

## 흡수성 미세 봉합사와 비흡수성 미세 봉합사가 미세 혈관 봉합에 미치는 영향

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

유명철 · 배대경 · 김동휘

### - Abstract -

#### Comparative Study of Absorbable Suture Material and Nonabsorbable Suture Material in Micro-vascular Anastomosis - An Experimental Study on 1mm Diameter Arterial Anastomosis in the Carotid Artery of Rat -

Myung Chul Yoo, M.D., Dae Kyung Bae, M.D. and Dong Whee Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Kyung Hee University, School of Medicine, Seoul, Korea

The suture materials influence the success of microvascular anastomosis importantly. The purpose of this experiment is to observe the effect of absorbable suture material and nonabsorbable suture material in microvascular anastomosis.

The study was carried out on one side of carotid arteries of fourty rats which were anesthetized intraperitoneally with urethane.

The experimental procedures differed in two groups, Group A in which the carotid artery was sutured with 10-0 monofilament polyglycolic acid, Group B in which the carotid artery was sutured with 10-0 monofilament nylon.

Gross and histological examination were used to compare the results of end to end suture above two suture material.

The results were as follows.

1. Nylon had greater tensile strength and ease of handling than polyglycolic acid, but held knots poorly.
2. Polyglycolic acid had difficult handling and lesser tensile strength than nylon, but held knots hardly.
3. Polyglycolic acid had high patency rate, some lesser tissue response than nylon.

**Key Words:** Absorbable, Nonabsorbable suture material, Microvascular anastomosis.

### I. 서 론

1902년 Alexis Carrel<sup>1)</sup>이 미세혈관접합과 장기 이식에 관한 기술을 발표한 이래 1921년 Nylen이 수술시야의 확대를 위하여 수술현미경을 사용함으로써 미세혈관수술 발전의 초석을 이루었다.

1960년 Jacobson과 Suarez<sup>2)</sup>의 외경 1mm의 혈관봉합 성공을 기점으로 미세혈관봉합이 가능해지면서 말초혈관봉합에 일대 혁명을 가져왔다. 더구나

수술현미경 및 수술기기의 발달과 응용은 성공율을 높였으며 이중 초정밀 봉합사의 발전은 미세수술 발전에 핵심적인 역할을 하였을 뿐 아니라 미세수술 성공을 결정하는 중요한 요인이 되었다. 종래에는 외경 1mm 내외의 미세혈관 봉합에 10-0 monofilament 나일론사를 이용하였다. 이는 비흡수성으로 혈관 및 주위 조직에 반응이 적으며 수술 조작도 용이한 것으로 알려져 왔다. 그러나 최근 흡수성인 10-0, 11-0 monofilament polyglycolic acid사가 개발되어 비흡수성인 나일론사보다도 여

러가지 면에서 우위성을 주장하고 있다. 이에 저자는 미세혈관 봉합에 비흡수성인 10-0 monofilament 나일론사와 흡수성인 10-0 monofilament polyglycolic acid사의 장단점을 비교하고자 흰 쥐의 경동맥을 절단한 후 절단단을 미세수술수기로 봉합하여 수술시의 취급상 문제점, 개통율 및 조직학적 소견을 비교 관찰하여 그 결과를 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

체중 200~300 g의 흰쥐 40마리를 실험동물로 사용 하였으며 경동맥문합시 미세수술 현미경(미국 Weck사 제품)과 미세수술 기재 및 미세봉합사(10-0 monofilament nylon(Dermalon®)와 10-0 monofilament polyglycolic acid(Dexon®)를 사용 하였다.

### 2. 실험방법

봉합사에 따라 A군(10-0 monofilament polyglycolic acid사), B군(10-0 monofilament nylon사)으로 분류하였으며 각 군마다 동맥문합후 1일, 3일, 1주, 2주, 4주에 각각 4마리씩 총 40마리

**Fig. 1A.**

**Fig. 1B.**

**Fig. 1C.**

**Fig. 1D.**

**Fig. 1.** Operative procedure. **A:** Make an incision along the midline of neck longitudinally, **B:** Application of vessel approximating clamp, **C:** End to end arterial anastomosis, **D:** Assessing patency.

