

## 소구경 동맥이식편으로 사용한 자가심낭의 조직학적 분석

양 지 혁\* · 성 상 현\*\* · 김 원 곤\*\*\*

### Histological Analysis of Autologous Pericardial Tissue Used as a Small-Diameter Arterial Graft

Ji-Hyuk Yang, M.D.\*, Sang Hyun Sung, M.D.\*\*, Won Gon Kim, M.D.\*\*\*

**Background:** Current vascular prostheses are still inadequate for reconstruction of small-diameter vessels. Autologous pericardium can be a good alternative for this purpose as it already possesses good blood compatibility and shows a mechanical behavior similar to that of natural arteries. However, the clinical use of autologous pericardial tissue as a small-diameter vascular graft has limitations due to mixed outcomes from uncertain biological behavior and difficulty to gain reliable patency results in animal experiments. To study this issue, we implanted fresh and glutaraldehyde-treated autologous pericardium as small-diameter arterial grafts in dogs, and compared their time-related changes histologically. **Material and Method:** As a form of 5mm-diameter arterial graft, one pair of autologous pericardial tissue was used for comparison between the glutaraldehyde-treated and the glutaraldehyde-untreated grafts in the bilateral carotid arteries in the same dog. The patency of the grafts were evaluated at regular intervals with Doppler ultrasonography. After the predetermined periods of 3 days, 2 weeks, 1 month, 3 months and 6 months, the grafts in each animal were explanted. The retrieved grafts were processed for light and electron microscopic analyses following gross observation. **Result:** Of 7 animals, 2 were excluded from the study because one died postoperatively due to bleeding and the other was documented as one side of the grafts being obstructed. All 10 grafts in the remaining 5 dogs were patent. Grossly, a variable degree of thromboses were observed in the luminal surfaces of the grafts at 3 days and 2 weeks, despite good patency. Pseudointimal smooth blood-contacting surfaces were developed in the grafts at 1 month and later. By light microscopy, mesothelial cell layers of the pericardial tissue were absent in all explanted grafts. Newly formed endothelial cell layers on the blood-contacting surface were observed in both the glutaraldehyde-treated and fresh grafts at 3 months and later. The collagen fibers became degraded by fragmentation in the fresh graft at 1 month and in the glutaraldehyde-treated graft at 3 months. At 6 months, the collagen layers were no longer visible in either the glutaraldehyde-treated or fresh grafts. By electron microscopy, a greater amount of coarse fibrin fibers were observed in the fresh grafts than in the glutaraldehyde-treated grafts and, more compact and well-arrayed layers were observed in the glutaraldehyde-treated grafts than in the fresh grafts. **Conclusion:** The glutaraldehyde-treated small-diameter pericardial arterial grafts showed a better endothelialization of the blood-contacting surface and a slower fragmentation of the collagen layers than the fresh grafts, although it has yet to be proven whether

\*성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 흉부외과

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Samsung Seoul Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine

\*\*지방공사 서울의료원 흉부외과

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul Medical Center

\*\*\*서울대학교 의과대학 흉부외과학교실, 서울대학교 의학연구원 심장연구소

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University College of Medicine, Heart Research Institute, Seoul National University Medical Research Center

논문접수일 : 2003년 3월 31일, 심사통과일 : 2006년 1월 24일

책임저자 : 김원곤 (110-744) 서울 종로구 연건동 28, 서울대학교병원 흉부외과  
(Tel) 02-2072-2348, (Fax) 02-765-7117, E-mail: wongon@plaza.snu.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

these differences are so significant as to affect the patency results between the groups.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2006;39:261-268)

**Key words:** 1. Blood vessel prosthesis  
2. Pericardium

## 서 론

심낭은 우수한 혈액적합성을 가진 것으로 알려져 있어, 이미 심혈관외과의 다양한 분야에 사용되고 있다. 첩포로 이용하여 심혈관계를 확장하거나 결손을 폐쇄하기도 하며 동맥재건술이나 심장의 판막치환술 등에도 쓰인다[1]. 이종심낭과 자가심낭이 모두 사용되고 있는데, 이종심낭은 항원성을 억제하고, 조직을 멸균하며, 단백질 분자의 교차결합에 의한 조직의 강화를 유도하기 위해 글루타르알데하이드(glutaraldehyde)로 화학적 처치를 하여 사용한다[2,3]. 자가심낭을 글루타르알데하이드로 처리하는 경우는 주로 조직의 강화가 그 목적이다[4,5].

