

## Microvascular Anastomotic Coupler System을 이용한 쉽고, 빠른 혈관문합

정남연 · 임홍철 · 이순혁 · 박종훈 · 박종웅

고려대학교 의과대학 정형외과학교실

### Easy and Fast Anastomosis using Microvascular Anastomotic Coupler System

Nam Yun Chung, M.D., Hong Cheol Lim, M.D., Soon Hyuck Lee, M.D.,  
Jong Hoon Park, M.D., and Jong Woong Park, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Korea University Medical Center, Seoul, Korea

**Purpose:** We report the results of microvascular anastomosis using a microvascular anastomotic coupler (MAC) system.

**Materials and Methods:** Twenty cases (12 patients) of venous anastomoses performed using a coupler system were examined. The patients' age, gender, preoperative diagnosis, donor tissue, vessel diameters, size of coupler, time for anastomosis, patency rate immediately after surgery and the final survival rate of the transferred tissue were evaluated.

**Results:** The mean time for anastomosis using the coupler system was 3 min and 15 sec. The immediate patency rate after anastomosis was 100% without any leakage of blood or thrombus formation. At the final follow up, the transferred tissue survived in all cases.

**Conclusion:** Microvascular anastomosis using a coupler system in orthopaedic reconstructive surgery can shorten the vascular anastomosis time and significantly reduce the total ischemic time of the transferred tissue. This system can be easily used after a short training period. This system minimizes the intimal damage of the vessel, easily overcomes the diameter discrepancy and provides secure fixation at the anastomosis site. This system can be a good strategy for substituting the conventional suture anastomosis.

**Key Words:** MAC coupler, Vascular anastomosis

### 서 론

유리 조직 이식, 절단 사지의 재접합 등 미세수술 기법을 이용한 사지 재건 시 미세혈관 문합의 성공률을 높이기 위한 다양한 방법이 시도된 바 있으나 현재까지는 봉합사를 이용한 미세혈관 문합이 가장 보편적인 방법으로 받아들여지고 있다. 과거 수 십 년에 걸친 수술 현미경과 미세수술 기구 등의 발전에 힘입어 미세혈관 문합에 필요한 하드웨어적 문제점은 상당 부분 해결된 상태라 할 수 있다. 하지만 발달된 미세수술 기구에도 불구하고 성공

적인 미세혈관 문합을 위해서는 수술자의 장기간의 훈련 및 축적된 경험이 필수적이다. 또한 고식적인 미세혈관 문합에 사용되는 봉합사와 바늘은 혈관을 직접 관통함으로써 혈관내막의 손상이 불가피하고, 봉합사 자체가 이 물질로서 작용하여 혈전 형성의 위험이 있으며, 장시간의 문합 시간 및 혈관 직경의 불일치 등 아직 해결되어야 할 많은 문제점이 남아있다.

이러한 바늘과 봉합사를 사용하는 고식적 미세혈관 문합 기법의 문제점을 개선하고 혈관 개존율을 향상 시키고자

통신저자 : 박 종 웅

경기도 안산시 단원구 고잔 1동 516  
고려대학교 안산병원 정형외과  
TEL: 031-412-6583 • FAX: 031-412-5549  
E-mail: ospark@korea.ac.kr

Address reprint requests to

Jong Woong Park, M.D.  
Department of Orthopaedic Surgery, Korea University Ansan Hospital,  
516, Gozan-dong, Danwon-gu, Ansan 425-707, Korea  
Tel: +82,31-412-6583, Fax: +82,31-412-5549  
E-mail: ospark@korea.ac.kr

LASER<sup>8,13)</sup>, 전기소작법(electrocoagulation)<sup>4)</sup>, 기계 문합 장치(mechanical device)<sup>1,7,12)</sup>, 접착제(adhesives)<sup>3,10)</sup> 등 다양한 문합 방법이 개발되고 있다. 이러한 혈관 문합 대체방법은 공통적으로 혈관의 손상을 최소화하고, 수술 시간 및 허혈 시간을 단축하며, 누구나 쉽게 미세혈관 문합이 가능하게 하자는 목표를 지향하고 있다.

