

## 실험적 미세혈관 이식과 이식후의 조직학적 소견

### Experimental Microvascular Grafts in Rats and Its Histological Studies

서울대학교병원 성형외과\* 및 서울대학교 의과대학 해부학교실\*\*

김진환\*·조사선\*\*·장가용\*\*

#### 서 론

최근 수술현미경을 이용한 미세혈관분합술이 개발되면서 외과학 여러분야의 발전은 눈부시게 개발되고 있으며 이로 인한 임상에서의 업적도 수없이 보고되고 있고 수술방법이 절차 향상 되어 의학계의 큰 진화점을 이루하고 있다(김과 박 1980, 김동 1980) 그러나 미세혈관분합술이나 미세혈관이식술에 의하여 일단 혈관이 연결되어도 그 치유 과정중에서 혈관내에 혈전이 생기거나 혈관벽에서의 여러 변화 때문에 분합혈관이 폐쇄되어 수술을 실패하게 되는 경우가 드물지 않다.

따라서 이의 원인과 기전을 밝히는 일은 앞으로 미세혈관분합술을 보다 정확하고 성공적인 방향으로 성공시키는데 무엇보다도 실행되어야 할 문제들이다.

지금까지 Lenday와 Owen (1970)이 문합술후 6개월 된 사람의 혈관을 명시조직학적으로 짐작함으로써 첫 임상례를 보고한 이래 Khodadad(1970), Baxter등 (1972)과 Acland 및 Trachtenberg (1977)등은 동물의 혈관을 대상으로 실험적 문합술을 시행한 다음 혈관의 문합부위에서 일어나는 빙리조직학적 변화를 평가한 미경으로 관찰하였고 김(1980)과 김동(1981)은 문합부위의 조직병리학적 소견을 광학 및 전자현미경을 통하여 관찰하였으며 강동(1981)등은 미세혈관분합부위의 소견을 평화 및 두사전자현미경(TEM)을 통하여, Servant 등(1976)과 Thurston 및 Buncke (1976)등은 주사전자현미경을 이용하여 문합혈관에서 내피세포의 변화를 밝혔다.

미세혈관분합술을 이용하는 미세수술에 있어서는 미단위와 같은 문합부위의 문제뿐만이 아니고 경우에 따라서는 혈관의 길이가 짧아 동맥이나 경맥에 혈관이식을 시행하지 않으면 안되는 경우도 있다.

저자는 근간 임상에서 여러 예의 미세혈관분합술을

이용한 유리관비판 수술을 시행하였으며 앞으로 이 분야의 인들은 점점 그 수요가 증가 될 것으로 보이며 보다 정확하고 만족한 성과를 얻기 위하여는 수술자의 많은 경험과 기술향상은 물론 수술후의 문합부 또는 이식된 혈관의 여러 가지 조직병리 현상이 함께 규명되어야 할 것이다.

절단된 수지의 재접합술, 유리관비판이식술 및 복합이식술에 있어서 동맥이나 경맥문합술은 필수요건이며 때때로 이식제공부위의 혈관이나 혹은 이식편 수여부의 혈관의 길이가 짧을 때 무리하게 문합술을 시행하는 경우 술후에 혈전생성이나 혹은 문합술의 실패로 중대한 손상을 받게 되므로 미세정맥이식술이 필요하다. 저자들은 이와같은 미세정맥이 이식 후 어떠한 조직변화를 일으키는가를 알기 위하여 흰쥐의 대퇴혈관을 대상으로 수술현미경하에서 문합술을 시행하여 수술후에 혈관벽의 변화를 평화 및 전자현미경을 이용 경시적으로 관찰하기 위하여 본 실험을 기도하였다.

#### 실험방법 및 재료

정맥이식 방법은 김동(1980, 1981)이 보고한 방법을 사용하였다. 체중 250그램 내외의 흰쥐를 실험동물로 사용하였다. 동물은 에테르입마취하에 복부 및 양측 대퇴부를 삭발 후 Phisohex로 부위소독을 하였고 다음에 대안내를 중심으로 통상적인 대퇴절개선을 통하여 대퇴동맥을 노출시켰다. 사용된 수술현미경은 Zeiss Op Mi-7이었고 그의 Malis Bipolar Coagulator 및 S&T제의 미세수술기구를 사용하였고 봉합사는 10-0 Nylon BV 75-3(Ethicon)을 썼다. 대퇴동맥을 주위 기관으로부터 조심스럽게 서해안대로부터 superficial epigastric vein 기시부까지 노출하고 나서 이 분지를 기시부로부터 원위부를 향하여 주위조직으로부터 조심스럽게 약 1.5~2센티 정도 박리, 분리시키고 이들의 분지는 10-0 Nylon으로 결찰, 절단하였다.