한편 현재까지 개발된 인조혈관들은 큰 혈관에서는 만족스러운 장기적 개통성(long-term patency)을 보여 주고 있지만 보다 작은, 말초의 혈관에서는 아직까지 혈관 대체물로서 적합하지 않다. 이에 이상적인 소구경 혈관이식편을 개발하기 위한 연구가 여러 방면에서 진행 중에 있다[6,7]. 자가심낭은 인조혈관의 재질로서 좋은 대안이 될 수 있는데 그 이유는 자체에 중피세포층으로 덮인 매끈한 면을 가지고 있어 혈액의 흐름에 적합하고, 본래의 혈관과 물리적 성상이 유사하여 순응도 부조화(compliance mismatch)에 따르는 이식편의 기능 부전을 방지할 수 있다는 점 때문이다[8]. 그러나 자가심낭을 임상에서 소구경 혈관이식편으로 사용하는 데는 제한이 따른다. 이는 주로, 이식 후 일정치 않은 생물학적 양태에 의해 그 결과가 혼동된다는 점 때문이며, 살아 있는 세포를 가진 신선 심낭을 사용하였을 때 더욱 이러한 양상이 두드러진다[9]. 또 다른 문제는 혈관이식편 실험에 있어 표준으로 사용되는 동물인 개에서, 심낭으로 만든 소구경 혈관이식편으로는 신뢰할만한 개통성을 얻을 수 없다는 점이다.

이에 대한 연구를 위해, 저자들은 신선 자가심낭과 0.6% 글루타르알데하이드로 처리한 자가심낭으로 각각 소구경 혈관이식편을 만들어 개에 이식하고, 일정기간 경

과 후 다시 적출하여 육안 및 광학, 전자현미경으로 그 조직학적인 변화를 비교 분석하였다.

## 대상 및 방법

### 1) 동물실험

15~20 kg의 건강한 잡견을 실험에 사용하였다. 한 마리 당 한 쌍의 자가심낭 이식편을 제작하여 양측 경동맥에 삽입하였는데 그 중 하나는 글루타르알데하이드로 처리하였고 나머지는 처리하지 않았다. 수술 후, 동물마다 각각 3일, 2주, 1개월, 3개월, 6개월의 기간을 정해 사육하였다.

수술 3일 전부터 매일 아스피린(30 mg/kg)과 디피리다몰(dipyridamole, 3 mg/kg)을 복용토록 하였다. 케타민으로 마취 유도 후 기관내 삽관하고 1~1.5%의 isoflurane으로 마취를 유지하였고, 링거액(lactated Ringer's solution)을 15 mL/kg/hour로 주입하였다. 좌전방개흉술을 작게 시행하고 심낭의 앞쪽을 잘라내어 돌로 나는 후, 하나는 0.6% 글루타르알데하이드로 고정하고 나머지는 아무런 처치를 하지 않았다(Fig. 1). 이를 Hega dilator에 말아 놓고 양쪽 끝을 7-0 Prolene (Ethicon Sutures Ltd., Peterborough, Ontario, Canada)으로 연속봉합함으로써 직경 5 mm, 길이 2.5 cm의 혈관이식편으로 제작하였다. 이때 매끈한 중피세포면이 혈액과 접촉하도록 하였다. 목에 정중절개를 시행하고 경동맥을 박리한 다음, 혈관 내 혈전 생성을 방지하기 위해 100 IU/kg의 헤파린을 정주하였다. Debakey 혈관겸자로 경동맥의 양쪽을 차단한 후 경동맥 일부를 절제하고 앞에서 제작한 이식편을 각각 삽입하였다. 이때 혈관과 이식편 간의 단-단문합은 7-0 Prolene을 이용하여 뒤쪽은 연속봉합으로, 앞쪽은 단속봉합으로 시행하였다. 마취 시작과 함께 Cefazolin (20 mg/kg)을 정주하였고, 술 후 2일까지 근주하였다. 수술 후 경동맥 적출 시까지 식이에 특별한 제한은 하지 않았으며 항혈전제를 계속 투약하였다. 컬러 도플러 초음파검사(SA-8800, Medison Co. Ltd., Seoul, Korea)

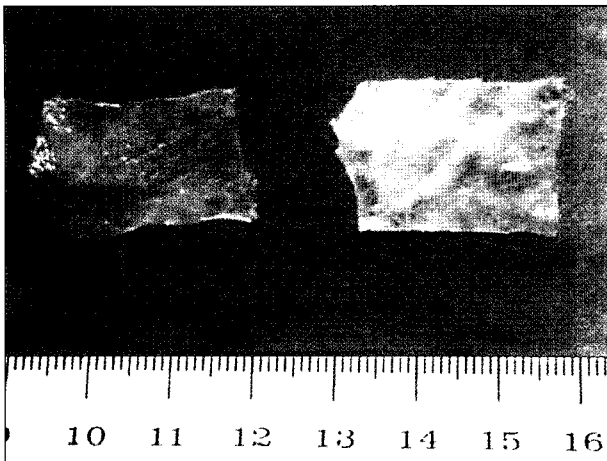


Fig. 1. The fresh (left) and glutaraldehyde-treated (right) pericardial tissues are shown.