여러 가지 혈관문합 대체 기법 중 현재 가장 많이 사용되는 문합방법은 기계 문합장치를 이용한 방법이라 할 수 있다. 1962년 Nakayama 등<sup>6)</sup>에 의해 2개의 금속링이 결합하는 방식의 문합 기구가 개발된 바 있으나 널리 쓰이지 않다가 1986년 개발된 Unilink 시스템<sup>7)</sup>은 그 사용 방법이 쉬워 이후 다양한 분야의 미세수술에 도입되어 사용결과가 보고되고 있다.

저자들은 정형외과 영역의 골, 연부조직 결손의 재건을 위한 유리조직 이식 시 microvascular anastomotic coupler system (MAC coupler<sup>®</sup>, Synovis Life Technology, Birmingham, AL)(Fig. 1)을 이용한 미세혈관 문합을 시행하였으며 그 임상 결과를 보고하고자 한다.

## 대상 및 방법

2006년 1월부터 2007년 3월까지 광범위 골, 연부조직 결손의 재건을 위한 유리 조직 이식술 시 coupler 시스템을 이용하여 정맥 문합을 시행한 12명의 환자 20예의 정맥문합을 대상으로 하였다. 수술 당시 환자의 연령, 성별, 수술 당시 진단명, 공여부 조직, 공여부 및 수여부 혈관의 직경, coupler의 크기, 문합 소요시간, 문합 직후 문합 부위의 혈관 개존 및 및 누혈 여부, 유리 조직 이식술의 성공 여부 등을 조사하였다. 혈관 문합 시 동맥은 8-0 나일론 봉합사를 이용한 고식적인 문합이 이루어졌으며 12예 중 1예의 단-측 문합을 제외한 전 예에서 단-단 문합을 시행하였다. 정맥은 12환자, 20예, 전 예에서 coupler 시스템을 이용한 단-단 문합을 시행하였으며 문합에 소요된 시간은 coupler에 장착된 핀에 정맥의 한쪽 끝을 끼우기 시작할 때부터 문합의 완료 시점까지로 하였다.

## 결 과

총 12명의 환자는 남성이 11명, 여성이 1명이었으며 평균연령은 43.3세(21-64)였다. 수술 시 진단은 정골의

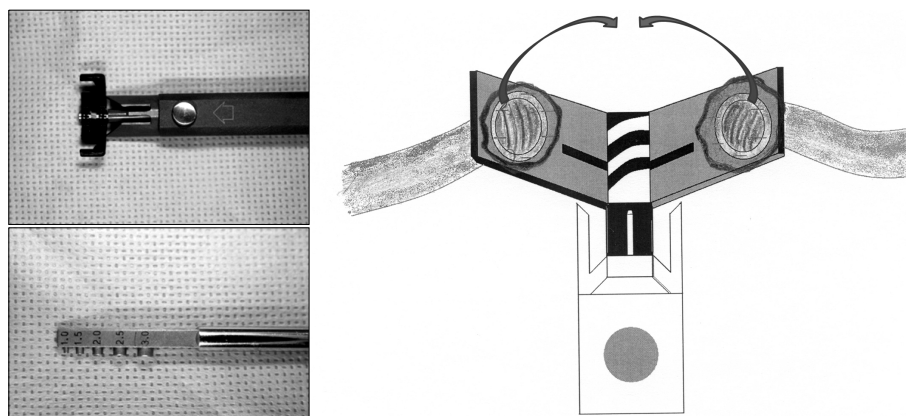


Fig. 1. MAC coupler<sup>®</sup>, Synovis Life Technology, Birmingham, AL.

Table 1. Preoperative Diagnoses and Flaps Used

Preoperative diagnosis	No. of patients	Flap (No. of flap)
Tibia osteosarcoma	1	Vascularized fibula graft (1)
Radius GCT	1	Vascularized fibula graft (1)
Malignant melanoma	1	Radial forearm flap (1)
Brachial plexus palsy	1	Functioning gracilis flap (1)
Chronic osteomyelitis of tibia	3	Vascularized fibula osteocutaneous graft (3)
Radiation necrosis of thumb	1	Wrap around flap (1)
Calf defect due to vibrio sepsis	1	ALT flap (1)
Traumatic tibia bone and/or soft tissue defect	3	LD flap (1), Radial forearm flap (1), Vascularized fibula graft (1)