Superficial epigastric vein은 기시부를 지난점에서 8-0 nylon으로 결찰하고 다시 이로부터 1.5~2센티 거

\* 본 논문은 1980년도 서울대학교병원 연구비로 만들어 졌음.

리에서 원위부를 결찰, 양단을 절단하여 정맥이식용으로 사용할 segment를 얻었으며 이는 곧 heparinized saline으로 세척 후 문합술을 위하여 양단의 외막처리를 하였다. 다시 대퇴동맥의 중간에서 약 5미리의 간격을 두고 양단을 Approximator로 잡은 후 이의 중간 점에서 동맥을 절단, 내강을 heparinized saline으로 세척 후 외막처리를 하였다. 이미 준비된 정맥의 이식 절편을 대퇴동맥의 결손부에 방향을 반대방향으로 바꾸어 단단문합술을 근위부 및 원위부 순으로 시행하였다.

근위부의 단단문합술은 겨자(1981)가 고안한 Invagination technique를 이용하였고 원위부는 통상적인 방법을 이용하였다. 봉합이 끝난 후 원위부로부터 clamp를 제거하고 다음 근위부의 그것을 제거한 후 봉합부위를 약 3~4분간 가볍게 압박하였다. 그 후 문합부의 patency test를 시행하고 혈행이 회복된 것을 확인 후 청성은 6-0 nylon으로 봉합하였다.

실험동물은 그 후 제1 및 제2주에 다시 진신마취하에 수술창을 열어 대퇴동맥의 patency를 검사 하였으며 수술 후 1개월, 2개월, 12개월에 다시 문합부를 일어 조직 표본을 일었다.

조직처리 : 수술 후 1개월, 2개월, 12개월에 각각 휙취를 ether 마취 시킨 다음 복부와 서예부를 삭발하고 국소처리 하여 문합된 혈관을 찾아서 인접조직으로부터 이식술을 시행한 혈관 부위를 충분히 분리하였다. Acland와 Trachtenberg(1977)의 방법을 변형하여 문합된 부위를 다음과 같이 절제해 냄으로써 조직처리 과정중에 일어나는 수축을 막고 각 재료마다 인정한 조건이 유지되도록 하였다.

즉 stainless wire를 이용하여 간격이 약 2센티 되는 U자형 모형을 제작하고 이식술을 시행한 부위를 중심으로 하여 원위부와 근위부를 이 U자형 모형에 각각 결찰한 다음 진체 하여 생학 및 전자현미경 관찰을 위한 조직처리 과정에 들어갔다.

광학 및 투사전자현미경(TEM) 조직처리 과정은 먼저 실험(김동; 1981)과 동일하게 하였고 주사전자현미경(SEM) 관찰을 위하여는 조직 절취 전에 복대동맥을 통하여 생리적 식염수를 관주 시킴으로써 대퇴동맥 내의 혈액을 깨끗히 씻어내고 여기에 다시 2.5% glutaraldehyde 용액을 통과시켜 혈관을 고정시켰다. 절제후 혈관을 종단하여 내피를 노출시키고 다시 2.5% glutaraldehyde 용액에 1~2일간 더 고정시킨 다음 1% osmium tetroxide에 후고정하였다.

Ethanol 및 propylene oxide series를 거쳐 표본 stub에 부착하고 동결건조기(freeze dryer, Edward Co.)에

2~3일간 전조시켰다. 종착기(coater, Edward, Nano Tech.) 내에서 carbon과 goldpalladium alloy에 각각 1, 2차 종착(coating)하여 ISI Korea 주사전자현미경으로 관찰하였다.