**Fig. 2A.**

**Fig. 2B.**

**Fig. 2.** Comparison of 10-0 monofilament nylon and 10-0 monofilament polyglycolic acid. **A:** 10-0 monofilament polyglycolic acid is greenish white in magnified field, **B:** 10-0 monofilament nylon is black in magnified field.

**Table 1.** Comparison of suture material in operative procedure

	Tensile strength	Knot	Color
Nylon	++	Poor	Black
Polyglycolic acid	+	Good	Greenish white

**Table 2.** Result of patency rate

	Case	A	B
Post-operative 1 D	1	++	++
Post-operative 1 D	2	++	++
Post-operative 1 D	3	++	-
Post-operative 1 D	4	++	++
Post-operative 3 D	5	-	++
Post-operative 3 D	6	++	+
Post-operative 3 D	7	++	++
Post-operative 3 D	8	++	++
Post-operative 1 W	9	++	-
Post-operative 1 W	10	+	++
Post-operative 1 W	11	++	+
Post-operative 1 W	12	++	++
Post-operative 2 W	13	++	++
Post-operative 2 W	14	++	++
Post-operative 2 W	15	++	++
Post-operative 2 W	16	++	++
Post-operative 4 W	17	++	++
Post-operative 4 W	18	++	++
Post-operative 4 W	19	++	++
Post-operative 4 W	20	++	++
Success		95 %	90 %

A: Polyglycolic acid group, B: Nylon group.  
D: Day, W: Week. -: Complete occlusion,  
+: Partial occlusion, ++: Success.

를 희생하여 실험하였다. 각 실험 동물은 20 % urethane을 체중 100 g당 0.5 cc를 복강내에 주입하여 전신마취를 한 후 본 교실에서 제작한 실험용 수술대 위에 양아위로 고정하고 피부를 소독한 후 경부의 정중선의 외측에서 5 cm 가량 종절개를 하여 기관지와 흉쇄유돌근을 노출하고 전인하여 경동맥을 노출시켰다.

본 실험에서 사용된 경동맥의 외경은 0.8 mm~1 mm였다. 경동맥 주위의 조직을 박리, 전인하여 전체 4 cm를 자유스럽게 만든 다음 이중 클램프로 먼저 근위부를 후에 원위부를 겹쳐서 다음 동맥의 중간지점을 미세가위로 직각으로 잘라서 동맥강을 헤 파린 식염수로 세척하여 모든 혈액을 제거하고 동

**Table 3.** Result of microscopic finding

	1 D.	3 D.	1 W.	2 W.	4 W.
infl.cell	A	+	+	+	+
	B	+	+	++	++
Subintimal	A	-	±	+	++
	B	-	±	+	++
Hyperplasia	A	-	±	+	++
	B	-	±	+	++
Foreign body	A	-	±	+	++
	B	-	±	+	++
Reaction	A	-	±	+	++
	B	-	±	+	++

D: Day, W: Week, A: Polyglycolic acid group,  
B: Nylon group.

맥의막을 prepuce-circumcision maneuver로 제거하였다. 동맥의 각단단을 정확하게 맞추어서 확대 수술현미경하에 미세수술수기로 8~10 봉합으로 단단문합을 시행하였다. 동맥문합후 수술창은 각 층별로 봉합하고 수술부위는 고정을 하지 않았다. 수술후 항생제는 전군에서 투여하지 않았다(Fig. 1).

### 3. 표본채취

동맥문합후 1 일, 3 일, 1 주, 3 주, 4 주 후에 모든 군에서 20 % urethane 전신마취를 시행하여 문합부를 수술현미경 확대시야에 노출하여 혈류의 개통을 관찰한 후 문합부를 중심으로 한 3 cm의 동맥을 채취하였다.

