

구강악안면 재건을 위한 미세혈관 문합술의 종류

이정아 · 강지영 · 어미영 · 명 훈 · 김명진 · 이종호 · 김성민

서울대학교 치의학대학원 구강악안면외과학교실, 치의학연구소

Abstract (J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011;37:312-20)

Classification of microvascular anastomosis in oral and maxillofacial reconstruction

Jung-A Lee, Ji-Young Kang, Mi-Young Eo, Hoon Myoung, Myung-Jin Kim, Jong-Ho Lee, Soung-Min Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Dental research institute, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, Korea

A reconstruction following a resection of malignant oral cavity tumors is one of the most difficult problems in recent oral oncology. For a better understanding of oral and maxillofacial reconstructive procedures, basic and advanced microvascular anastomosis techniques must be learned and memorized. The aim of this article was to clarify and define the microvascular anastomosis methods, such as primary closure after an arteriotomy, end to side anastomosis, end to end anastomosis, and side to side anastomosis with an artery and vein.

This review article discusses the basic skills regarding microvascular anastomoses with brief schematic diagrams in the Korean language. This article is expected to be helpful, particularly to young doctors in the course of the Korean national board curriculum periods for oral and maxillofacial surgery.

Key words: Arteriotomy, End to end anastomosis, End to side anastomosis, Side to side anastomosis, Microvascular anastomosis

[paper submitted 2011. 4. 11 / revised 2011. 7. 20 / accepted 2011. 7. 25]

I. 서 론

1969년 Yasagil¹⁾이 신경외과 영역에서의 미세혈관 문합술을 처음 소개한 이후, 경동맥이나 중대뇌동맥 협착이 동반된 허혈성 뇌혈관질환의 치료 및 이차적 허혈성 뇌혈관질환의 예방을 위한 미세혈관 문합술이 의학 및 치의학 분야에서 많이 시행되어져 왔다^{1,2)}. 특히, 수술현미경의 발달과 더불어 수술기법, 수술기구 및 봉합사 등의 의학적 발달과 수술 전후에 처치할 약제들에 대한 개발도 많이 이루어져서 미세혈관 수술은 비약적인 발전을 이루었는데, 이 중에서 가장 중요한 성공적 요소로는 미세혈관 문합술 기법에 대한 정확한 이해와 술기라고 할 수 있다³⁾.

광범위한 턱얼굴의 결손 부위를 회복하기 위한 재건술에 있어서 1978년 Yang 등에 의해 요골전완유리피관(radial forearm free flap)이 발표된 이후, 구강악안면 영역에서의 유리 피관은 미세수술 술기의 발전과 더불어 광범위하게 사용되어 왔다^{4,5)}. 이제는 더 이상 미세혈관을 이용한 구강악안면 영역의 재건은 특수하거나 어려운 수술이 아니며, 신체 내의 어느 부위보다 많은 혈관과 복잡한 신경 구조가 섞여 있는 구강악계 내외의 턱, 얼굴 부위의 재건에서 미세혈관 문합술을 이용한 재건술은 계속 발전하고 있다.

이에 저자들은 구강악안면외과 전문의로서 기본적인 미세혈관 문합술에 대해 이해하고, 유용한 문합법에 대해 체계적으로 분류하여 이를 응용할 수 있도록 저자들의 경험을 바탕으로 여러 문헌을 고찰하여 구강악안면영역에서의 미세혈관 문합술 방법에 대해 본 중설 논문을 기술하였다. 본 원고가 기존의 의대병원에서 가이드라인으로 사용되어 온 여러 미세혈관 수술 문합술에 대한 내용과는 다르게 치의학과 구강악안면외과 및 턱얼굴 재건학 분야에서의 하나의 가이드라인을 제시할 수 있기를 바란다.

김 성 민

110-768, 서울특별시 종로구 연건동 28

서울대학교 치의학대학원 구강악안면외과학교실

Soung-Min Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Seoul National University

28, Yeungeon-dong, Jongno-gu, Seoul, 110-768, Korea

TEL: +82-2-2072-0213 FAX: +82-2-766-4948

E mail: smin5@snu.ac.kr

*This work was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology.(2010-0012214)

II. 혈관봉합사(vascular suture materials) 및 혈관 패치(vascular patches)용 재료들

혈관재건을 위한 혈관문합은 비흡수성 봉합사로 시행하는데 인공적인 이식물은 결국 체내에서 완전히 치유되지 않고 환자의 일생 동안 유지되어야 하므로 비흡수성 봉합사는 치유가 완료될 때까지 혈관벽을 보호하기 위한 인장 강도를 지녀야 한다. 이처럼 혈관 문합에서 사용 가능한 봉합사를 성분별로 분류하면 실크(silk), 끈 폴리에스테르(braided polyester)와 같은 다섬유(multifilament) 봉합사와 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리부트에스테르(polybutester), 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene, PTFE)과 같은 단섬유(monofilament) 봉합사로 나눌 수 있다^{6,8}.

실크 봉합사는 비흡수성 봉합재료이나 생분해되는 성질이 있어 시간이 지나면서 인장 강도를 상실하는 경향이 있다. 혈관문합 후 발생하는 가성 동맥류의 원인으로 간주되어 왔으며 최근에는 혈관 문합에 거의 사용되지 않는다.

끈 폴리에스테르 봉합사는 대크론(Dacron, Ethicon Inc., Somerville, MA, USA), 머실렌(Mersilene, Ethicon Co.) 또는 폴리부티레이트 성분인 에티오본드(Ethiobond, Ethicon Co.)가 알려져 있으며 비흡수성이고 폴리에스테르 끈사로 되어 있다. 시간이 지나도 강한 인장 강도를 유지하고 조직 반응도 최소한으로 유지되는 장점을 지녀서 일부 혈관외과 의사들은 폴리에스테르 봉합사를 선호하는데, 머실렌과 대크론은 코팅되어 있지 않아 표면이 거칠고 봉합사를 당기거나 결찰하면 끌리는(dragging) 느낌이 관찰된다.

프롤린(Prolene, Ethicon Inc.), 서지프로(Surgipro, Covidien, Bermuda, USA), 또는 서지렌(Surgilene, Surgitech, Thane, India)으로 알려진 폴리프로필렌 봉합사는 우수한 인장 강도를 지녀서 혈관 재건에 가장 흔히 사용되는 봉합사 재료이다. 선형 단섬유(linear monofilament) 합성 봉합사로서 시간 경과에 따른 인장 강도가 우수하고 마찰 계수가 낮으며 조작성이 우수한 장점을 지니며 생체의 실험에서도 인장 강도가 잘 유지되고 일시적인 급성 염증 반응도 최소한으로 유지되는 것으로 알려져 있다. 매우 부드러운 봉합사로, 매듭을 유지하고 풀리는 것을 방지하기 위해 보통 4회 이상의 매듭(throw)을 두도록 추천된다.

폴리부트에스테르 봉합사는 노보필(Novafil, Davis & Geck, Danbury, CT, USA)로 알려져 있는, 비교적 최근에 소개된 비흡수성 단섬유 봉합사이다. Polytetramethylene ether glycol과 butylenes terephthalate의 성분이 84:16의 비율로 합성된 재료로 유연성이 크고, 메모리 현상으로 풀리는 양상을 최소화하였으며, 폴리프로필렌보다 더 강한 강도를 지니는 것으로 보고되어 왔다. 끌리는 현상을 최소화하고 문합시 조직 관통력을 향상시키기 위해 폴리트리보레이트(polytribolate)로 코팅되어 있다. 대부분의 외과 및 혈관외과 의사들은 폴리프로필렌에 익숙해져 있어서 혈관 재건

에서 이 봉합사를 사용하는 경우는 많지 않은 것으로 보고되고 있다⁹.