골육종으로 사지 구제술 후 발생한 광범위 경골 결손이 1예, 원위 요골의 거대세포종이 1예, 전완부의 악성 흑색종이 1예, 상완신경총 마비 1예, 경골의 만성 골수염으로 인한 골, 연부조직 결손이 3예, 방사선 누출 사고에 의한 수무지 괴사가 1예, 외상으로 인한 광범위 골, 연부조직 결손이 3예, 비브리오 패혈증으로 인한 광범위 하퇴부 연부조직결손이 1예 이었다. 결손부의 재건을 위해 사용된 유리 조직은 유리 비골 골피판이 6예, 전완부 요골 피판 2예, 기능성 유리 박근 이식 1예, 무지 재건을 위한 족 무지 피판 1예, 광배근 피판 1예, 전외측 대퇴부 피판 1예 이었다(Table 1).

문합 정맥의 평균 직경은  $2.4 \pm 0.6$  mm (1.5~3.5 mm)였고, MAC coupler의 크기는 3 mm 8예, 2.5 mm 4예, 2 mm 4예, 1.5 mm 4예이었다. MAC coupler를 이용한 정맥 문합에 소요된 시간은 평균 3분 15초(2분~4분 35초)였다.

20예의 정맥 문합 전 예에서 문합 직후 문합부의 누혈이나 혈전 형성이 관찰되지 않아 100%의 직후 개존율을 보였다. 12명의 환자 중 비브리오 패혈증으로 인한 하퇴부 연부조직 결손에 시행한 전외측 대퇴 피판의 부분 괴사를 제외한 11명의 환자에서 이식 조직은 장기 추시 시 전 예에서 생존하였다.

## 1. 증례 1

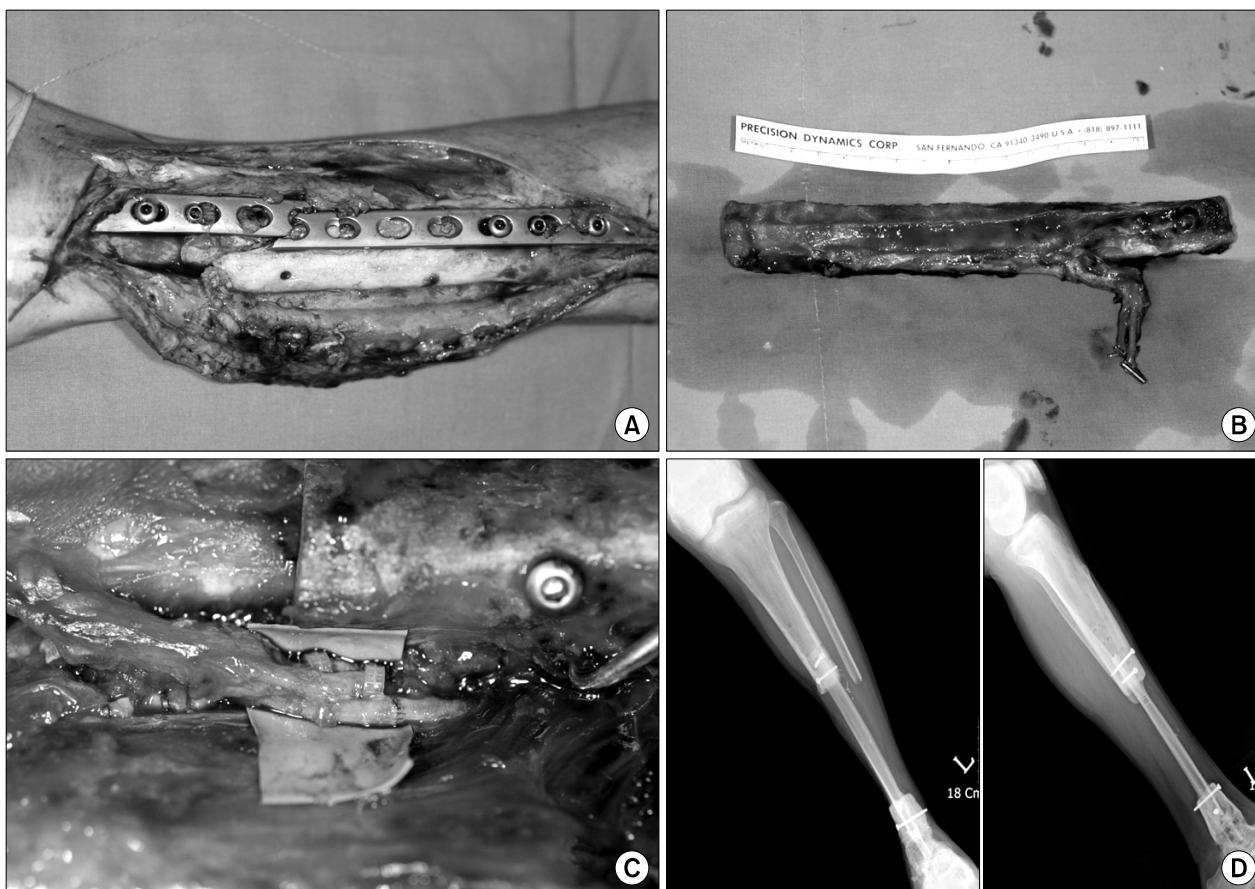
52세 남성으로 40년 전 발생한 좌측 경골의 만성 골수염과 이와 동반된 광범위 피부결손을 주소로 내원하였다. 경골의 골, 연부조직 결손에 대하여 경골의 광범위 절제술 후 유리 비골 골피판 이식술을 시행하였다. 이식 비골의 길이는 17 cm이었으며 피판의 크기는  $102 \text{ cm}^2$ 이었다. 전경골동맥과 비골동맥을 단-단 문합하였으며, 2개의 비골정맥을 2개의 전경골정맥과 coupler를 이용하여 단-단 문합 하였다. 문합 정맥은 각각 3 mm, 2 mm이었으며, 3 mm, 2 mm의 coupler를 사용하였다. 정맥의 문합에 소요된 시간은 각각 3분 20초 및 3분이었다. 환자는 수술 후 13주에 이식 비골의 골유합 소견을 보였다(Fig. 2).