### 4. 조직표본 제작

채취한 조직을 10 % 중성 포르말린에 고정하여 봉합후 상하 1 cm에서 종절편을 얻어 일반적인 Hematoxylin-Eosin 증복염색을 하고 교원질, 탄성조직 (elastic tissue)을 관찰하기 위하여 특수염색으로 Masson's Trichrome 염색을 하여 검경하였다.

### 5. 혈관개통을 검사

표본채취시 수술현미경 확대시야에서 문합부위의 종횡박동과 radical pressure test를 시행하고 또한 문합부를 중심으로 3 cm의 동맥절편을 종으로 잘라 동맥 내부의 봉합형태 및 동맥강의 폐색유무를 보아 개통율을 판정하였다.

## III. 실험결과

### 1. 수술시 소견

수술현미경 확대시야에서 나이론사는 검정색으로 명확하게 보이므로 조작이 용이하나 polyglycolic acid사는 흰색으로 뚜렷하게 보이지 않고 가끔 빛의 반사로 반짝거리 조작에 어려움이 있었다(Fig. 2).

**Fig. 3. A.a.** P.O. 1 day. HE( $\times 40$ ). This shows infiltration of acute inflammatory cell especially neutrophil and few lymphocyte.

**Fig. 3. A.b.** P.O. 3 days HE( $\times 40$ ). This shows more severe inflammatory reaction than P.O. 1 day.

**Fig. 3. A.c.** P.O. 3 days. Trichrome( $\times 40$ ). This shows subintimal fibrosis in anastomosis site.

**Fig. 3. A.d.** P.O. 1 week HE( $\times 40$ ). Infiltration of chronic inflammatory cell and foreign body reaction are seen.

**Fig. 3. A.e.** P.O. 2 weeks HE( $\times 40$ ). This shows more prominent subintimal fibrosis than P.O. 1 week.

이는 실험을 거듭할수록 눈에 익어 조작의 어려움을 극복할 수 있었다.

봉합시 나이론사는 긴장강도가 더 강한듯하나 쉽게 풀어지는 경향이 있었으며 polyglycolic acid 사는 긴장강도는 약간 떨어지나 매듭형성이 단단하여 덜 풀어졌다(Table 1).

**Fig. 3. A.f.** P.O. 2 weeks Trichrome( $\times 40$ ). Prominent subintimal fibrosis are seen.

## 2. 혈관개통율

총 40마리 중 3예에서 완전폐색, 3예에서는 부분폐색을 보이나 개통은 되어 총 개통율은 92.5%로 나타났다. 완전폐색된 3예 중 1예가 polyglycolic acid사군 이어 개통성공율은 95%를 나타내

**Fig. 3. A.g.** P.O. 4 weeks HE( $\times 40$ ). This shows more prominent foreign body reaction and subintimal fibrosis than P.O. 2 weeks.

**Fig. 3. A.h.** P.O. 4 weeks Trichrome ( $\times 40$ ). This shows more prominent subintimal fibrosis than P.O. 2 weeks.

**Fig. 3. B.a.** P.O. 1 day HE( $\times 40$ ). Infiltration of neutrophil are seen.

**Fig. 3. B.b.** P.O. 3 days HE( $\times 40$ ). This shows more severe inflammatory reaction than P.O. 1 day.

**Fig. 3. B.c.** P.O. 1 week HE( $\times 40$ ). This shows subintimal fibrosis and foreign body reaction.

고 2예는 나이론사균에서 생겨 개통성공율은 90%를 보였다. 부분폐색된 3예 중 2예가 나이론사이고 1예가 polyglycolic acid사로서 전체적으로 polyglycolic acid사가 나이론사보다 개통율은 약간 나은 결과를 보였다(Table 2).

### 3. 병리조직학적 소견

**Fig. 3. B.d.** P.O. 2 week HE( $\times 40$ ). More severe foreign body reaction than P.O. 2 weeks of polyglycolic acid.