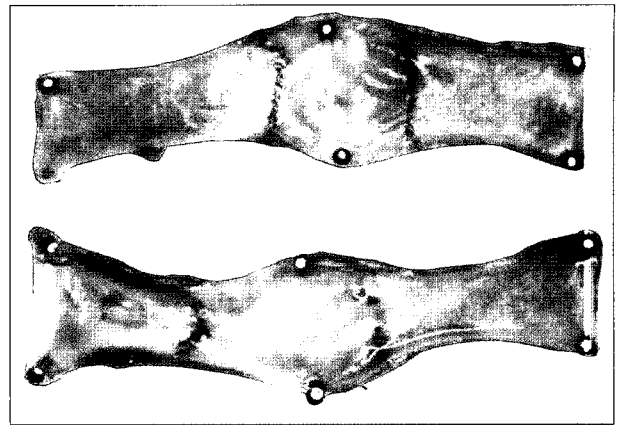


Fig. 3. The graft length is shown to be rather shortened in the glutaraldehyde-treated grafts at 6 months (upper) as compared to the fresh pericardial grafts at 6 months (lower).

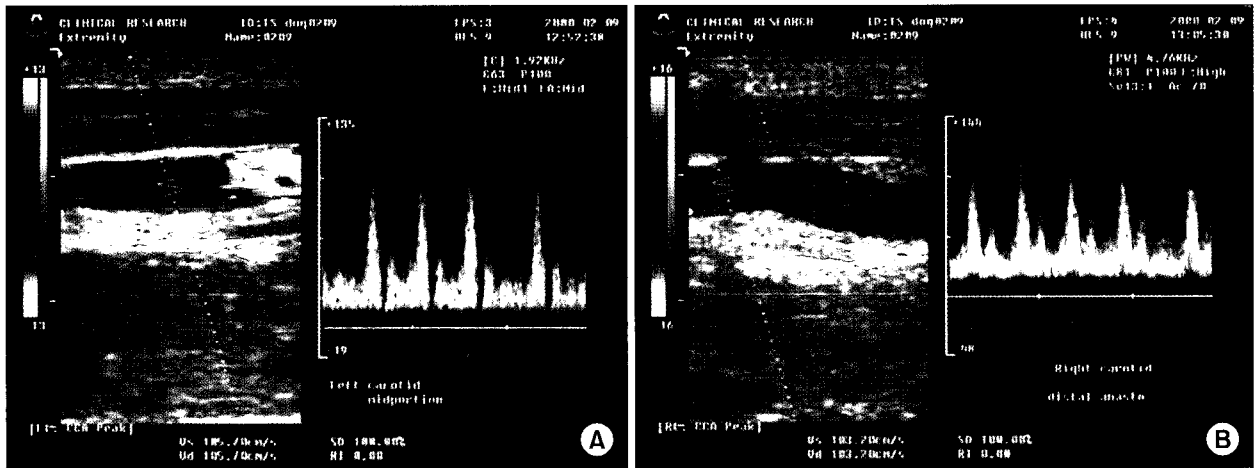


Fig. 2. An echocardiographic examination taken at 3 months postoperatively reveals the patency of the pericardial grafts interspersed in the left (A) and right (B) carotid arteries of an animal.

로 이식편의 개통성을 정기적으로 확인하였다.