## 2. 증례 2

29세 남성으로 9년 전 원위 경골부 골육종으로 광범위 절제술 및 가열 멸균 골 이식술 시행 후 이식골의 괴사 및 골절로 동측에서 비골을 채취하여 미세혈관 문합 없이 이식을 시행하였으나 이식골의 재골절 및 내고정물 파손을 주소로 내원하였다. 이식골을 절제한 후 18 cm의 유리 비골을 이식하였으며 전경골동맥과 비골동맥을 단-단 문합하였고, 2개의 비골정맥을 2개의 전경골정맥과



Fig. 2. (A) Chronic tibial osteomyelitis with pretibial skin defect. (B) Seventeen cm sized free vascularized fibula osteocutaneous flap was harvested. (C) Vascular anastomosis with MAC coupler system. (D) Postoperative 1 yr photograph and radiographs showed survived skin flap and union of a grafted fibula on the x-ray.



**Fig. 3.** (A) Grafted nonvascularized fibula was fractured with metal failure after the osteosarcoma resection, (B) Eighteen cm sized free vascularized fibula was harvested, (C) Vascular anastomosis with MAC coupler system, (D) Postoperative 15 month radiograph shows union of a grafted free vascularized fibula.

coupler를 이용하여 단-단 문합하였다. 문합 정맥의 직경은 모두 3 mm이었으며, 2개의 3 mm coupler를 사용하였다. 정맥의 문합에 소요된 시간은 각각 3분 30초 이었다(Fig. 3).

### 고 찰

연구결과 coupler 시스템을 이용한 미세혈관 문합은 미세봉합사를 이용한 고식적인 방법보다 빠르고 쉽게 혈관 문합이 가능하였다. 저자들의 경험에 의하면 coupler 시스템을 이용한 혈관 문합에 소요된 시간은 평균 3분 15초로서, 동일한 수술에서 봉합사를 이용한 혈관 문합과 직접 비교를 하지 못한 아쉬움이 있으나 저자들의 가토 경정맥 문합 모델을 이용한 과거 연구<sup>9)</sup>를 참고할 때 봉합사를 이용한 문합(평균 16분 18초)보다 약 5배 빠르게 혈관문합을 완성할 수 있었다. 또한 다른 종류의 기계 혈