봉합부의 염증세포의 침윤, 동맥내막하의 증식, 조직반응의 정도를 각군 및 기간에 따라 변화를 관찰하였다(Table 3).

Polyglycolic acid사균에서는 술후 1일에는 혈관주위에 주로 호중구세포의 침착과 소량의 만성염증

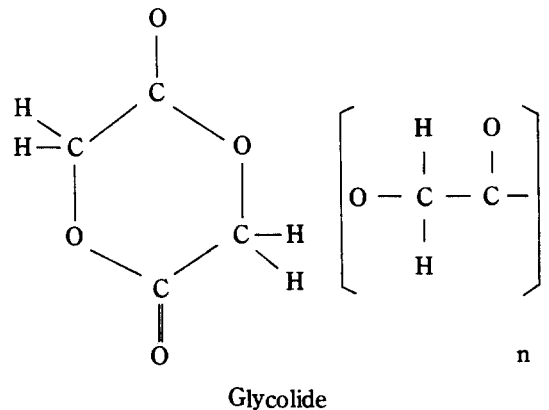
**Fig.3.B.e. P.O. 4 weeks HE(×40).** This shows more severe foreign body reaction and subintimal fibrosis jthan P.O. 2 weeks.

세포 침윤이 존재하나 이물반응은 확실치 않다. 술 후 3 일에는 주로 만성염증세포의 침윤과 섬유아세포 증식으로 혈관벽이 비후되어져 있다. Trichrome 염색에서 동맥내막하의 섬유화 및 주위조직의 섬유화가 잘 나타난다. 술 후 1 주에는 만성염증세포 침윤, 이물반응, 동맥내막하의 섬유화가 뚜렷하다. 술 후 2 주에는 동맥내막하의 섬유화가 1 주보다 더 심하다. 술 후 4 주에는 전례에서 봉합사의 흡수과정은 보이지 않고 이물반응 및 육아종증이 심한 소견으로 나타난다. 나이론사군에서는 각 기간마다 polyglycolic acid 사군과 거의 비슷한 소견을 보이고 있으나 이물반응 및 조직반응이 약간 더 심한 소견을 보였다 (Fig. 3).

#### IV. 고 찰

1960 년 Jacobson과 Suarez<sup>14)</sup>의 외경 1mm 혈관 문합 성공을 기점으로 미세혈관문합이 가능해지면서 이의 임상적 적용이 점차 증가되고 있다. 직경 1mm이하 혈관의 미세문합수술을 임상적으로 적용하기 위하여는 수술자는 반드시 동물실험경험이 선행되어야 한다<sup>17)</sup>. 이미 미세수술방법과 기술에 대하여는 많은 연구 논문이 발표되어 왔고<sup>1, 2, 4, 5, 8, 13, 15)</sup> 이중 초정밀봉합사는 미세수술 발전에 핵심적인 역할을 할 뿐 아니라 미세수술 성공을 결정하는 중요한 요인중 하나이다. Deterling<sup>10)</sup>, Dettinger<sup>11)</sup>, Howes<sup>14)</sup>는 일반적으로 미세수술에 사용할 수 있는 만족할만한 봉합사는 장력이 크고 조직반응이 적고 조작이 용이할 뿐 아니라 비발암성 물질이어야 한다고 주장하였다. 과거 20여년 동안 미세수술봉합사로서는 주로 나이론사가 사용되어 왔다. 나이론사는 비흡수성 합성중합체로서 이의 우수성을 주장하는 많은 비교논문들이 발표되었다. Phelon<sup>19)</sup>은 나