## 성 적

광학현미경적 관찰 : 수술 후 1, 2개월의 병리조직학적 변화는 치유 초기의 조직반응인 염증성 반응과 의사 뒤에 일어나는 일련의 복구과정으로 이와 같은 변화는 이미 발표된 전실험(김동, 1981)에서 단계별로 상세히 기술하였기 때문에 본실험에서는 생략한다. 수술 후 1년이 경과된 혈관에서는 이식된 경맥벽이 경상대조군보다 비후되어 있었고 특히 동맥과의 문합부위인 원위 및 근위부에서 더 비후되어 있었다. 이 비후된 벽의 대부분은 교원섬유와 섬유아세포 및 평활근섬유들로 이루어져 있었으며, 이들은 혈액의 주행방향에 따라 매우 정연한 배열을 하고 있었다. 내강면은 완전히 복구된 내피세포들로 잘 덮혀 있어 경상대조군과 차이가 없었으며, 외막은 평활근세포들이 비교적 잘 발달되어 있었다(Fig. 4).

한편 이식된 혈관의 문합부위는 단단문합술을 시행한 부위에서나 "Invagination technique"에 의한 문합부위에서나 모두 동맥과 경맥이 결합조직에 의하여 깨끗이 유착되어 있었고 다른 부위에서 보다 모세혈관이 매우 잘 발달되어 있었다(Fig. 1, 2). 특히 단단문합술에 의한 수술부위에서는 "Invagination technique"에 의한 수술부위 보다 훨씬 더 결합조직의 중식과 모세혈관이 많이 관찰되었다(Fig. 1, 2). 또한 문합부위에서의 내강면은 내피세포들이 매우 잘 덮고 있어 내강면에서 보았을 때 경맥과 동맥의 이행부위가 정상부위와 빛 차이를 보이지 않았다(Fig. 3).

투사전자현미경적 관찰 : 수술 후 1개월에 문합부위에서 내피세포의 재생이 일어나고 있었으며 혼히 이들 사이로 백혈구의 침윤과 탐식세포의 출현이 관찰되었다(Fig. 5, 6). 수술 후 2개월에는 분임종에 있는 섬유아세포(fibroblast)와 내형질세포가 잘 발달된 세포들이 자주 출현되었으나, 이들 세포들은 대부분이 그 세포질 내에 많은 공포를 함유하고 있었고, 세포주위에는 교원섬유들로 차 있어 활발한 복구 과정이 일어나고 있었다(Fig. 7, 8).

주사전자현미경적 관찰 : 경상대조군의 혈관 내강은 방추형(fusiform)의 내피세포들이 혈액의 주행방향에 따라 세포로 정연하게 배열되어 있었으며 세포의 중심부는 핵이 들어 있어 내강면으로 나소 돌출되어 있었

다(Fig. 9, 10). 동맥과 정맥의 내피세포는 근본적으로 큰 차이가 없었으나 동맥의 내피세포가 정맥에서 보다 세포 경계가 뚜렷하고 다소 들출되어 있었다(Fig. 9, 10).

정맥이식술을 시행한 대퇴동맥은 그 근위부와 원위부에 각각 봉합사가 잔존하고 있어 저배율에서도 문화부위를 쉽게 구별할 수 있었으며(Fig. 11, 14), 봉합사가 판통된 부위의 내막은 심한 손상으로 수술 후 2개월에도 내피세포의 손상이 복구되지 않으며, 이와 같은 부위는 흔히 혈전을 동반하고 있었다(Fig. 14, 15).

그러나 봉합사에 의하여 적절적인 손상을 받지 않은 부위에서는 재생된 내피세포로 떨어져 있고 이들 세포는 정상대조군의 내피세포와 큰 차이가 없었으나 정상 내피세포 보다 심히 수축되어 있어 세포간적이 벌어져 있고 내강면의 세포 표면에 흔히 혈구와 혈소판이 부착되어 있었다(Fig. 12, 13, 16).

## 고 안

저자(1981, 1981)들은 이미 미세혈관의 단단문합술 또는 “Invagination technique”를 이용한 미세혈관 문합술의 조직병리학적 변화를 광학현미경 및 투사전자현미경을 이용하여 이를 보고한 바 있다.

본 실험에서는 쥐의 대퇴동맥을 절단 동맥의 공백부위에 정맥 이식을 시행하였으며 이식후 1개월, 2개월 및 12개월에 각각 이식부를 채취 이식정맥을 “Invagination technique”을 사용하여 단단문합술을 시행한 근위부와 통상적인 단단문합술을 시행한 원위부 및 이식된 정맥을 광학현미경, 투사전자현미경(TEM) 및 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하여 여기에 보고하는 바이다.