폴리테트라플루오로에틸렌 봉합사는 흔히 PTFE로 알려진 봉합사로 조작성이 매우 우수하며, 폴리프로필렌 봉합사를 PTFE 이식편이나 혈관패치와 함께 사용할 때 관찰되는 바늘 구멍 출혈을 최소화하기 위하여 봉합침의 직경과 봉합선의 차이가 최소화되도록 고안되었다. 즉, 이론적으로는 PTFE 봉합사는 봉합침의 천공에 의해 발생하는 모든 공간을 채워, 봉합사 주위의 누출이 최소화되는 것으로 설명되고 있다. 그러나, 바늘 구멍 출혈은 PTFE 봉합사에서도 여전히 발생하며, 특히 봉합침이 혈관벽을 수직으로 관통하지 않고 휘어져서 관통할 때 더욱 심한 것으로 보고되고 있다.

이와 같이 단섬유 봉합사는 낮은 조직 마찰력과 낮은 항력 계수(drag coefficient)를 지녀서 연속 봉합에 유리하게 사용되나, 실을 부주의하게 당기면 혈관이 찢어지고 혈관벽에 수직의 틈을 만들게 되어 봉합선 출혈을 야기하는 단점을 지닌다. 따라서, 큰 혈관에서는 신경 혹은 사용하고, 작은 혈관에서는 매듭지는 봉합사를 당겨줌으로써 혈관벽의 파열없이 봉합선을 팽팽하게 유지하는 것이 추천된다. 모든 봉합사는 해질 수 있어서 잘못 조작하면 파절될 우려가 많다. 수술 중이나 수술 후에 봉합사의 파절은 심각한 합병증을 야기할 수 있으므로 혈관문합용 봉합사를 취급할 때에는 조직겸자나 지침기로 봉합선을 파절(crushing)시키지 않도록 하고, 봉합하지 않은 봉합선 부위는 rubber clamp나 plastic-shod clamp를 이용하여 안정화시키며, rubber-shod clamp는 봉합선의 중앙보다는 바늘에 근접하여 위치시켜야 한다. 또한 결찰 시에 봉합선의 양끝에 마찰력이 가해지지 않도록 하며, sliding knot나 granny knot로 결찰을 시작할 경우에 knot가 미끄러지거나 풀어지지 않도록 다음 매듭은 square knot로 하는 등 몇가지 주의사항을 잘 지키는 것이 중요하다. 적절한 크기의 봉합사 선택도 중요한데, 혈관문합을 위해서는 대동맥 혈관은 2-0 또는 3-0, 장골동맥(iliac artery)은 4-0, 액와동맥(axillary artery), 총경동맥(common carotid artery), 총대퇴동맥(common femoral artery) 및 천대퇴동맥(common femoral artery)에는 5-0, 내경동맥(internal carotid artery), 슬와동맥(popliteal artery) 및 상완동맥(brachial artery)에는 5-0이나 6-0, 그리고 경골동맥(tibial artery) 및 하복사동맥(inframalleolar artery)에는 7-0 및 8-0 봉합사가 추천된다^{6,10-12}.

혈관 재건에 사용되는 혈관패치는 자가패치 및 인공패치로 나누어 생각할 수 있다. 환자의 팔·다리 정맥, 경정맥 및 안면정맥을 자가정맥의 공여부로 활용할 수 있으며, 이러한 자가정맥 패치를 이식할 경우 가장 큰 고려사항으로는 잠재적인 파열 위험성이라 할 수 있다. 이런 위험성은 주로 경동맥 내막절제술(carotid endarterectomy) 과정에서 대복재정맥(great saphenous vein)의 발목 부분이나 대퇴 부분을 사용할 때 보고되어 왔다. 천대퇴동맥(superficial

femoral artery)도 주로 사용되는 자가패치 공여부로, 폐색된 천대퇴동맥을 채취하여 내막 절제술을 시행하고, 내막이 절제된 혈관을 장축 방향으로 절개하여 자가패치로 사용하게 된다. 자가패치로 사용된 정맥들이 파열되는 것은 이식정맥이 기원된 부위보다는 정맥 자체의 특성에 기인하는 것으로, 미세문합에서 주변 동맥혈관벽과 촘촘히 문합하는 것이 가장 중요한 것으로 알려져 있다. 대복재정맥을 사용하여 이식할 경우 공여부인 잔여 대복재정맥의 혈행 여부를 동시에 고려하여야 하는데, 정맥 혈전증이 발생하면 이러한 정맥은 이후 관상동맥 또는 하지혈관 재건술에 우회로 도관으로 사용할 수 있는 가능성이 많이 떨어지게 된다^{13,14}.

인공패치는 폴리에스테르와 PTFE 재료로 주로 사용되고 있는데, 인공패치를 사용할 경우 감염 가능성, 문합 후 혈관확장 가능성, 봉합사 구멍 출혈 가능성과 조작시 재료의 특성을 고려하여 시술하여야 한다. 표준 PTFE 패치는 조작이 매우 용이하여 많이 사용되지만, 경동맥 내막절제술 과정에서 봉합사 구멍의 출혈이 관찰되고, 1.0% 미만의 감염률을 보이는 것으로 알려져 있다^{15,16}. 이전의 구세대 폴리에스테르는 확장되는 성질을 지녔으나 최근 개발된 새로운 세대의 인공패치는 교원질을 주입시키거나 알부민으로 코팅시켜 봉합사 구멍에서의 출혈을 최소화시켜 왔다. 최근 미국 W.L. Gore (Flagstaff, AZ, USA)사에서 소개한 Gore-Tex Acuseal patch는 expanded PTFE를 fluoropolymer와 함께 사용하여 두께를 0.50 mm로 유지하면서 봉합사 구멍의 출혈을 최소화시킨 대표적인 상품이다. 아직 혈관의 확장이나 신생 내막 과증식과 관련한 장기간의 결과는 보고되지는 않았으며, 현재까지의 의료시장에서 확인할 수 있는 인공패치의 종류는 Table 1에 정리하였다.

Ⅲ. 미세혈관 문합술의 종류

1. 경동맥 손상시 봉합(closure of a carotid arteriotomy)

구강악안면영역의 수술 시 직경 2-5 mm 내외의 동맥 분지 및 미세동맥들이 찢기거나 손상받는 경우가 많은데 대부분 겸자 및 일회용 클립으로 지혈이 가능하다. 그러나 내경 및 외경동맥, 또는 총경동맥이 찢기거나 손상받는 경우에는 경동맥의 크기와 절개된 양상에 따라 동맥의 절단부위를 접합시켜서 직접 봉합하는 일차봉합을 시도하거나, 결손부가 클 경우 절개부 사이의 결손부를 연결하기 위해 혈관패치를 이용하는 패치 혈관성형술(patch angioplasty)을 시행하게 된다. 이때 동맥혈관의 크기, 혈관 절개부의 방향과 모양 및 동맥경화 플라그(arterosclerotic plaque)이 동맥 절단 부위에서의 존재 여부 등이 주요 고려사항이 된다.