## 2) 이식편의 적출 및 검사

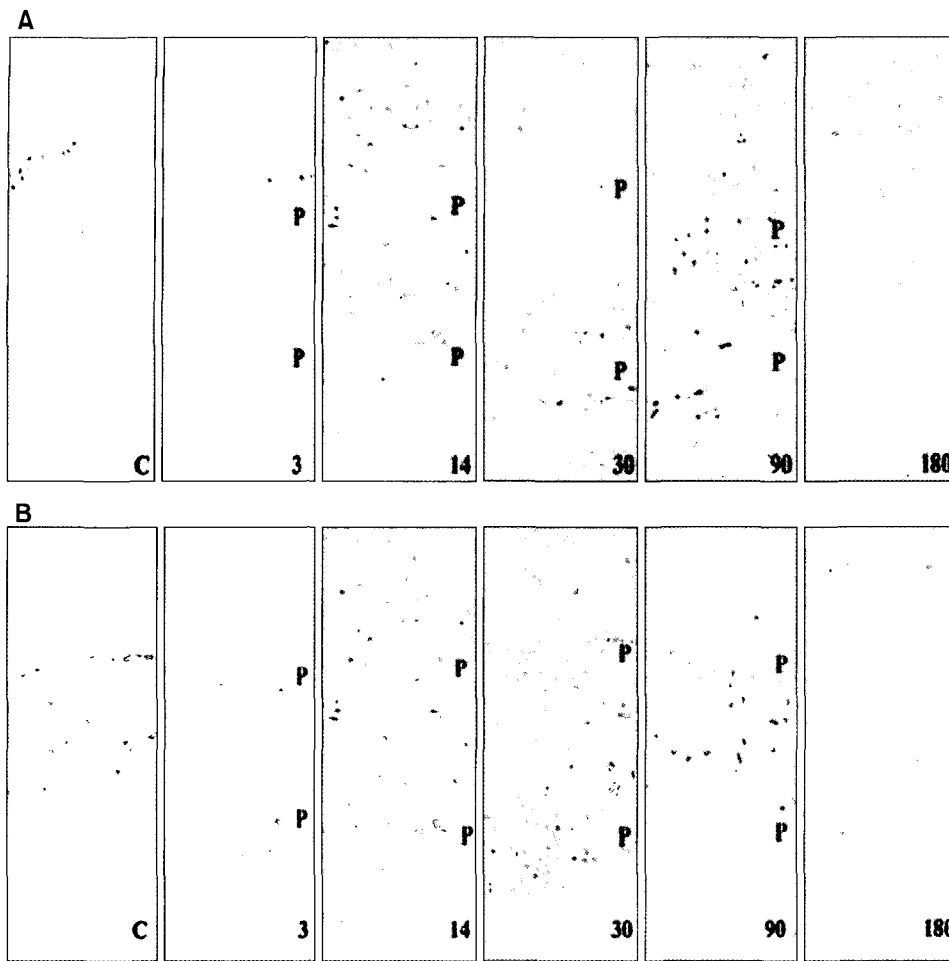
실험동물마다 정해진 기간 동안 사육한 후 이식편을 적출하였다. 마취 하에 이식편을 노출시키고 헤파린(5,000 IU)을 투여한 다음, 이식편의 근위 문합부와 원위 문합부에서 1 cm 정도 떨어진 경동맥 위에 각각 결찰한 후 이식편을 적출하였다. 적출한 이식편을 중절개하고 인산염-완충 식염수액(phosphate-buffered saline, pH 7.4)으로 조심스럽게 헹구고 나서, 먼저 육안소견을 비교하였다. 현미경적 분석을 위해 이식편의 근위 및 원위 문합부와 중간부에서 길이 1 cm 정도를 채취하여 2% 포르말데하이드에 2시간

가량 고정하고 동결 건조 후, 파라핀 블록에 포매하고 세절기(microtome)를 이용하여 100  $\mu$ m 두께의 절편을 만들었다. 제작된 포본을 hematoxylin-eosin으로 염색하였고, 대조를 위해 혈액과 접촉한 적이 없는, 글루타르알데하이드로 고정된 심낭조직과 신선 심낭조직을 같이 분석하였다.

또한 전자현미경으로 분석하기 위해서 이식편을 적출 후 2% 글루타르알데하이드 용액에 바로 담그고 검사 전까지 4°C에 보관하였다.

## 결 과

총 7마리의 잠견을 대상으로 실험을 시행하였다. 이 중



**Fig. 4.** Light microscopic findings in the time-related changes of the fresh pericardial grafts (A) and the glutaraldehyde-treated pericardial grafts (B) explanted after the predetermined periods (3, 14, 30, 90, 180 days)(H&E stain,  $\times 100$ ). P=Pericardium; C=Control.

한 마리는 경동맥에서의 지연 출혈로 인해 술 후 1일째 사망하였다. 술 후 초음파 추적검사상, 글루타르알데하이드로 처리한 이식편만이 개통성이 있는 것으로 확인된 한 마리는 분석에서 제외하였다. 나머지 5마리는 각각 3일, 2주, 1개월, 3개월, 6개월의 기간을 정해두고 사육하였는데 이식편 적출 시까지 정기적인 초음파검사상 10개의 이식편 모두에서 개통성이 있는 것으로 확인되었다(Fig. 2).