이론이 전사보다 주위조직에 유착이 덜 되고 조직반응이 적으나 매듭형성이 어렵다고 발표하였고 Kleinert<sup>18)</sup>는 3~5mm의 개의 대퇴동맥에 나이론과 전사봉합에서 나이론이 혈전, 유착, 염증반응이 현저히 적다고 발표하였다. 또한 Cobbett<sup>6)</sup>과 Chih-Yi<sup>7)</sup>는 1~2mm 혈관봉합시 나이론이 전사보다 높은 개통율을 보였고 장력이 크고 다루기가 용이할 뿐 아니라 조직반응이 적었다고 주장하였다. 최근에는 흡수성인 10-0, 11-0 polyglycolic acid 합성봉합사가 개발되어 미세봉합수술에 사용되기 시작하였다. 이는 glycolide의 homopolymer로서 높은 균일성과 용해성을 가진 결정중합체이다. 이의 분자식은 다음과 같다.



이의 특성은 조직반응이 적고 급성혈관반응이 없으며 단핵세포가 주가 된 세포반응을 나타내며 완전흡수는 120일 이후에 나타난다<sup>20)</sup>. 이러한 장점으로 최근에는 미세혈관문합수술에 polyglycolic acid사를 사용하는 경향이 점차적으로 높아져 가고 있다. 저자는 나이론사와 polyglycolic acid사에 관한 논문이 없는데 대하여 실험적으로 장단점을 비교관찰하였다. 수술시 나이론사는 검정색으로 명확하게 보여 조작하기에 용이하고 긴장강도가 강하여 끊어지지 않는 반면에 polyglycolic acid사는 나이론사에 비하여 긴장강도는 떨어져 잘 끊어지지만, 결찰매듭이 단단하여 매듭이 덜 풀어졌고, 또한 수술현미경 확대시야에서 흰색으로 보여 조작에 어려움이 있으나 이는 많은 경험으로 눈에 익히면 조작의 어려운 점을 극복할 수가 있었다.

Polyglycolic acid 사군의 술 후 4주 전례에서 조직학적으로 흡수과정은 나타나지 않았고 염증세포 침착 이물반응은 나이론사군보다 약간 적은 소견을 나타내었다. 혈관개통율을 검사하는 시기에 대하여는 어려운 점이 많다. 이에 대해 1975년 Hayhur-

st와 O'Brien<sup>1)</sup>은 시기는 진정한 개통율에는 변화를 주지 않으나 명백한 영향을 줄 수 있고 대부분 혈관폐색은 봉합후 3일 내에 일어나고 1mm 혈관의 개통율을 결정하는 시기는 술후 2주 내에 하여야 한다고 발표하였다. 2주 후에 검사할 때는 개통율은 현저히 증가하는데 이는 봉합부의 작은 전색의 용해에 기인되고 오랜 시간이 지나면 작은 측부 혈행이 봉합부로 지나가거나 큰 전색을 통해 지나기 때문이다. 1mm 직경혈관의 실험연구에서는 봉합후 몇 주 또는 몇 달에 검사하면 가성 개통율이 증가한다. 따라서 개통율은 술후 첫주에 하는 것이 가장 적합하다.

본 실험에서도 개통율검사 시기는 각각 기간마다 다르나 두 봉합사 간의 개통율 비교에는 큰 차이를 나타내지 않을 것으로 생각된다.

Baxter<sup>2)</sup>는 혈관재생에 중요한 근육층의 파괴는 부정확한 혈관접착과 부정확한 봉합기술에 기인되고 이 주된 봉합기술의 과오는 너무 많은 봉합수와 과다한 Tension이라고 주장하였다. 따라서 절단된 혈관단의 정확한 접착과 정확한 봉합기술 및 적당한 Tension, 봉합수가 혈관개통율을 증가시키는 데에 필수적이다.

## V. 결 론

흡수성 미세봉합사인 10-0 monofilament polyglycolic acid사와 비흡수성인 10-0 monofilament 나이론사가 미세혈관봉합에 미치는 영향을 알아보기 위하여 흰쥐의 경동맥을 절단, 미세수술수기로 봉합한 후 두 봉합사간의 수술시 취급상 문제점 및 개통율의 차이점과 수술후 시기별 조직학적 변화를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 수술시 나이론사는 긴장강도가 크고 다루기가 쉬웠으나 결찰매듭이 잘 풀어지는 경향을 보였다.