횡동맥절개(transverse arteriotomy) 시 일차문합법은 간단하고 가장 신속한 동맥절개 문합법이다. 특별한 질환에 이환되지 않은 동맥의 경우 대부분의 횡동맥절개는 요골동맥이나 후경골동맥과 같은 직경 1.5-2.0 mm의 작은 동맥에서도 가능하며, 경동맥이나 대퇴동맥과 같은 직경 5.0 mm인 경우에서도 가능하다. 그러나, 일차문합 시 어느 정도의 혈관직경이 감소할 수 있으며, 이러한 혈관직경의 감소는 특히 종절개(longitudinal incision)의 경우 혈관의 개통에 문제를 야기할 수 있으므로 일차봉합으로 인하여 혈관 내경에 수축이 발생할 우려가 있으면 패치문합을 고려해야 한다. 일차문합은 보통 연속봉합(continuous suture)으로 시행하는데, 봉합침을 혈관벽의 혈관외막(adventitial surface)으로 삽입하여 반대측 혈관벽의 내막으로 삽입한다. 절개 부위의 혈관벽에는 혈전(thrombus)이 없는지 반드시

Table 1. Commercially available examples of non-autogenous vascular patches⁶

Vascular patches (Manufactures)	Description	Thickness (mm)
Gore-Tex (WL Gore Co., Delaware, USA)	Expanded polytetrafluoroethylene	0.40
Gore-Tex Acuseal (WL Gore Co.)	Expanded polytetrafluoroethylene combined with fluoropolymer	0.50
Hemashield (Boston Scientific, Wayne, USA)	Knitted double velour polyester	0.76
Hemashield Finesse (Boston Scientific)	Knitted, non velour polyester impregnated with collagen	0.36
Intervascular (Impra Bard Inc., La ciotat, France)	Knitted velour polyester coated with collagen	0.65
Sulzer Vascutek (Sulzer Vascutek, Renfrewshire, United Kingdom)	Polyester bonded with fluoropolymer and sealed with gelatin	0.38
Vascugard (Biovascular Inc, St.Paul, USA)	Bovine pericardium cross linked with glutaraldehyde	0.35

확인하여야 하는데, 그렇지 않으면 봉합침이 혈관 외막의 표면을 통과할 때 봉합침의 끝이 혈전을 혈관벽으로부터 밀어내어 혈전 발생의 온상이 될 수 있고, 혈관벽이 찢어질 수도 있기 때문이다. 따라서, 연속봉합의 일차문합법은 정상이거나 최소한의 질병을 가진 혈관에서 적합하다.(Fig. 1) 일차봉합은 또한 일반적인 정맥, 정맥 바이패스(bypass), 보철 바이패스 및 동맥내막이 절제된 동맥에서 사용된다. 이 때 바이트(bite)가 부적절하게 깊이 위치하면 혈관내경의 국소적인 수축을 야기할 수 있으므로 바이트의 깊이와 전진 정도가 봉합선의 길이와 같아야 하는 등 바이트의 위치와 힘에 주의하여 시행하게 된다. 동맥절개 부위에 크거나 부착된 혈전이 있는 경우에서도 혈전을 제거하거나, 또는 프락을 혈관벽으로부터 분리하지 않으면서 일차봉합할 경우에는 단속봉합(interrupted suture) 방법으로 하게 된다. 즉 봉합침을 항상 절개부위의 혈관 내벽으로부터 삽입하여 두꺼운 내막이 동맥벽에 고정되도록 하고, 혈관벽을 통과하기 위해 바이트를 깊게 위치시키는 것이다.(Fig. 2)

동맥에서의 패치문합은 직접 일차문합을 하면 혈관이 좁아지거나 혈전이 발생할 수 있는 경우에 고려하며, 장축으로의 동맥절개시에도 시행할 수 있다. 들쭉날쭉하게 절개된 경우, 만곡이 심한 혈관, 직경 5 mm 이하 혈관에서의 장축절개시 및 동맥절개 부위에 석회화된 플라그가 존재하는 경우 등과 같은 기술적 요인이 있을 때 고려하여야 하며, 동시에 혈관벽의 가장자리에 반흔이나 외상으로 인한 큰 결손이 있어 혈관벽의 가장자리가 근접되지 않는 경우와, 혈관 내벽에 증식성 신생물이나 플라그 잔존과 같이 혈관벽으로부터 제거할 수 없는 폐쇄성 질환이 있는 경우에 활용하게 된다. 또한, 비기술적 요인에 해당되는 고지혈증(hyperlipidemia), 과도한 흡연, 여성, 재발성 혈관협착 등의 술자의 기술과 무관한 위험 요인들이 있는 경우에도 패치문합을 고려하게 된다^{6,17}. 봉합침은 패치의 혈관외벽에서부터 이식편의 혈관내벽으로 삽입하여 플라그 조각이 혈관내로 밀려나와 혈전을 야기하거나 절개될 가능성을 줄이도록 해야 하고, 혈관내경의 감소없이 패치와 혈관에 적절한 크기의 바이트를 위치시키도록 하는데, 바이트 삽입 시에는 조심스럽게 진행하여 특히 부적절하게 놓여진 바이트 때문에 예기치 않은 내경 협착을 유발하지 않도록 주의해야 한다. 또한, 패치의 선택도 비슷한 두께로 준비하는 것이 중요한데, 수복하고자 하는 혈관의 직경보다 많이 클 경우 재건 부위에서의 동맥류 확장(aneurysmal dilatation)이 일어날 수 있으므로 주의해야 한다. 패치문합은 크게 고정(anchor)법과 낙하산(parachute)법으로 나뉘게 된다. 고정법에서는 초기봉합을 결찰하여 패치를 고정하고 안정화시키는데, 가장 간단한 방법으로 고정봉합을 한쪽의 앞에서부터 시작하여 패치를 적절한 길이로 조정하면서 다른 고정봉합을 반대편에 두는 것이다. 봉합사를 조작하는 방법에 따라 단순봉합이나 수평 매트리스 봉합으로 시행하게 되고, 수평 매트리스 봉합 시에는 절개선을 외번시키는 장

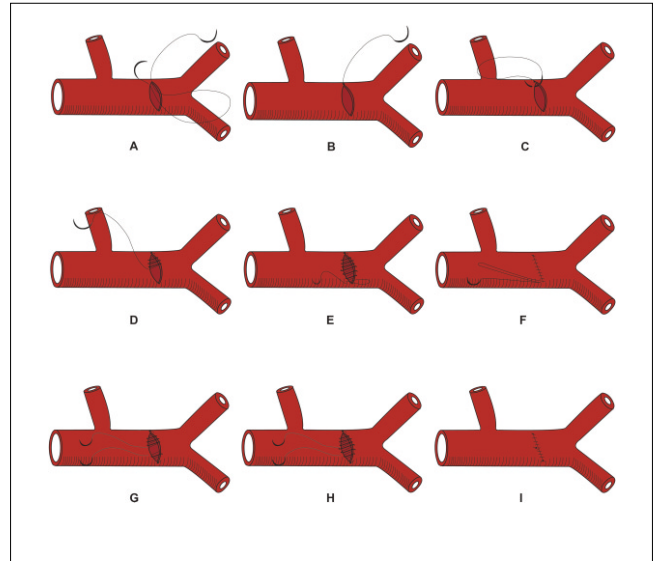


Fig. 1. Schematic drawings of primary continuous closure in the transverse arteriotomy. A. Introduce the needle from the intimal side of the arterial wall, B. Tie the suture and cut one end, C. Start running the suture towards the mid-point of the arteriotomy, D. Continuation of running the suture all the way towards the end of the arteriotomy, E. Place the last two bites closely spaced, F. Pull the suture and tie it to itself, G. Another alternate way of suture at the other end of the arteriotomy to avoid the need to tie the suture to itself, H. Run the second suture towards the mid-point of the arteriotomy, I. Tie both sutures.