### 1) 육안소견

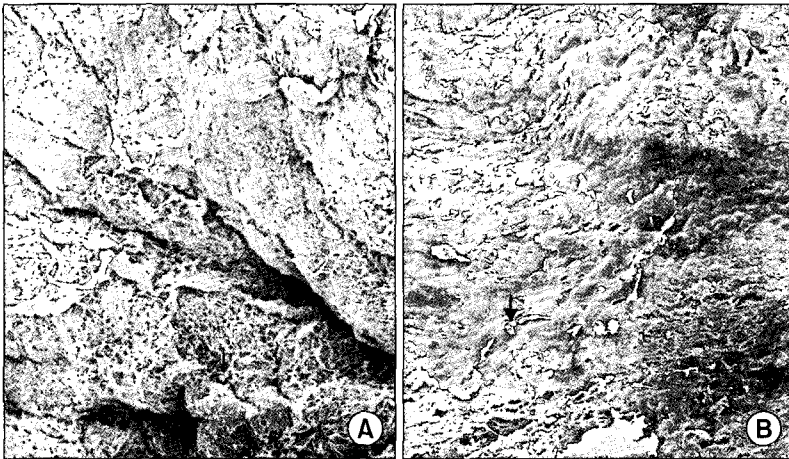
개통성이 양호했음에도 불구하고 3일과 2주째에 적출한 이식편에서는 내강 면에 다양한 정도의 혈전이 관찰되었다. 1개월과 그 이후에 적출한 이식편에서는 위내막성의 매끈한 혈액접촉면이 형성되어 있었다. 3개월째 적출한 이식편에서는 신선 자가심낭으로 만든 이식편의 길이가 글루타르알데하이드로 처리한 것보다 더 짧아져 있었다. 반면, 6개월째에서는 글루타르알데하이드로 처리한 이식

편의 길이가 신선 자가심낭으로 만든 이식편보다 더 짧아져 있었다(Fig. 3). 1개월 및 그 이전의 이식편들에서는 양쪽의 길이가 같았다.

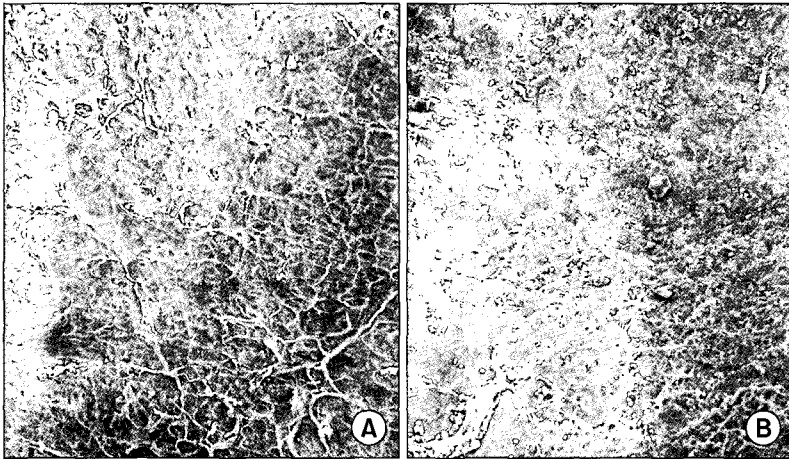
### 2) 광학현미경 소견(Fig. 4)

(1) **중피 및 내피세포:** 적출한 모든 이식편에서 중피세포층은 관찰되지 않았다. 심지어 대조군으로 사용한, 혈액과 접촉한 적이 없는 이식편 중 글루타르알데하이드로 처리하지 않은 심낭조직의 일부에서도 중피세포가 관찰되지 않았다. 3개월째부터는 내피세포와 유사한 세포로 이루어진 층이 혈액 접촉면에 새롭게 형성되는 것이 관찰되었는데, 이는 글루타르알데하이드 처리군과 신선 심낭으로 만든 군 모두에서 관찰되었다.

(2) **심낭의 콜라겐층:** 혈액과 접촉한 적이 없는 대조군은  $300\mu\text{m}$  두께의 조밀한 콜라겐층이 관찰되었다. 3개월째 적출한 이식편에서는 섬유모세포(fibroblast) 핵의 수가



**Fig. 5.** Scanning electron micrograph from the specimen taken at 3 days postoperatively: the luminal surfaces of both the fresh pericardial graft (A) ( $\times 300$ ) and the glutaraldehyde-treated pericardial graft (B) ( $\times 300$ ) shows fibrin deposition containing blood corpuscles (arrow).



**Fig. 6.** Scanning electron micrograph from the specimen taken at 14 days postoperatively: the fresh pericardial graft (A) ( $\times 300$ ) and the glutaraldehyde-treated pericardial graft (B) ( $\times 300$ ). More smooth layers of fibrin accumulation is observed than the grafts at 3 days (Fig. 5). But, there is no significant difference between the grafts of the same time period.