2) 수술시 polyglycolic acid사는 봉합시 식별이 약간 어려웠고 긴장강도는 약간 감소되어 있는 듯 하였으나 결찰매듭의 형태는 단단하여 매듭이 덜 풀어졌다.

3) 혈관개통율은 나이론사보다 polyglycolic acid사에서 약간 높았다.

4) 조직학적 검사에서 염증변화 및 이물 반응은 polyglycolic acid사에서 약간 적었다.

## REFERENCES

1) Acland, R.D.: A new needle for microsurgery. *Surgery*, 71:130-131, 1972.

2) Acland, R.D.: *Thrombus formation in microvascular surgery by the use of the effects of surgical trauma. Surgery*, 73:766-771, 1973.

3) Baxter, J.J., O'Brien, B.M., Henderson, P.N. and Bennett, R.C.: *The histopathology of small vessels following microvascular repair. Br. J. Surg.* 56:617, 1972.

4) Buncke, H.J. and Schulz, W.P.: *Experimental digital amputation and reimplantation. Plast. Reconstr. Surg.*, 36:62-70, 1965.

5) Buncke, H.J. and Schulz, W.P.: *Total ear reimplantation in the rabbit using microminature vascular anastomosis. Br. J. Plast. Surg.*, 19:15-22, 1966.

6) Carrel, A.: *The surgery of blood vessels, Bull. Johns Hopkins Hosp.* 18:25, 1970.

7) Chih-Yi, Yu-Usein, F.: *Microvascular anastomosis and transplantation. Experimental studies and clinical application. Chin. Med. J.* 85:610, 1966.

8) Cobbett, J.R.: *Small vessel anastomosis. A comparison of suture technique. Br. J. Plast. Surg.*, 22:16-20, 1967.

9) Craig, P.H., et al.: *A biological comparison of polyglactin 910 and polyglycolic acid synthetic. Surg. Gyn. Obst.*, 141:1-10, 1975.

10) Deterling, R.A., Coleman, D.D., Kee, J. and Humphreys, G.H.: *An experimental evaluation of catgut as a vascular suture material and report of its clinical use. Thorac. Surg.*, 23:303, 1952.

11) Dettinger, G.B. and Bowers, W.F.: *Tissue response to orlon and dacron sutures. Surgery*, 42:325, 1957.

12) Hayhurst, J.W., O'Brien, B.M.: *An experimental study of microvascular technique, patency rates, and related factors, Br. J. Plast. Surg.* 28:128, 1975.

13) Hayhurst, J.W., O'Brien, B.M., Ishida, H. and Baxter, T.J.: *Experimental digital reimplantation after prolonged cooling. Hand*, 6:134-141, 1974.

14) Howes, E.I.: *The strength of wound suture with catgut and silk. Surg. Gyn. Obst.*, 37:309, 1933.

15) Ikuda, Y.: *Studies on small vessel anastomosis. Hiroshima J. Med. Sci.*, 17:385-411, 1968.

- 16) Jacobson, J.H. and Suarez, E.L.: *Microsurgery in anastomosis of small vessels. Surg. Rorum* 11:243, 1966.
- 17) Jamesi, R.U.: *Experimental evaluation of microsurgical technique in small artery anastomosis. Ortho. Clin. N. Am.*, 8:249-263, 1977.
- 18) Kleinert, H.E., Kasdon, M.L. and Romero, J. L.: *Small blood vessel anastomosis for salvage of severely injured upper extremity. J. Bone and Joint Surg.* 45:788, 1963.
- 19) Phelan, J.T., Young, W.P. and Gale, J. W.: *The effect of suture material on small artery anastomosis. Surg. Gyn. Obst.*, 107: 79, 1958.