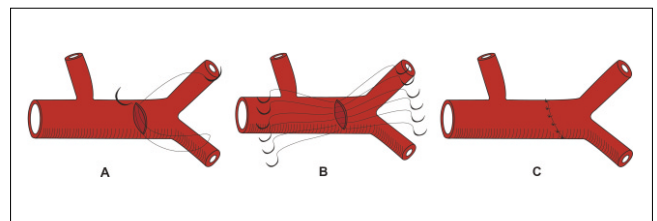


Fig. 2. Schematic drawings of primary interrupted closure in the transverse arteriotomy. A. Introduce the needle from the intimal side of the arterial wall to avoid dissection of the plaque, B. Place all the needles and sutures under direct vision, C. Pull and tie the sutures.

점이 있으나, 작거나 중간크기의 혈관에서 내경의 협착을 방지하기 위해 넓은 수평 매트리스 봉합은 앞쪽에 두지 않는 것이 중요하다.(Fig. 3) 반면에 낙하산법은 동맥절개의 부위가 깊은 경우 유용한데, 여러 바이트를 봉합한 후 잡아당기지 않은 상태로 먼저 놔두고 진행하며, 패치를 혈관으로부터 어느정도 떨어뜨려 놓고 5-6개의 바이트를 미리 패치와 혈관에 위치시킨 후 패치가 낙하산처럼 절개부로 내려오면서 맞도록 디자인하여 양쪽 끝을 동시에 잡아당겨 봉합하게 된다. 조직을 거칠게 다루면 특히나 얇은 혈관의

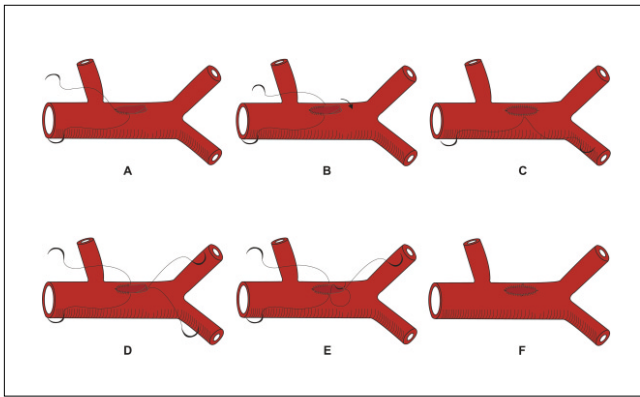


Fig. 3. Schematic drawings of Patch closure with anchor technique in the longitudinal arteriotomy. A. Run the suture to the midpoint of the arteriotomy, B. Similarly run the other end of the suture to the midpoint of the arteriotomy, C. Continuous running this suture until you reach the other end, D. Alternate starting another suture at the opposite end, after suturing one half of the patch, E. This suture may be a simple or a horizontal mattress suture, F. Tie both sutures.

경우 봉합선이 혈관벽에서 잘라질 수 있으므로 부드럽게 조작해야 하며, 낙하산법의 첫 봉합은 보통 수평 매트리스 봉합으로 하고 봉합선은 앞측에서 시작하거나 앞측에서 몇 바이트 떨어져 시작할 수도 있다.

2. 단측문합(end-to-side anastomosis)

혈관폐쇄성 질환에서 주로 이용되는 바이패스에서 대부분 폐쇄된 혈관의 근심부와 원심부에 단측문합의 방식으로 시행하는 것으로 보고되어 왔는데, 혈류를 유지할 수 있는 질환이 거의 없는 혈관 부위에 근심측 문합을 형성하고 원심측 문합은 폐쇄성 부위의 원심측에 위치하여 혈류의 순행과 역행을 모두 허용하게 하는 방법이다. 단측문합으로 형성된 혈관은 근심과 원심의 문합 사이의 허혈로부터 사지를 보호할 수 있으며 단단문합을 이용한 혈관 재문합 시에 더 발생하기 쉬운 간격빈혈(interval ischemia)을 예방하기 위해 사용된다. 두경부 영역의 재건술에서는 주로 정맥 환류를 위해 공여부의 미세한 정맥을 이식부 또는 경부의 경정맥 등에 단측문합을 이용하여 연결하게 된다. 특히, 직경 0.5 mm 이하의 얇은 정맥일 경우 경정맥의 환류 흐름(return flow)을 이용하게 되어 보다 성공적인 시술을 가능하게 하는 것으로 믿어져 왔다.¹⁸⁻²⁰

성공적인 단측문합을 위해서는 바이패스할 혈관의 직경과 문합의 길이를 고려해야 한다. 이상적인 단측문합의 직경과 길이에 대해서는 정의된 바 없으나, 문합의 길이는 바이패스의 절단각에 영향을 주고 수여부 혈관의 직경이 변화하지 않기 때문에 단측문합의 구조는 대부분 혈관 절개

의 길이에 의존하게 된다. 단측문합을 위한 근심문합의 길이는 보통 1-2 cm로 다양한데, 원심문합은 바이패스 혈관 직경의 2배여야 한다는 주장과 혈관 절개가 2 cm 이상이어야 한다는 주장, 그리고 수여부 슬와동맥 직경의 2-4배의 혈관 절개를 형성하고 수여부 슬와하동맥 직경의 10-20배여야 한다는 보고가 있어왔다.^{8,13,14} 또한, 질환에 이환된 작은 직경의 경골동맥 같은 경우 긴 문합선을 봉합해야하는 것을 방지하기 위해 1.0-1.5 cm의 짧은 혈관 절개를 선호하게 되고, 관상동맥맥 바이패스의 경우에는 일반적으로 4-6 mm 정도의 짧은 길이의 혈관 절개를 추천한다는 보고가 있어 왔으나^{7,10}, 이들 내용은 대부분 사지의 바이패스를 이용한 혈관 개통과 관련된 내용으로 두경부 영역의 동정맥에서 활용되는 단측문합의 경우와는 다소 차이점이 있다 하겠다.

단측문합은 고정법과 낙하산법 모두 시행할 수 있는데, 기본적인 고정법에 의한 단측문합은 보통 뒤측(heel)에서부터 문합함으로서 시작한다. 문합은 결찰하여 내리게 되며 그 후 양측의 뒤쪽에서 연속법으로 봉합하기 시작하고 간혹 앞 부위에서 다른 봉합을 시작하여 서로 연결하여 결찰하기도 한다. 앞측(apical)의 봉합은 양측의 앞측에서 연속적으로 봉합하여 문합을 완성하게 되는데, 이러한 기본적인 방법은 경정맥에 연결할 때 일반적으로 사용할 수 있는 이상적인 단측문합법으로, 연결하는 형태에 따라 여러 변형법이 있을 수 있다.(Figs. 4, 5) 이처럼 고정법에 의한 경우 앞측과 뒤측에서 사용되는 봉합은 단순봉합이나 수평 매트리스 봉합으로, 이 때 전술한 바와 같이 수평 매트리스 봉합은 봉합선을 외번시키는 데에 유용할 수 있으나 반면 작은 혈관인 경우 앞쪽과 뒤쪽의 넓은 수평 매트리스 봉합은 혈관내경의 협착을 유발할 수 있으므로 주의가 필요하다. 수평 매트리스 봉합법에 의한 고정술식은 Fig. 6과 같이 진행한다.