이중에서도 주사전자현미경 소견은 현관내벽의 변화를 보는데 가장 효용적인 방법이긴 하나 조직표본 제작과정에 많은 애로점과 문제점이 있으며 디우기 우리나라 실정에서는 소견을 분석평가하는데 대단히 힘들어 가능한 한 몇 사람의 의견을 모으도록 하였다.

전술한 바와 같이 “Invagination technique”을 이용한 것과 통상적인 단단문합술의 변화에 대하여는 이미 저자들과 그의 많은 연구자들에 의하여 보고된 바와 같다.

이식된 정맥이 우선 생존하는데는 정맥의 혈액이 재생되어야 하며 그 양상은 Wyatt (1964)등에 의하여 잘 해명된 바 있다. 우선 정맥이 절단되면 정맥벽의 vasa vasorum 내에는 혈액이 빠져 비개된다. 이식후 48시간 내에 확장된 vasa vasorum에는 다시 적혈구로

충만되며 이와 같은 현상은 이식정맥의 끝에서부터 시작되고 이 기간내에 영양공급은 소위 말하는 “plasmic circulation”에 의하여 이루어진다.

그 후 대략 72시간 까지에는 모세혈관의 capillary circulation이 재생되어 정맥의 revascularization에 대하여는 우선 rectangular pattern의 vasa vasorum이 보존되어 이것이 초기에 이식부의 혈관들과 연결된다는 설이다. 즉 이식후에도 정맥은 정맥의 구조를 유지하면서 장기후에는 단지 내막과 외막의 섬유성변화를 일으킨다고 하였다.

내막의 변화에 대하여는 초기에는 내피세포의 파괴와 이에 따르는 조직염증반응과 뒤에 일어나는 일련의 복구과정이 일어나고 이때 내피세포의 신생에 대하여는 두가지 가설 즉 하나는 neo-endothelium은 주위의 파괴되지 않은 정상 내피세포에서 유래된다는 설이며 다른 하나는 neo-endothelium의 근원은 혈관내를 유주하는 혈구세포들, 섬유아세포, 미분화세포 또는 내피세포들이 손상된 내막벽에 부착되어 재생된다는 가설이다. 내막의 경상회복시기에 대하여는 Acland와 Trachtenberg (1977)는 문합술후 3주에 내피세포의 재생이 있어 났음을 보고 하였고 Baxter등 (1972)은 동맥의 경우 8~12일에 재생이 일어나지만 정맥은 4주일까지도 내피세포의 재생을 관찰할 수 없다고 하였다. 또한 Poole (1958)등은 수술후 33주 까지도 내피세포의 완전한 재생을 관찰할 수 없었다고 하였으며 저자들은 심한 손상이 있던 곳에서는 수술후 8주까지도 완전재생을 볼 수 없었으나 술후 일년이 경과된 경우에는 모두 완벽한 재생을 볼 수 있었다. 이식된 혈관벽의 변화에 대하여는 Khodadad등 (1970)이 보고한 바와 같이 정맥벽의 모든 층에서 비후성변화를 보았고 내막은 비후성변화와 평활근섬유가 풍부하였고 이 근섬유들은 중막근처에 벤드형으로 집합되어 있고 그외 교원섬유도 많이 볼 수 있었다고 한 바 있듯이 모든 연구자들이 원래의 정맥벽의 두께보다 비후되어 있음을 보여주었다.

저자들 역시 이식된 정맥벽이 정상대조군보다 비후되어 있음을 보았고 어느 정도의 섬유성변화가 있었다. 특히 동맥파의 문합부위인 원위 및 근위부에서 더 비후되어 있음을 보았다. 비후된 벽의 대부분은 교원섬유와 섬유아세포 및 평활근섬유들로 구성되어 있으며 이들은 혈액의 주행 방향에 따라 매우 정연한 배열을 하고 있음을 보았다.