관 문합 장치인 VCS 시스템(평균 8분 54초)(VCS<sup>®</sup> clip, Vascular Closure Staple, United States Surgical Corporation, Norwalk, CT) 보다 약 2.7배 빠르게 혈관 문합을 완성할 수 있었으며 이러한 결과는 coupler 시스템을 이용한 다른 저자들의 보고와도 비슷한 결과를 보여 준다. Zdolsek 등<sup>15)</sup>은 미세 수술 경험이 없는 2명의 외과 의가 각각 미세 봉합사, VCS, MAC coupler 시스템을 이용하여 백서의 혈관문합을 시행한 결과 coupler 시스템이 미세 봉합사를 이용한 혈관 문합 보다 3배, VCS를 이용한 혈관문합 보다 1.8배 빠른 것을 확인한 바 있다. 이와 같은 빠른 미세 혈관 문합은 장시간이 소요되는 정형외과 영역의 미세재건 수술 시 수술 시간을 단축할 수 있을 뿐 아니라 유리 조직 자체의 허혈 시간을 획기적으로 줄임으로 써 수술의 성공률을 향상 시킬 수 있는 관건이 될 수 있다.

본 연구에서 coupler 시스템을 이용한 혈관 문합에 걸린 시간은 최단 2분에서 최장 4분 35초이었다. 특이한 것은 최장과 최단 시간의 문합 예가 coupler 시스템을 처음 사용하는 전공의와 함께 집도한 한 환자에서의 문합 결과이다. 이러한 결과는 이 시스템을 처음 사용하는 의사도 단 한 번의 경험으로 문합에 소요되는 시간을 1/2 이상으로 단축시킬 수 있다는 것을 의미하며 그만큼 시스템에 대한 적응도가 빠르다는 것을 의미한다. 이러한 문합 시간의 단축은 이후 여러 전공의와의 시술에서도 같은 결과를 보여 줌으로써 미세수술에 숙련되지 않은 일반 정형외과의도 쉽게 사용할 수 있는 혈관 문합이 될 수 있을 것으로 생각된다.

혈관 문합의 성공 여부는 문합 직후 혈액의 누출이 없는 완벽한 문합이어야 하고 또한 장기적으로도 문합 부위에 혈전 형성 등이 없이 혈관의 개존이 완전하여야 한다. 하지만 미세봉합사를 이용한 혈관 문합 시에는 혈관 내강 안에 이물질이 남을 수 밖에 없고, 혈관내막을 관통하기 때문에 혈관이 손상될 수 밖에 없는 단점이 있다. 반면 coupler 시스템은 혈관의 양단을 외번시켜 핀에 고정하고 혈관 양단의 내막을 직접 접촉시키는 형태이기 때문에 문합부 혈관 내막의 직접적인 손상이 없을 뿐 아니라 혈관 내강에 이물질을 전혀 남기지 않음으로써 문합 후 혈전 형성이 없이 양호한 혈관 개존을 확보할 수 있는 장점이 있다. Blair 등<sup>2)</sup>은 coupler 시스템을 이용한 혈관 문합에서 문합부의 조직학적 검사상 미세 봉합사를 이용한 혈관 문합에 비해 수술 후 24시간 및 수술 후 3주에 조직학적 양상이 같거나 더 우수하여 내막의 연결 및 재생이 양호하다고 보고한 바 있다.

기계 장치를 이용한 혈관의 문합 시 술자가 느끼는 부담은 혹시 미세 봉합사를 이용한 고식적 문합보다 문합부의 강도가 약하지 않을까 하는 것이다. Coupler 시스템은 각각 폴리에틸렌 링에 고정된 6개의 핀이 반대쪽 링의 6개 핀과 엇갈려 링에 맞물려 삽입되면서 링과 링이 맞닿는 형식이기 때문에 12군데를 봉합한 것과 같아 문합부 초기 강도가 매우 우수하며 그 형태학적 특성상 문합부에 혈액의 누출이 있을 수 없다는 장점이 있다. Coupler 시스템의 문합 강도에 대하여 Gilbert 등<sup>5)</sup>은 미세 봉합사를 이용한 혈관 문합과 coupler 시스템을 이용한 혈관 문합의 강도를 비교 시 수술 후 1시간 및 2주에 coupler 시스템이 의미 있는 차이로 강한 문합 강도를 가진다고 보고

한 바 있다.