단측문합에서의 낙하산법은 초기에 뒤측과 앞측의 문합이 당겨지지 않는다는 점에서 고정법과 다른데, 특히 혈관이 작거나 심부에 위치한 경우 유용하게 적용할 수 있으며 앞측과 뒤측의 처음 바이트를 몇 개 잘 보이게 위치시키는 것으로 시작하게 된다. 봉합의 양쪽 끝에 조심스럽게 힘을 가하여서 양쪽 끝에서 봉합선이 시소처럼 당겨질수록 바이패스가 혈관절개부로 전진하는 느낌으로, 마치 낙하산처럼 내려오는 단측문합을 시행하게 된다. 바이패스 앞에 5 바이트 이상이 존재할 경우 봉합의 양쪽 끝을 잡아당겨도 타이트한 봉합선을 만들 수 없다는 것을 명심해야 하며, 이러한 경우 유용한 방법으로 뒤측 중심에 신경혹을 위치시켜 고리를 당김으로써 봉합의 양쪽 끝에서의 힘이 고르게 분배되어 봉합선이 타이트하게 완성되도록 할 수도 있다. 또한, 단측문합에서의 낙하산법은 뒤측의 중앙 혹은 몇 바이트 떨어진 곳에서 시작할 수도 있으며, 뒤측의 중앙이나 앞측에서 봉합을 시작하는 것은 가장 간단한 방법이고 혈관 절개부와 절단부 사이에서 적절한 크기를 조절할 수

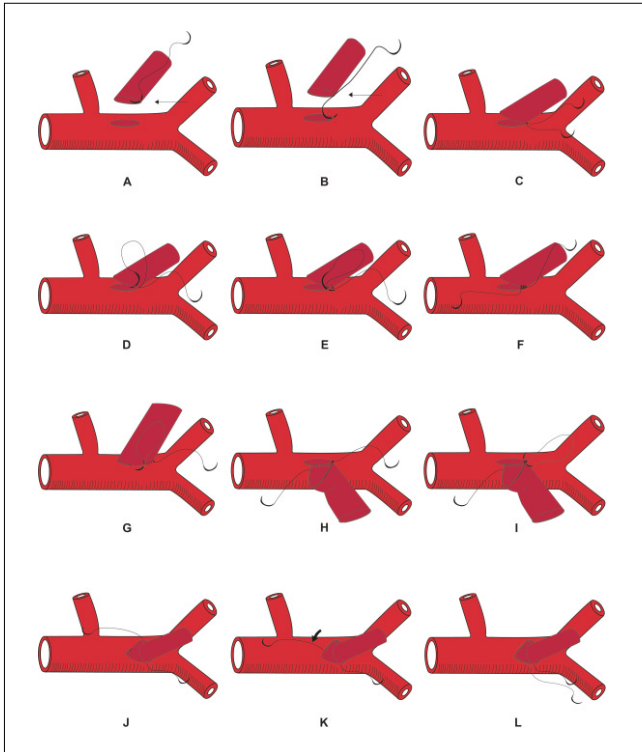


Fig. 4. Schematic drawings of simple anchoring sutures in the end-to-side anastomosis. A. Start at the center of the heel by introducing the needle outside to inside in the graft, B. Introduce the needle in a matching location from inside to outside. This suture may be a horizontal mattress suture or simple suture as shown here, C. Tie the suture, D. Continue with one end of the suture, E. Introduce the needle in the vessel with the first few bites after tying down the suture, F. Place several sutures on one side, G. Tighten the sutures with confirmation the graft and the artery together in a single bite, H. Place several bites, I. Tie the sutures, J. Place several bites, K. Continuation with the upper suture and run it around the apex, L. Tie both sutures.

있다. 또한, 미세문합의 각 면 사이에서 전진현상이 다를 가능성을 피할 수 있고 혈관 절개부의 양측면에서 전진량이 다를 수 있다는 단점도 피할 수 있다.

단측문합의 다른 변형법으로는 뒤측 부위에는 고정법, 앞쪽의 부위에는 낙하산법으로 하거나 또는 그 반대로 적용하는 방법이 있으며, 혈관 절개의 뒤측 부분은 낙하산법으로 재건하고 앞부분은 고정법으로 재건하는 것이 더 적절할 경우 활용될 수 있다.

3. 단단문합(end-to-end anastomosis)

단단문합은 외상이나 동맥류가 발생한 경우 손상받은 혈관을 교체하거나 복합 바이패스를 새로 연결할 때, 질병에 이환된 바이패스 부위를 교체할 때, 신동맥이나 복합동맥 바이패스와 같이 retrograde flow의 보존이 필수적이지 않

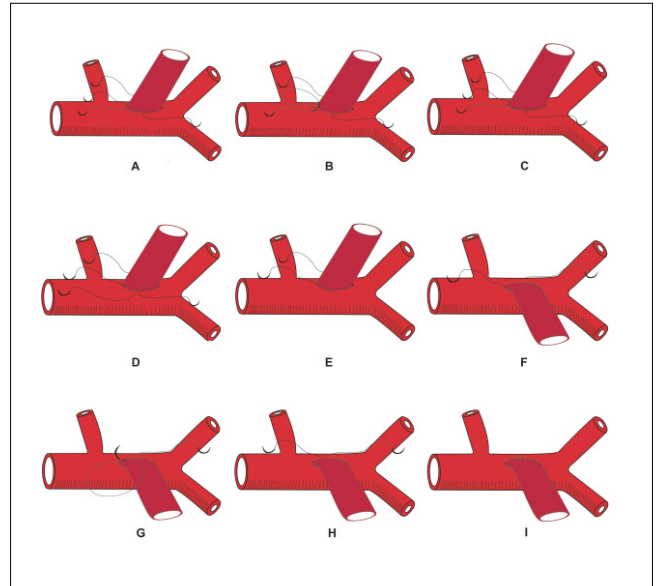


Fig. 5. Schematic drawings of alternate simple anchoring sutures in the end-to-side anastomosis. A. Starting a new suture at the apex, B. Tie the suture, C. Place several more bites, D. Run the suture line toward the heel until it meets the other suture, E. Tie both sutures together, F. Flip the graft to the other side, G. Introduce the needle from the adventitial side of the graft and the intimal side of the artery, H. Place several more bites, I. Tie the sutures.

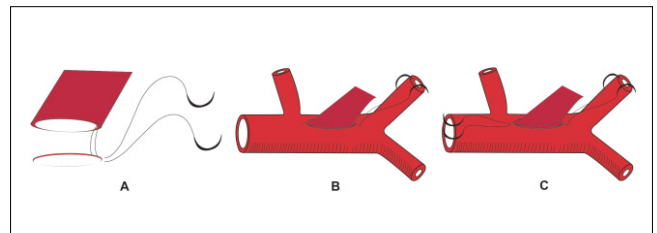


Fig. 6. Schematic drawings of horizontal mattress anchoring sutures in the end-to-side anastomosis. A. The fixing sutures are horizontal mattress sutures, B. These mattress sutures may help fold the graft and the artery to achieve an everted suture line with an ideal intima-to-intima opposition, C. In small vessels, it is important to avoid taking wide horizontal mattress sutures at the toe or the heel, as they may cause puckering or narrowing of the lumen.