외막 역시 평활근세포들이 비교적 잘 발달되어 있었다. 투사전자현미경적 관찰에 있어서는 술후 2개월에서 분열중인 섬유아세포와 내형질세망이 잘 발달된

세포들이 자주 출현하고 있고 이를 세포주위에는 교원 섬유들로 차 있어 술후 2개월까지도 활발한 복구과정이 일어나고 있음을 알 수 있고 술후 12개월에는 이식된 정맥의 내막은 정상내조군의 내피세포와 큰 차이가 없었으나 정상 내피세포보다 심히 수축되어 있어 세포간격이 벌어져 있었다.

결론적으로 이식된 정맥은 정맥자체의 구조적인 복장을 유지하며 하나의 생존구조물(living structure)로서 존재하게 되며 단지 약간의 섬유성변화와 같은 조직학적 변화만을 초래하고 있음을 알 수 있었다.

## 결 론

“Invagination technique”와 통상적인 단단분수술을 이용한 정맥이식술에서 문합부와 이식된 정맥의 병리 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 쥐의 대퇴동맥을 철단 약 1~1.5센티 걸이의 superficial epigastric vein segment를 이식 1개월, 2개월 및 12개월후에 그 부위를 절취하여 필요한 조직 처리를 거친다음 광학현미경, 투사현미경 및 주사현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. “Invagination technique”에 의한 문합술과 통상적인 단단문합술후의 병리조직학적 변화는 근본적으로 큰 차이가 없는 것 같다.
2. 단단문합술후 2개월까지도 문합부의 조직학적 복구과정은 활발히 일어나고 있었다.
3. 봉합사에 의하여 적집적인 손상을 받지 않은 내막은 술후 2개월에 이미 재생된 내피세포로 덮혀있었다.
4. 이식된 정맥은 구조상 정맥의 본질을 유지하고 있으나 그 벽의 두께가 비후되어 있음을 볼 수 있었다.

## —ABSTRACT—

### Experimental Microvascular Grafts in Rats and Its Histological Studies.

Chin Whan Kim,\* Sa Sun Cho\*\*  
and Ka Young Chang\*\*

Department of Reconstr. Plastic Surgery\*  
Seoul National University Hospital and

Department of Anatomy\*\* College of Medicine,  
Seoul National University

Histopathological features of microvascular anastomoses using “Invagination technique,” end-to-end

anastomoses and long term results of interposed venous grafts were studied in the femoral vessels of rat one to 12 months following surgery. The observation performed under light microscope, TEM and SEM.

1. Histopathological features of the anastomotic site, which were repaired by “Invagination technique” and usual end-to-end anastomosis respectively, did not differ each other in the long term results.
2. Histological regeneration of anastomotic site did not accomplished by post-op 2 months and revealed active process was undergoing.
3. Endothelial lining of intima was nearly completed by 2 months at undamaged portion directly by suture materials.
4. In summary it may be said that histological examination of the specimen ranging in age from one to 12 months led general conclusion that venous grafts persist as living structure but undergo certain histological changes consisting of fibrous reinforcement.

## REFERENCE

- Acland, R.D. and Trachtenberg, L.: A method for accurately orienting microsurgical blood vessel specimens for longitudinal sectioning. *Stain tech.* (In Press)
- Acland, R.D. and Trachtenberg, L.: The histopathology of small arteries following experimental microvascular anastomosis. *Plast. Surg.*, 60:868-875, 1977.
- Baxter, T.J., O'Brien B.M. Henderson, P.N. and Bennett, R.C.: The histopathology of small vessels following microvascular repair. *Brit. J. Surg.*, 59:617-623, 1972.
- 정진성 외 : 미세혈관 문합부의 광학 및 투과전자 현미경(TEM)적 관찰. *대한성형외과학회지*, 8:41-59, 1981.
- Khodadad, G.: Histological evaluation of long term microvascular repair and replacement. *Arch. Surg.*, 101:503-507, 1970.
- 김진환 : “Invagination Technique”을 이용한 미세혈관 문합술의 실험적 연구. *대한성형외과학회지*, 7: 309-312, 1980.
- 김진환, 조사선, 장가용 : “Invagination Technique”를