미세혈관 문합 시 대두되는 문제점 중의 하나는 양측 혈관 단의 직경차이를 극복하는 것이다. 미세 봉합사를 이용하는 경우에는 한쪽의 혈관 단을 사선으로 절단하거나, 확장시키거나, 한쪽을 함입시키거나, 작은 쪽을 절개하여 봉합하는 등 다양한 방법을 사용한다. Coupler 시스템을 이용할 때에는 직경이 작은 혈관 단을 기준으로 coupler의 크기를 결정하고 직경이 큰 쪽은 링에 돌출된 6개의 핀 사이 사이로 혈관이 일부 접히면서 고정된 후 두 개의 링이 결합되기 때문에 저자들의 경우 약 2 : 1까지의 혈관 직경 차이는 특별한 혈관 단의 조작 없이 쉽게 극복할 수 있었다. 저자들의 예에서 2 : 1 이상의 혈관 직경 차가 있었던 예는 없었으나 보다 큰 직경의 차이는 작은 쪽 혈관 단을 비스듬히 자르거나, 확장시킨 후 좀 더 큰 링을 선택함으로써 해결할 수 있을 것으로 사료된다. Sullivan 등<sup>14)</sup>에 의하면 둔부동맥 관통 피판을 이용한 유방 재건술에 coupler 시스템을 사용 시 특별한 혈관 단의 조작 없이 3.5 : 1까지의 혈관 직경 차를 극복할 수 있었다고 보고한 바 있다.

저자들뿐 아니라 과거 다른 보고에서도 coupler 시스템은 주로 혈관벽이 얇은 정맥의 문합에 주로 사용되었다. 그 이유는 핀의 길이가 짧고 링 자체의 두께가 차지하는 공간이 있기 때문에 혈관벽이 두꺼운 동맥에 적용 시는 문합부가 좁아지는 단점이 있기 때문이다. 하지만 Spector 등<sup>12)</sup>의 보고에 의하면 80예의 유방 재건 수술에서 동맥 문합에 coupler 시스템을 지속적으로 사용한 결과 83.9%의 성공적인 개존을 확인할 수 있어 동맥의 문합에도 적극적으로 사용될 수 있다고 하였다. 또한 Ross 등<sup>11)</sup>은 두경부 영역의 미세재건에서 49명의 환자를 대상으로 동맥 문합에 coupler 시스템을 사용한 결과 전 예에서 이식 실패가 없었으며 전 예에서 단기 및 장기 이물 반응이 없었다고 하였다. 하지만 정형외과적 미세재건술 시 하지의 굵은 동맥에 사용하거나 고령의 환자에서 동맥 경화가 동반되어 동맥의 내강이 좁고 혈관벽이 두꺼운 경우에는 그 적용에 주의를 기울여야 할 것으로 사료된다.

## 결론

저자들은 정형외과 영역의 미세 재건술 시 coupler 시스템을 사용함으로써 미세 혈관 문합 시간을 단축할 수 있어 수술 시간과 유리 조직의 허혈 시간을 획기적으로

단축할 수 있었다. 또한 사용방법의 습득이 용이하고, 혈관 내막의 손상이 적으며, 초기 문합 강도가 우수할 뿐 아니라 문합 혈관의 직경차도 쉽게 극복할 수 있었다. 이상의 결과를 종합할 때 coupler 시스템을 이용한 정맥 문합은 미세 봉합사를 이용한 고식적 혈관 문합을 대체할 수 있는 좋은 문합 방법으로 사료된다.