은 부위에서 주로 사용된다. 두경부 재건술에서도 공여부와 수용부의 동맥 및 정맥끼리 서로 연결하는 가장 기본적인 문합법이라 할 수 있다¹⁸⁻²⁰. 단단문합을 이용한 재건에서 가장 좋은 방법을 선택하기 위해서는 문합할 혈관의 직경, 운동성 및 혈관 장축을 따라 회전할 수 있는지 등의 여러 요소를 미리 고려해야 한다. 보통 연속 봉합법으로 시행하며 연속봉합선은 고정법이나 낙하산법을 각각 시행하거나 또는 두 방법을 동시에 사용하게 된다. 두 가지 방법을 혼합하여 이용할 때 문합부의 후방부는 고정법으로 시작하고 전방부는 낙하산법으로 하거나, 또는 이와 반대로 활용

할 수 있다. 매우 특이한 경우이지만 어린이의 경우 술후 성장에 적응하기 위하여 혈관 문합시 단속문합을 이용하기도 한다.

직경이 큰 혈관 두 개를 단단문합법으로 문합할 때 혈관의 절개부와 문합부의 봉합선은 혈관의 장축에 수직으로 위치하게 된다. 문합할 양측의 혈관이 충분한 가동성을 가진다면 문합부를 전방부와 후방부로 나누어서 각각 봉합하며, 봉합사를 결찰하고 전방부부터 문합을 시작한 후 혈관을 180° 뒤집어 후방벽을 전방부로 위치시켜 문합을 완성하게 된다.(Fig. 7) 이처럼 혈관을 180° 뒤집기 위해서는 미세집자를 이용하거나 또는 견인부분의 실을 꼬아서 이

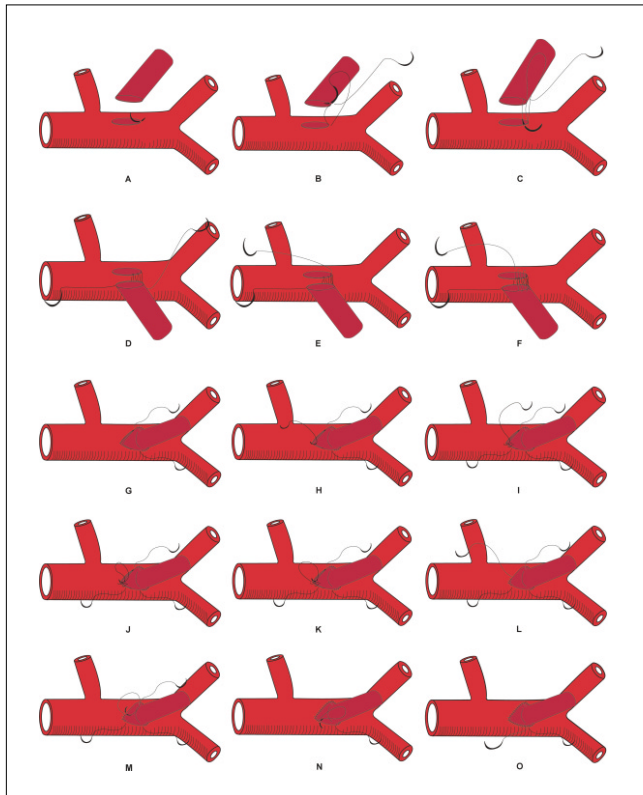


Fig. 7. Schematic drawings of anchoring sutures in the end-to-end anastomosis. A. Start by placing one suture at the base of each vessel, B. Tie the suture, C. Place an identical suture diametrically opposite to the first suture, D. Start suturing on the anterior wall, E. Run the suture along the anterior wall until it meets the inferior suture, F. Tie the sutures, G-I. Flip the graft 180°, bringing the posterior wall to an anterior location, J. Run the remaining end of the superior suture toward the inferior suture, K. Continuation with the superior suture until its meets the inferior suture, L. Alternate suturing with the lower suture toward the upper suture, M. This variation will avoid the need to tie to a suture that already has a knot at its base, which could result in a bulky knot, N. Tie the sutures, O. Flip the graft back its original position.

용할 수 있으며, Carrel¹¹에 의해 고안된 변형법으로 문합을 세 부분으로 나누어서 시행하기도 하는데, 특히 직경이 큰 혈관을 다른 직경의 혈관과 문합하는 경우 활용하면 혈관의 양측을 봉합한 후 봉합부의 길이가 달라 구불거리는 것을 방지할 수 있다^{6,7,11}. 혈관이 완전한 가동성을 지니지 못해 문합 부위를 180° 뒤집기가 불가능한 경우에는 낙하산법이나 고정법을 이용하여 후방벽을 먼저 봉합하게 되며, 이 방법은 후방벽의 중앙부나 한쪽 끝에서 봉합을 시작하게 된다. 또한, 낙하산법의 술식은 혈관의 기저부(base)에 봉합침을 삽입하면서 시작하여 봉합을 결찰할 수도 있고 Fig. 8에서와 같이 결찰하지 않은 채로 후방벽을 봉합할 수도 있다.

두 개의 작은 혈관에서 단단문합을 시행하는 경우에는 혈관내경의 협착을 방지하기 위하여 베벨(bevel)을 이용한 문합이 필요할 수 있으며, 자가이식 혈관은 절단 후 수축하거나 일시적으로 짧아질 수도 있는데, 짧아진 혈관을 문합하면 문합 후 약간의 긴장 하에 놓일 수 있으므로 주의해야 한다. 혈관이 얇으면 특히 단순봉합을 이용하는 경우 고정 봉합으로 인하여 혈관벽이 찢어질 수 있으므로, 낙하산법

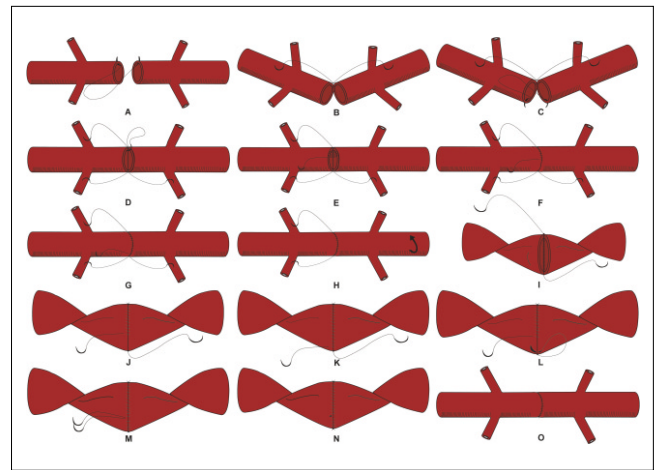


Fig. 8. Schematic drawings of parachute sutures in the end-to-end anastomosis. A. Start the suture or continue suturing the back wall without tying, B. Introduce the needle from the adventitial side of 'A' vessel to the intimal side of 'B' vessel, C. Allow the suturing to be performed in a fore-hand manner, D. Continue placing the sutures until the posterior suture line is completed, E. Tight the suture line, F. Continuation with the upper suture until it meets the other end with avoiding excessive tension on the suture line, G. A waist or purse string effect can occur at the anastomosis of excessive tension is applied to the suture line, H. Alternate start another simple mattress suture, I. Tie the suture and continue running the suture line, J. Alternate suturing without tying, K. Introduce the needle on the adventitial side of 'B' vessel and on the intimal side of 'A' vessel, L. Continue suturing until meet the inferior suture, M. Tie the sutures, N. Start suturing toward the superior suture, O. Tie the sutures.

을 이용하여 후방벽의 여러 단순봉합 부위로 장력을 나누어서 진행할 수도 있다.