줄어 대조군의 절반 정도만이 관찰되었다. 2주째 및 그 이후의 이식편에서는 콜라겐층에서 핵이 발견되지 않았다. 콜라겐 섬유는 분절되며 점차 분해되었는데, 이러한 소견은 신선 심낭을 이용한 군에서는 1개월째에, 글루타르알데하이드 처리 군에서는 3개월째에 관찰되었다. 콜라겐 섬유의 분해는 이물질 반응(foreign body reaction)이나 염증세포 침윤 등의 유의한 염증소견을 동반하지는 않았다. 그러나 콜라겐 섬유는, 내강 쪽에서는 혈전을 유발하는 것처럼 보였으며 이식편의 바깥쪽에서는 육아조직을 형성하는 것처럼 보였다. 6개월째에는 글루타르알데하이드로 처리한 군이나 신선 심낭군 어디에서도 콜라겐층을 찾아볼 수 없었다.

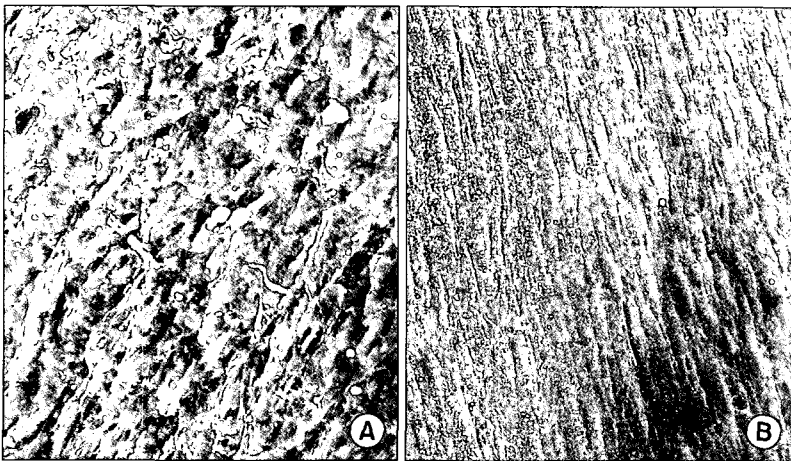
### 3) 전자현미경 소견

글루타르알데하이드로 처리한 이식편과 신선 심낭으로

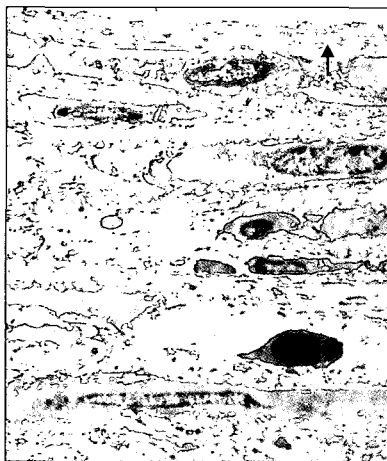
만든 이식편 모두에서 3일째와 2주째에는 혈구를 포함한 섬유소의 침착이 내강쪽 표면에 관찰되었다. 그러나 3일째보다는 2주째의 이식편들에서 섬유소 침착이 보다 미끈한 층을 형성하고 있었다(Fig. 5, 6). 1개월째의 이식편은 2주째와 비슷한 양상을 보였으나 고배율로 관찰 시, 글루타르알데하이드로 처리한 이식편보다 신선 심낭으로 만든 이식편에서, 거친 섬유소의 침착이 더 많이 관찰되었다(Fig. 7). 3개월째 이식편에서는 내피세포층이 나타나기 시작했는데, 글루타르알데하이드로 처리한 이식편에서 보다 조밀하게 잘 배열되어 있는 것을 알 수 있었다(Fig. 8). 이때까지도 신선 심낭으로 만든 이식편에서는 섬유소의 침착이 군데군데 관찰되었다. 6개월째의 이식편은 3개월째와 유사한 양상을 보였고 이때까지도 내피세포층이 완전한 연속성을 보이지는 않았다. 내피세포가 없는 부분에서는 투과 전자현미경 상 섬유소층 아래로 여러 겹의 섬유



**Fig. 7.** Scanning electron micrograph from the specimen taken at 30 days postoperatively: the grafts shows similar pattern to those of the grafts at 14 days while a greater amount of coarse fibrin fibers is observed in the fresh pericardial graft (A) ( $\times 1,500$ ) than the glutaraldehyde-treated pericardial graft (B) ( $\times 1,500$ ) at higher magnification.



**Fig. 8.** Scanning electron micrograph from the specimen taken at 90 days postoperatively: endothelial cell layers begin to appear, but scattered fibrin accumulations are still observed the fresh pericardial graft (A) ( $\times 1,500$ ). More compact and well-arranged endothelial cell layers are observed in the glutaraldehyde-treated pericardial graft (B) ( $\times 800$ ).



**Fig. 9.** Transmission electron micrograph from the fresh pericardial graft explanted at 180 days postoperatively ( $\times 4,000$ ). Multiple layers of fibroblasts are found underneath a fibrin layer (arrow) in the endothelial cell-devoid area.