- 이용한 미세혈관 문합술의 조직병리학적 변화. 대한  
성형외과학회지, 8:239-242, 1981.
- 김진환, 박철규: 정맥이식이 미세혈관 헌행에 미치는  
영향. 대한성형외과학회지, 7:295-298, 1980.
- 김진환, 박철규, 조사선, 장가용: 미세혈관문합부위  
의 병리조직학적관찰. 서울의대학술지, 22:243-248,  
1981.
- Lenday, P.G. and Owen, E.R.: *Microvascular repair  
of completely severed digit: Fate of digital vessels  
after 6 months.* Med. J. Australia, 2:818-821, 1970.
- Poole, J.C.F., Sadners, A.G. and Florey, H.W.: *The  
regeneration of aortic endothelium.* J. Path. Bact.,  
75:133-139, 1958.
- Servant, J.M., Ikuta, Y. and Harada, Y.: *A scanning  
electron microscope study of microvascular anasto-  
moses.* Plast. & Reconstr. Surg., 57:329-334, 1976.
- Thurston, J.B. and Bunke, H.J.: *A scanning electron  
microscopy. microarterial damage and repair.* Plast  
& Reconstr. Surg. 57:197-203, 1976.
- Wyatt, A.P., Rothnie, N.G., and G.W. Taylor: *The  
vascularization of vein grafts.* Brit. J. Surgery,  
51:378-381, 1964.

### Explanation of Figures

- Fig. 1.** Anastomosis of the artery (A) and vein (V) by the "Invagination technique" (proximal portion of microvenous graft). Portions of the suture thread are seen. One year after operation. H&E,  $\times 450$ .
- Fig. 2.** Anastomosis of the artery (A) and vein (V) by the end-to-end method (distal portion of microvenous graft). Prominent fibrosis and vascularization are seen. One year after operation. H&E,  $\times 450$ .
- Fig. 3.** Anastomotic site of the artery (A) and vein (V) by the "Invagination technique". Note smooth endothelial lining of the luminal surface between two portions of vessels. L: Lumen of vessel, Arrows: internal elastic membrane of artery. One year after operation. Van Gieson,  $\times 450$ .
- Fig. 4.** Longitudinal section of the microvenous graft. The wall of the vein were fairly thickened and composed of the well-arranged connective tissue fibers. One year after operation. Van Gieson,  $\times 450$ .
- Fig. 5.** Electron micrograph of the intima in the venous graft. The covering of endothelial cells and a white blood cell infiltrating between them are seen. One month after operation.  $\times 2000$ .
- Fig. 6.** Electron micrograph of the media in the venous graft. A large macrophage and dividing fibroblast are seen on the left portion of the picture. One month after operation.  $\times 4000$ .
- Fig. 7.** Electron micrograph of the media in the venous graft showing two fibroblasts. The left one seems to be more younger than the right one. Two month after operation.  $\times 2500$ .
- Fig. 8.** Electron micrograph of the media in the venous graft. Fibroblasts with vacuolated cytoplasm are seen. Two months after operation.  $\times 4000$ .
- Fig. 9.** Scanning electron micrograph of the normal superficial epigastric vein. The luminal surface covered by smooth layer of endothelium is seen, and four erythrocytes are also visible.  $\times 2000$ .
- Fig. 10.** Scanning electron micrograph of the normal femoral artery. Flat endothelial cells with prominent nuclei and cell borders are seen.  $\times 1000$ .
- Fig. 11.** Scanning electron micrograph of the microvenous graft to femoral artery by the end-to-end method. Portions of suture threads are clearly visible in the anastomotic site between the arterial portion (A) and venous portion (V). Two months of operation.  $\times 106$ .
- Fig. 12.** Scanning electron micrograph of distal (venous) portion of Fig. 11. Regenerated endothelium as well as many erythrocytes are visible.  $\times 1860$ .

**Fig. 13.** Scanning electron micrograph of the proximal (arterial) portion of Fig. 11. Relatively smooth surfaced layer of endothelium as well as blood elements are visible.  $\times 1800$ .

**Fig. 14.** Scanning electron micrograph of the venous graft to femoral artery by the "Invagination technique." The intima is covered by the aggregated blood elements. Portions of suture threads are also visible on the left of the picture. Two months after operation.  $\times 800$ .

**Fig. 15.** Scanning electron micrograph of the venous graft showing suture damage of the intima. Note endothelial laceration between two suture holes.  $\times 800$ .

**Fig. 16.** Scanning electron micrograph of the regenerated endothelium of the arterial portion. Fusiform shaped endothelial cells are oriented longitudinally parallel to the direction of blood flow. Two months after operation.  $\times 2800$ .