결론적으로 구강악안면 재건을 위한 대부분의 미세문합술은 경부에서 이루어지며 대부분은 단단문합법이 우선적으로 선호되며, 혈관상태가 좋지 않거나 혈관내경의 차이가 심한 경우 단측문합법이 고려되는 것이 일반적이다. 단단문합술은 층류(laminar flow)를 유지함으로써 혈전 형성을 감소시킨다고 알려져 있으나, 반면에 단측문합술도 문합의 실패율을 높이지 않으면서 혈행 속도도 감소시키지 않는다고 보고되어 왔다^{18,19}. 또한, 다양한 정맥에 단단문합술을 시행한 경우 혈전 형성이 1.8%였으나, 내경정맥에 단측문합술을 시행한 경우 혈전 형성이 2.7%였다고 보고한 논문도 있었다²⁰.

4. 측측문합(side-to-side anastomosis)

측측문합법은 재혈관화가 필요한 사지의 많은 분지에서 연속적인 바이패스 이차문합을 형성하거나, 간문맥 고혈압(portal hypertension)에서 측측문맥대정맥 션트(side to side portocaval shunt)를 형성할 경우, 만성 혈액투석(chronic hemodialysis)을 위한 측측요측부정맥 동정맥루(side to side radiocephalic arteriovenous fistula)를 형성하는 경우 및 서혜하부의 인공 바이패스(infrainguinal prosthetic bypass) 시 혈류저항을 감소시키기 위해 측측동정맥 누공(side to side arteriovenous fistula)을 형성할 경우에서 사용되는 문합법으로 알려져 있으나^{6,7}, 이러한 재건술조차 흔하지는 않기 때문에 흔하게 사용되지는 않는 술식이다. 두경부 및 구강 내외의 재건을 위한 혈관문합술에서도 거의 사용되지 않는 술식이나, 단측문합 및 단단문합과 같이 미세혈관 문합과 재건을 총체적으로 이해하기 위해서는 기본 원리 및 시술과정을 확인해 두는 것이 필요하다.

측측문합에서의 혈관은 최소한의 장력으로 인접하여 위치시키며 문합은 혈관벽이 직접 접하는 부위에서 후방부위부터 먼저 시행한다. 문합은 고정법이나 낙하산법 모두 시행할 수 있으며 봉합선은 혈관 절개부의 중간 부분이나 양 끝에서도 시작할 수 있다. 본 논문에서는 고정법의 경우만을 자세히 Fig. 9에서 소개하였으며, 정맥 절개 부위의 중간 부위에서 혈관 외벽에서 혈관 내벽으로 봉합침을 삽입함으로써 문합술을 시작하게 된다.

Ⅳ. 총괄 및 고찰

두경부 영역, 특히 구강내 재건은 해부학적 재건 이외에도 기능적인 재건이 매우 어려운 부분으로 연하, 발음, 호흡 등의 다양한 생리적인 특징이 잘 반영되도록 각각의 결손 부위에 적절한 재건술이 이루어져야 한다. 최근 수십년간 미세수술 기구 및 미세수술 기법의 발전으로 유리피판술이 구강내외의 재건에 많이 활용되었으며 성공률도 많이

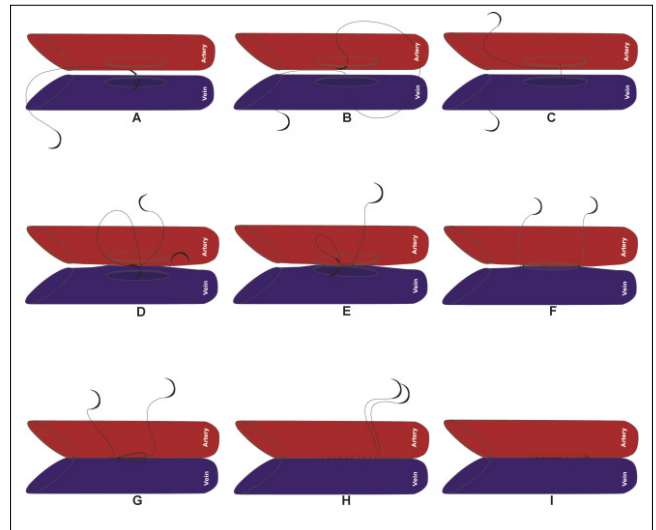


Fig. 9. Schematic drawings of anchor techniques in the side-to-side anastomosis. A. Start by placing one suture at the midpoint of the venotomy from outside to inside, B. Introduce the needle in a corresponding point in the arteriotomy from inside to outside, C. Tie down the suture, D. The needle is introduced from the adventitial side of the vein and the intimal side of the artery, E. Continue suturing the back wall on one side of the suture, F. Complete the back wall on the other side of the suture in a similar manner, G. Resume suturing along the anterior wall. Introduce the needle inside-outside in the artery, H. Continue running the suture toward the lower suture, I. Tie the suture.

향상되어 왔다. 숙련된 술자가 시행한 유리피판의 성공률은 95-97%로 보고되고 있으며, 이러한 성공률은 철저한 환자의 수술 전 평가, 수술 시 숙련된 정도 및 수술 후 관리 등 3가지 요인에 의해 결정되는데, 수술 전의 적절한 유리피판 대상환자의 선택과 동반질환 평가, 수술 중 공여부 및 수혜부 혈관의 선택과 혈관문합 기술, 그리고 수술 후 혈액학적 안정성 유지 등이 유리피판의 성공률을 높일 수 있는 요인들이라 할 수 있다²¹⁻²³.

이 중 수술기법과 관련하여서는 1900년도 초에 Carrel¹¹에 의해 미세문합술이 처음 소개된 후 많은 기술적 발전이 이루어졌고, 1960년 Nakayama¹²가 최초로 유리조직 미세이전술(free tissue transfer)을 인간에 적용하여 획기적인 진화를 열었다. 미세문합술이 발달함에 따라 재건술은 사지나 수완부에 제한되지 않고 두피, 상순 및 이부 등에도 성공적으로 재건된다고 보고되었다²⁴⁻²⁶. 또한 절단된 혀를 재건한 예가 보고되면서²⁷ 이러한 미세문합술은 구강 내외의 얼굴 재건에 필수불가결한 기본 술식으로 자리잡아 왔다. 일단 미세문합술에 익숙해지면 혈관 크기가 0.5 mm 미만으로 아주 작은 천공지 피판(perforator flap)을 이용한 재건도 가능하다. 주로 피부하방 조직으로만 구성되어 활용될 수 있는 천공지 피판은 천층의 천공지 동맥(perforator artery)을 이용하는 피판으로 하방의 근육을 보호할 수 있으므로 donor

site morbidity가 적으며, 얇고 조작성이 훌륭하므로 특히 두 경부 영역에서의 이용이 용이할 것으로 여겨진다.