유모세포들이 관찰되었다(Fig. 9).

## 고 찰

자가심낭은 공여자에게 심각한 부담을 주지 않고도 쉽게 얻을 수 있다는 점에서 매우 유용한 생체 이식물이다. 그러나 이론적인 장점에도 불구하고 아무런 처치를 하지 않고 자가심낭을 심혈관계에 이식하였을 때는 만족할만한 성적을 얻지 못하였다[4,10-12]. 때문에, 임상과 실험 분야 모두에서 신선 조직에 대한 세포반응을 완화시키기 위한 목적으로 자가심낭에 글루타르알데하이드나 에탄올(ethanol) 등의 처치를 하여 사용한 바 있다[4,9].

본 연구는 글루타르알데하이드로 처치한 자가심낭과 아무런 처치를 하지 않은 자가심낭을 잠건의 소구경 동맥 이식편으로 사용하고, 이들의 시간에 따른 변화를 비교하

였다. 동일한 잡견의 양쪽 경동맥에 두 종류의 자가심낭 조직을 각각 이식한 후 비교하였으므로, 그 결과가 실험 동물의 개별적인 차이에 의해 영향을 받지 않았다고 할 수 있다. 개통물이나 내강면의 육안소견을 비교하면 양 군 간에 유의한 차이가 있다고 할 수 없으나, 현미경적 분석에서는 글루타르알데하이드로 처리한 이식편의 내강면에서 신선 자가심낭으로 만든 이식편보다 균일하고 매끈한 섬유소층의 침착과 더 나은 내피세포면의 형성이 관찰됨으로써 상대적으로 적절한 혈액접촉 반응을 보였다고 할 수 있다. 콜라겐층은 다른 점에서는 군 간에 별 다른 차이가 없었지만, 분절에 의한 분해 과정이 글루타르알데하이드로 처리한 군에서 더 늦게 발현되었다.

이식편의 길이가 단축되는 것은 섬유화 반응과 관련 있다고 여겨지는데, 3개월과 6개월째에서 일치하지 않는 소견을 보였다. 3개월째는 신선 자가심낭 이식편이 글루타르알데하이드로 처리한 이식편보다 더 짧았지만, 6개월째는 오히려 글루타르알데하이드로 처리한 이식편이 더 짧았다. 이는 섬유화로 인한 수축이 개별적인 동물마다 다른 양상으로 일어난 것이 원인이라 생각된다. 한편, 이식하지 않은 대조군 심낭조직에서조차도 조작하는 동안 중피세포가 쉽게 벗겨져 나간다는 것을 주목할 때, 중피세포층 자체는 이식 후 내강쪽에 항혈전 표면을 제공하는 데 있어 의미있는 역할은 하지 못할 것으로 보인다. 심낭의 콜라겐층은, 후에는 육아조직의 벽을 만드는 중추 역할을 하지만, 초기에는 내강의 연속성을 유지하는 역할을 한다. 모든 심낭이식편은 충분한 강도를 지니고 있어 위 내막으로 이루어진 육아조직이 새로운 혈관벽을 형성할 때까지 그 원래의 형태를 유지하고 있었다.

## 결 론

본 연구는 잡견의 경동맥에 글루타르알데하이드로 처리한 심낭과 신선 자가심낭으로 만든 소구경 혈관이식편을 각각 삽입한 후 시간에 따른 변화를 조직학적으로 비교 분석하였다. 여기서 발견된 소견들이 개통물의 차이를 낳기에 충분한 것인가는 향후 검증되어야 하겠으나, 글루타르알데하이드로 처리한 자가심낭으로 만든 혈관이식편이 신선 자가심낭으로 만든 이식편에 비해 혈액접촉면의

