사용하였으며 동맥관의 직경이 4.0mm 이상의 경우인 16예중 12예(75.0%), 4.0mm미만인 5예중 4예(80.0%)에서 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시술후 수술적 치료없이 임상경과가 호전되었다. 동맥관 직경의 크기가 4mm이상인 경우에 Bridges등의⁷⁾ 보고에 의하면 17mm Rashkind umbrella의 사용으로 만족할만한 임상 결과가 없어서 동맥관의 직경의 크기가 4mm 이상인 14명의 환자를 대상으로 Clamshell umbrella를 사용하여 11명에서 심초음파상 잔류단락이 없는 좋은 결과를 얻었다는 보고도 있다. Rashkind등은⁴⁾ 이런 동맥관의 모양, 크기등을 고려하여 146명의 환자를 대상으로 66%의 성공적인 동맥관 폐쇄를 보고하였으며, 1차 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행하여 잔류단락이 의미있게 남아있는 경우 2차 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행하였고, 이것역시 실패하였을 경우에 수술적 치료를 하는 것이 좋다고 보고하였다⁴⁾. 본 연구에서도 1예에서 1차 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행 후 잔류단락이 의미있게 남아있고 용혈성 빈혈이 초래된 경우에 2차 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행하여 용혈성 빈혈이 치유되고 잔류단락도 심초음파 추적관찰에서 없어진 예가 있었다.

경도자적 동맥관 개존 폐쇄술후의 문제점은 폐동맥이나 대동맥으로의 Rashkind umbrella의 색전과 잔류단락이다. 색전이 초래되는 경우는 Rashkind umbrella 크기가 실제 동맥관의 직경보다 작은 경우, 동맥관에 Rashkind umbrella가 잘못 착상된 경우, Rashkind 도사의 post-release snaring등에 기

인한다¹¹⁾. 외국의 경우 40명의 소아를 대상으로 연구하여 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행한 직후 대동맥 조영술을 실시하여 잔류단락이 있었던 경우는 33%에서 있었고, 3달 후 추적 관찰에서 21%로 줄었으며¹¹⁾, 3년간 추적관찰에서 6%의 잔류단락을 보고하였다¹²⁾. 국내에서는 윤 등¹⁰⁾이 소아를 대상으로 6개월 추적관찰에서 10%의 심초음파상의 잔류단락을 보고하였다. 본 연구에서는 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행후 7일 이내에 심초음파를 시행한 19예중 11예(57.9%)에서 잔류단락이 있었으며, 1~3달 후에 심 초음파를 시행한 11예중 6예에서 잔류단락이 관찰되었으며 나머지 심 초음파를 시행하지 않았던 10예는 추적관찰이 되지 않았거나 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술이후에 잔류단락이 없다고 판정을 받았거나 심잡음이 들리지 않는등 임상 경과가 좋았던 환자들이다. 특히 1예에서는 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시행후 7일 이내에 실시한 심초음파 검사에서 잔류단락이 있었으나 1달후 추적 관찰에서 잔류단락이 없어졌던 경우이었다. 본 연구에서는 중례가 적었음을 고려하더라도 윤 등의¹⁰⁾ 3개월 추적관찰에서 31%, 6개월 추적 관찰에서 10%의 잔류단락이 있었음을 고려할때 소아 동맥관 개존증과 성인 동맥관 개존증의 차이점으로 사료된다. 이렇게 추적 관찰시에 잔류단락이 막히는 기전은 Rashkind umbrella의 foam안에서 응고, 동맥관 주위의 섬유화, 그주위 구조의 섬유화가 그 기전이 아닌가 생각되고 있다¹¹⁾.

본 연구에서는 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시행 30분~1시간전 및 시행후 2~3일간 cepha계통 항생제 및 aminoglycoside를 투여하였고, 경구용 항생제를 갖고 퇴원하였는데 21예 전 예에서 감염성 심내막염은 관찰되지 않았다. 200여명의 환자를 대상으로 장기간 추적관찰 결과 심내막염, Rashkind umbrella의 이동등의 부작용은 관찰되지 않았다는 보고가 있으나¹³⁾, 보다 많은 수의 연구 및 보다 긴 기간의 추적관찰이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

연구배경 :

1978년 Rashkind등이 비수술적 방법으로 동맥관

개존을 폐쇄한 이후, 여러기관에서 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술이 시행되고 있다. 본 교실에서는 1991년 2예의 성인 동맥관 개존을 비수술적인 방법으로 시술하였고, 그 이후에 시행한 성인에서의 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술의 결과를 보고하고자 한다.

대상방법 :

1991년 7월부터 1993년 6월까지 20명에서 21예의 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술을 시행하였고, 시행 전 · 후로 이학적 진단 및 심초음파로 대상환자를 추적관찰하였다.