혈관 직경이 다른 경우에는 우선적으로 단단문합이 고려되나 직경 차이가 많이 커서 단단문합 후 각도 형성이 클 경우에는 추가적인 혈관성형술(angioplasty)을 고려하거나 혈관폐치를 이용하여 작도하는 방법을 고려하게 된다. 이렇게 단단문합이 제한적인 경우 직경이 큰 혈관의 절단부위를 휘감치기(oversewing)하여 직경이 더 작은 혈관을 직경이 큰 혈관의 측면에 연결함으로써, 기능적으로는 단단문합이나 형태적으로는 단측문합이 되도록 할 수 있다. 또한, 두 정맥 부분을 함께 붙이는 복합 정맥이식술과 같은 혈관 재건법을 고려할 수 있는데, 혈관 직경의 차이가 크면 큰 부분의 말단이 작은 부위의 끝에 문합되어야 하므로 정맥의 한 부분을 역전되는 방향(reverse manner)으로 하고, 다른 한쪽은 비역전되는 방향으로 진행하여 하나의 정맥 부분 위치에 변화를 줌으로써 더 큰 정맥의 큰 말단과 봉합할 수 있다. 이처럼 비역전된 부분의 밸브는 이식편을 혈관화한 후에 필요에 따라 제거하게 된다.

이제는 구강악안면외과 전문의 시대이며 미세문합술을 이용한 구강악안면 영역의 재건은 더 이상 특수하거나 어려운 수술이 아니므로, 구강악안면외과 전문의가 되기 위한 기본적인 수련과정으로서 미세혈관 문합술에 대해 본질적으로 이해하고, 유용한 문합법에 대해 체계적으로 분류하고 이를 응용할 수 있도록 노력하는 것이 매우 중요하다고 생각된다. 또한, 혈관외과 부분에서 시술되는 기본적인 혈관의 연결 방법을 숙지하고 구강악안면 영역의 재건술에 응용하여 적용하기 위해서는 본 종설 논문에서 확인된 내용 이외에도 혈류역학 (vascular dynamics), 동맥과 정맥 단면 구조에 따른 동정맥 생리 현상 등에 대한 추가적인 이해가 필요하며, 이러한 혈관문합에 대한 기본적인 원리를 이해하는 것이 전체 구강악안면 재건술을 위한 첫 걸음이라 하겠다.

References

1. Yasagil MG. Reconstructive and constructive surgery of the cerebrovascular arteries in man. In: Yasagil MG, ed. *Microsurgery Applied to Neurosurgery*. Stuttgart: Georg Thieme; 1969:82-119.
2. Chang CH, Choi BY. Characteristics of training materials for successful microvascular anastomosis and preclinical assessment of the surgical skills. *Korean J Cerebrovasc Surg* 2007;9:243-6.
3. Lee KS, Suh JD, Han SB, Lee SJ, Choi IC, Kim IS, *et al*. The effect of aspirin and prostaglandin E1 on the patency of microvascular anastomosis in rat. *Korean J Microsurg* 2000;9:179-85.
4. Joo YH, Sun DI, Park JO, Cho KJ, Seo JH, Park JW, *et al*. Analysis of recipient vessel for microvascular reconstruction of the head and neck. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2010;53:20-3.
5. Kim SM, Seo MH, Kang JY, Eo MY, Myoung H, Lee SK, *et al*. Anatomical review of radial forearm free flap for the oral cavity reconstruction. *J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2011;33:95-101.
6. Hoballah JJ. Vascular reconstructions; anatomy, exposures, and techniques. New York: Springer; 2000:17-26.
7. Hoballah JJ, Eid GM, Nazzal MM, Sharp WJ, Corson JD. Contralateral internal jugular vein interposition for salvage of a functioning arteriovenous fistula. *Ann Vasc Surg* 2000;14:679-82.
8. Rutherford RB. *Atlas of vascular surgery: basic techniques and exposures*. Philadelphia: Saunders; 1993:48-9.
9. Pinheiro AL, Castro JF, Thiers FA, Cavalcanti ET, Rêgo TI, de Quevedo AS. Using Novafil : would in make suturing easier? *Braz Dent J* 1997;8:21-5.
10. Kirklin JW, Barratt-Boyes BG. Ischemic heart disease. In: Kirklin JW, Barratt-Boyes BG, eds. *Cardiac surgery*. 2nd ed. New York: Churchill-Livingstone; 1993:309.
11. Carrel A. The operative technique of vascular anastomoses and the transplantation of viscera. *Med Lyon* 1902;98:859.
12. Nakayama K, Yamamoto K, Tamiya T, Makino H, Odaka M, Ohwada M, *et al*. Experience with free autografts of the bowel with a new venous anastomosis apparatus. *Surgery* 1964;55:796-802.
13. Sotturai VS, Batson RC. Use of nonreversed, translocated saphenous vein graft. In: Bergean JJ, Yao JST, eds. *Techniques in arterial surgery*. Philadelphia:Saunders, 1990:184-91.
14. Taylor LM, Porter JM. Technique of reversed vein bypass to distal leg arteries. In: Bergean JJ, Yao JST, eds. *Techniques in arterial surgery*. Philadelphia:Saunders, 1990:109-121.
15. Bergan JJ, Veith FJ, Bernhard VM, Yao JS, Flinn WR, Gupta SK, *et al*. Randomization of autogenous vein and polytetrafluoroethylene grafts in femoral-distal reconstructions. *Surgery* 1982;92:921-30.
16. Bush HL Jr, Nabseth DC, Curl GR, O'Hara ET, Johnson WC, Vollman RW. *In situ* saphenous vein bypass grafts for limb salvage. A current fad or a viable alternative to reversed vein bypass grafts? *Am J Surg* 1985;149:477-80.
17. De Bakey ME, Crawford ES, Morris GC Jr, Cooley DA. Patch graft angioplasty in vascular surgery. *J Cardiovasc Surg* 1962;3:106-41.
18. Fillinger MF, Kerns DB, Bruch D, Reinitz ER, Schwartz RA. Does the end-to-end venous anastomosis offer a functional advantage over the end-to-side venous anastomosis in high-output arteriovenous grafts? *J Vasc Surg* 1990;12:676-88.
19. Yamamoto Y, Nohira K, Kuwahara H, Sekido M, Furukawa H, Sugihara T. Superiority of end-to-side anastomosis with the internal jugular vein: the experience of 80 cases in head and neck microsurgical reconstruction. *Br J Plast Surg* 1999;52:88-91.
20. Ueda K, Harii K, Nakatsuka T, Asato H, Yamada A. Comparison of end-to-end and end-to-side venous anastomosis in free-tissue transfer following resection of head and neck tumors. *Microsurgery* 1996;17:146-9.
21. Khouri RK. Avoiding free flap failure. *Clin Plast Surg* 1992;19:773-81.
22. Khouri RK, Cooley BC, Kunselman AR, Landis JR, Yeramian P, Ingram D, *et al*. A prospective study of microvascular free-flap surgery and outcome. *Plast Reconstr Surg* 1998;102:711-21.
23. Kanoh N, Dai CF, Ikeda N, Mimura O. Parameters for the preoperative evaluation of arteriosclerosis for free-flap transfers in head and neck surgery. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 2000;25:135-8.
24. Biemer E, Stock W, Wolfensberger C, Ingianni G, Götz WD. Successful replantation of a totally avulsed scalp. *Br J Plast Surg* 1979;32:19-21.
25. Hölte WJ. Successful replantation of an amputated upper lip. *Plast Reconstr Surg* 1984;73:664-70.
26. Mutimer KL, Banis JC, Upton J. Microsurgical reattachment of totally amputated ears. *Plast Reconstr Surg* 1987;79:535-41.
27. Kim JS, Choi TH, Kim NG, Lee KS, Han KH, Son DG, *et al*. The replantation of an amputated tongue by supermicrosurgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2007;60:1152-55.
28. Sinna R, Boloorchhi A, Mahajan AL, Qassemmyar Q, Robbe M. What should define a "perforator flap?" *Plast Reconstr Surg* 2010;126: 2258-63.