내피세포생성이 더 우월하였고, 콜라겐층도 더 늦게 분해됨을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Scrofani R. *The role of autologous pericardium in cardiac surgery.* Ann Thorac Surg 1997;63:1.
2. Carpentier A, Lenaigre G, Robert L, et al. *Biological factors affecting long-term results of valvular heterografts.* J Thorac Cardiovasc Surg 1969;58:467-83.
3. Araujo JD, Braile DM, Azenha Filho JO, Barros ET, Marconi A. *The use of bovine pericardium as an arterial graft.* J Cardiovasc Surg 1987;28:434-9.
4. Kumar SP, Prabhakar G, Kumar M, et al. *Comparison of fresh and glutaraldehyde-treated autologous stented pericardium as pulmonary valve replacement.* J Card Surg 1995; 10:545-51.
5. Messina JJ, O'Loughlin J, Isom OW, Klein AA, Engle MA, Gold JP. *Glutaraldehyde treated autologous pericardium in complete repair of tetralogy of Fallot.* J Card Surg 1994;9: 298-303.
6. Hoffman AS. *Modification of material science to affect how they interact with blood.* In: Boland B, Cullinan J, Cohn T. *Blood-Material Interaction.* New York: The New York Academy of Sciences. 1987;96-101.
7. Herring M, Gardner A, Glover J. *A single-staged technique for seeding vascular graft with autogenous endothelium.* Surgery 1978;84:498-504.
8. Mantero S, Pietrabissa R, Motta A, Ferrari M, Berchiolli R. *A new pericardium vascular prosthesis: mechanical behavior, SEM analyses and clinical indications.* Int J Artif Organs 1996;19:372-8.
9. Cheung DT, Choo SJ, Grobe AC, et al. *Behavior of vital and killed autologous pericardium in the descending aorta of sheep.* J Thorac Cardiovasc Surg 1999;118:998-1005.
10. Leplay D, Hausmann PF, Wiesel W. *The fate of pericardial pedicled grafts used in a fixed position in various chambers of the dog heart.* J Thorac Surg 1959;37:711-9.
11. Bortolotti U, Gallo JJ, Gabbay S, Factor SM, Sisto D, Frater RW. *Replacement of mitral valve chordae with autologous pericardium in dogs.* Thorac Cardiovasc Surg 1984;32:15-7.
12. Seybold-Epting W, Chiariello L, Hallman GL, Cooley DA. *Aneurysm of pericardial right ventricular outflow tract patches.* Ann Thorac Surg 1977;24:237-40.

=국문 초록=

**배경:** 현재까지 개발된 인조혈관들은 소구경 혈관에서는 좋은 성적을 보이지 못하고 있다. 심혈관외과 분야에서 빈번히 사용되는 심낭은 우수한 혈액 적합성 및 실제 동맥과 유사한 물리적 성상을 가진 것으로 알려져 있어 이에 대한 대안이 될 수 있으나, 소구경 혈관이식편으로 사용하기에는 동물실험에서 개통성을 얻기 어렵고 결과가 일정치 않아 제한이 따른다. 이에 저자들은 글루타르알데하이드(glutaraldehyde)로 처리한 자가심낭과, 아무런 처리를 가하지 않은 자가심낭으로 소구경 혈관이식편을 만들어 이를 실험동물에 이식하고, 시간에 따른 조직학적 변화를 관찰하고자 하였다. **대상 및 방법:** 0.6% 글루타르알데하이드로 처리한 자가심낭과 아무런 처리를 하지 않은 신선 자가심낭으로 직경 5 mm의 혈관이식편을 만들어 동일한 잡견의 양측 경동맥에 각각 삽입하였다. 술 후 초음파를 이용하여 정기적으로 동맥이식편의 개통 여부를 확인하였고, 예정된 기간(3일, 2주, 1개월, 3개월, 6개월)이 경과한 후 이를 적출하여 육안소견, 광학 및 전자현미경 소견을 비교하였다. **결과:** 같은 과정을 거친 7마리 중 술 후 사망한 1예와 한쪽 이식편이 막힌 경우 1예를 제외한 5예에서 이식편의 개통성이 유지되었다. 육안소견 상, 3일과 2주째 적출한 이식편에서는 다양한 정도의 혈전이 관찰되었으나, 1개월 이후의 이식편에서는 위내막성의 매끈한 막이 혈액접촉면에 형성되었다. 광학현미경 상, 모든 이식편에서 중피세포층은 사라졌으며, 3개월과 6개월째 이식편들에서는 혈액접촉면에 내피세포층이 발견되었다. 콜라겐층은 신선 자가심낭을 이용한 군에서는 1개월째, 글루타르알데하이드로 처리한 군에서는 3개월째부터 분해가 관찰되어, 6개월째에는 어느 군에서도 콜라겐층을 찾아볼 수 없었다. 전자현미경 상, 1개월째에는 신선 심낭을 이용한 이식편에서 더 거친 섬유소의 침착이 관찰되었고, 3개월 이후에는 글루타르알데하이드로 처리한 이식편의 내피세포층이 더 조밀하게 잘 배열되어 있었다. **결론:** 글루타르알데하이드로 처리한 자가심낭을 이용한 소구경 동맥이식편이 신선한 자가심낭으로 만든 이식편보다 혈액접촉면에 내피세포 형성이 잘 되고, 콜라겐층이 더 늦게 분절됨을 발견하였다. 그러나 이러한 차이가 개통성에 영향을 줄 정도로 유의한 것인가에 대해서는 향후 추가의 연구가 필요하리라 사료된다.

**중심 단어 :** 1. 인조혈관  
2. 심낭