결 과 :

1) 대상 환자는 남자 3명, 여자 17명이었고 연령은 17세에서 54세까지 평균 30 ± 9 세이었다.

2) 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술전의 폐동맥압은 10mmHg에서 30mmHg로써 평균 18.5 ± 6.0 mmHg이었고, 동맥관의 직경은 3.5mm에서 8.0mm로써 평균 5.2 ± 1.5 mm이었다.

3) 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 전 · 후의 체혈류량에 대한 폐 혈류량의 비는 각각 2.6 ± 1.1 , 1.5 ± 0.4 로써 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 시행후 체혈류량에 대한 폐 혈류량의 비가 의미있게 감소하였다($p < 0.01$).

4) 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 전 · 후에 실시한 심초음파상의 좌심실 확장말기직경은 각각 58.9 ± 7.6 mm, 53.6 ± 6.5 mm로써 의미있게 좌심실 확장말기 직경이 감소하였다($p < 0.01$).

5) Sato등에 의한 동맥관의 형태학적 분류는 1군(conical type)이 15명, 2군(cylindrical type)이 4명, 3군(short window type)이 2명이었다.

6) 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술 직후에 실시한 대동맥 조영술상 잔류단락이 없거나, 체 혈류량에 대한 폐 혈류량의 비가 1.5이거나, 추적 관찰 도중 시행한 심초음파상 잔류단락이 없었던 경우로 수술적 치료가 필요없을 것으로 사료되는 경우가 총 21예중 16예(76.2%)에서 관찰되었다.

7) 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술의 합병증으로 폐동맥이나 대동맥으로의 Rashkind umbrella 색전은 1예도 없었고, Rashkind umbrella 설치가 잘못되어 다시 제거한 경우가 1예, 용혈성 빈혈이 2예 있었다.

결 론 :

잘 선택된 성인 환자의 경우 경도자적 동맥관 개존 폐쇄술이 수술을 대체할 수 있는 방법으로 고려할 수 있다.

References

- 1) Rashkind WJ, Causo CC : Transcatheter closure of patent ductus arteriosus, successful use in a 3.5kg infants. *Pediatric cardiol* 1 : 3, 1979
- 2) Rashkind WJ : Transcatheter treatment of congenital heart disease. *Circulation* 67 : 711-716, 1983
- 3) Bash SE, Mullin CE : Insertion of patent ductus occluder by transvenous approach : A new technique. *Circulation* 70(Suppl II) : 285-291, 1984
- 4) Rashkind WJ, Mullin CE, Hellenbrand WE, Tait MA : Non-surgical closure of patent ductus arteriosus. Clinical application of the Rashkind PDA occluder system. *Circulation* 75 : 583-592, 1987
- 5) 심원홍 · 윤정환 · 김병옥 · 조승연 · 설준희 : 경도자적 동맥관 개존증 폐쇄술. *순환기* 21 : 908-913, 1991
- 6) Sato K, Fujino M, Kozuka T, Naito Y, Kitamura S, Nakano S, Oyama C, Kawashima Y : Transfemoral plug closure of patent ductus arteriosus : experience with 61 consecutive cases treated without thoracotomy. *Circulation* 51 : 337-341, 1975
- 7) Bridges ND, Perry SB, Parness I, Keane JF, Lock JE : Transcatheter closure of a large patent ductus arteriosus with Clamshell septal umbrella. *J Am Coll Cardiol* 18 : 1297-1302, 1991
- 8) Wagner HR, Ellison RC, Zierler S, Lang P, Purohit DM, Behrendt D, Waldhausen JA : Surgical closure of patent ductus arteriosus in 268 preterm infants. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 87 : 870, 1984
- 9) Krichenko A, Benson LN, Burrows P, Moes CAF, McLaughlin PR, Freedom RM : Angiographic classification of the isolated, persistently patent ductus arteriosus and implications for percutaneous catheter occlusion. *Am J Cardiol* 63 : 877-880, 1989
- 10) 윤용수 · 최정연 · 노정일 : 소아의 동맥관 개존에서 Rashkind umbrella를 이용한 비수술적 폐쇄. *소아과* 36 : 550-554, 1993
- 11) Dyck JD, Benson LN, Smallhorn JF, McLaughlin

- PR, Freedom RM, Rowe RD : *Catheter occlusion of the persistently patent ductus arteriosus. Am J Cardiol* 62 : 1089-1092, 1988
- 12) Hosking MCK, Benson LN, Musewe, Dyck JD, Freedom RM : *Transcatheter occlusion of the persistently patent ductus arteriosus : 40 month follow-up and prevalence of residual shunting. Circulation* 84 : 2313-2317, 1991
- 13) Wierny L, Plass R, Portsmann W : *Transluminal closure of patent ductus arteriosus. Cardiovasc Intervest Radiol* 9 : 279-286, 1986