### 참고문헌

1. **Bey E, Brachet M, Lambert F, Cariou JL:** *Microsurgery: History of instrumental vascular anastomoses, our experience with eversion-stapling using VCS forceps.* *Ann Chir Plast Esthet*, 50: 12-18, 2005.
2. **Blair WF, Morecraft RJ, Steyers CM, Maynard JA:** *A microvascular anastomotic device: Part II. A histologic study in arteries and veins.* *Microsurgery*, 10: 29-39, 1989.
3. **Cho AB, Junior RM:** *Effect of fibrin adhesive application in microvascular anastomosis: a comparative experimental study.* *Plast Reconstr Surg*, 119: 95-103, 2007.
4. **Duarte A, Valauri FA, Buncke HJ:** *Microvascular thermic sleeve anastomosis: a sutureless technique.* *J Reconstr Microsurg*, 4: 53-60, 1987.
5. **Gilbert RW, Ragnarsson R, Berggren A, Ostrup L:** *Strength of microvascular anastomoses: comparison between the unilink anastomotic system and sutures.* *Microsurgery*, 10: 40-46, 1989.
6. **Nakayama K, Yamamoto K, Tamiya T:** *A new simple apparatus for anastomosis of small vessels. Preliminary report.* *J Int Coll Surg*, 38: 12-26, 1962.
7. **Ostrup LT, Berggren A:** *The UNILINK instrument system for fast and safe microvascular anastomosis.* *Ann Plast Surg*, 17: 521-525, 1986.
8. **Ott B, Zuger BJ, Erni D, et al:** *Comparative in vitro study of tissue welding using a 808 nm diode laser and a Ho:YAG laser.* *Lasers Med Sci*, 16: 260-266, 2001.
9. **Park JW, Kim AR, Kim SK, Park JH, Hong JS, Shin JH:** *Microvascular anastomosis of rabbit's jugular vein with titanium clip.* *J Korean Orthop Assoc*, 37: 269-273, 2002.
10. **Pearl RM, Wustrack KO, Harbury C, Rubenstein E, Kaplan EN:** *Microvascular anastomosis using a blood product sealant-adhesive.* *Surg Gynecol Obstet*, 144: 227-231, 1977.
11. **Ross DA, Chow JY, Shin J, et al:** *Arterial coupling for microvascular free tissue transfer in head and neck reconstruction.* *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 131: 891-895, 2005.
12. **Spector JA, Draper LB, Levine JP, Ahn CY:** *Routine use of microvascular coupling device for arterial anastomosis in breast reconstruction.* *Ann Plast Surg*, 56: 365-368, 2006.
13. **Stewart RB, Bass LS, Thompson JK, Nikoi ND, Becker G, Kung RT:** *Improved microvessel repair: laser welding with an anti-thrombotic solder.* *Lasers Surg Med*, 31: 36-40, 2002.
14. **Sullivan SK, Dellacroce F, Allen R:** *Management of significant venous discrepancy with microvascular venous coupler.* *J Reconstr Microsurg*, 19: 377-380, 2003.
15. **Zdolsek J, Ledin H, Lidman D:** *Are mechanical microvascular anastomoses easier to learn than suture anastomoses?* *Microsurgery*, 25: 596-598, 2005.

**= 국문초록 =**

**목 적:** 골, 연부조직 결손의 재건을 위한 유리조직 이식 시 microvascular anastomotic coupler (MAC)를 이용한 미세혈관 문합의 결과를 보고하고자 한다.

**대상 및 방법:** 유리 조직 이식술 시 MAC coupler 시스템을 이용하여 정맥 문합을 시행한 12명의 환자 20예의 정맥문합을 대상으로 하였다. 환자의 연령, 성별, 수술 당시 진단명, 공여부 조직, 공여부 및 수여부 혈관의 직경, coupler의 크기, 문합 소요시간, 문합 직후 문합 부위의 혈관 개존 및 누혈 여부, 유리 조직 이식술의 성공 여부 등을 조사하였다.

**결 과:** MAC coupler를 이용한 정맥 문합에 소요된 시간은 평균 3분 15초였다. 전 예에서 문합 직후 문합부의 누혈이나 혈전 형성이 관찰되지 않아 100%의 직후 개존율을 보였으며 이식 조직은 장기 추시 시 전 예에서 혈관의 개존이 유지되어 생존하였다.

**결 론:** 정형외과 영역의 미세 재건술 시 coupler 시스템을 사용함으로써 미세 혈관 문합시간을 단축할 수 있어 수술 시간과 유리 조직의 허혈시간을 획기적으로 단축할 수 있었다. 이 시스템은 사용방법의 습득이 용이하고, 혈관 내막의 손상이 적으며, 초기 문합 강도가 우수할 뿐 아니라 문합 혈관의 직경차도 쉽게 극복할 수 있어 미세 봉합사를 이용한 고식적 혈관 문합을 대체할 수 있는 좋은 수술방법으로 사료된다.

**색인 단어:** MAC coupler, 혈관문합