

역행성 동맥 혈류를 이용한 원위 유리피판술의 실험적 연구

서울특별시립 보라매병원 성형외과, 서울대학교 의과대학 성형외과학교실*

이 민 구 · 민 경 원*

— Abstract —

Experimental Study on Distally Based Free Flap Using Retrograde Arterial Flow

Min Goo Lee, M.D., Kyung Won Minn, M.D.*

*Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Boramae Hospital
Department of Plastic and Reconstructive Surgery, College of Medicine, Seoul National University*

Microsurgical free-tissue transfer has allowed surgeons to salvage injured limbs but choosing appropriate healthy recipient vessels has proved to be a difficult problem.

Retrograde flow flaps are established in island flaps. Retrograde flow anastomosis could prevent the possible kinking and twisting of the arterial anastomosis. By not interrupting the proximal blood flow to the fracture or soft tissue defect site, the compromise of fracture or wound healing might be prevented. We wished to establish an animal model in rat for a retrograde arterial flow based free flap.

Nembutal-anesthetized male rats; weighing 250 to 300 gm, were used. The femoral artery and common carotid artery were exposed and divided. The systemic and retrograde arterial pressure were quantified by utilizing a parallel tubing system connected with peripheral arterial line. In this study, the retrograde flow was not pulsatile and the retrograde arterial pressure was 64-65mmHg, with a mean arterial pressure of 106-109mmHg. An epigastric skin flap, measuring 3×3cm, was raised with its vascular pedicle. The epigastric free flap was transferred in the same rat from femoral vessels to carotid vessels in end to end fashion. We anastomosed the donor arteries to the distal parts of the divided recipient arteries and the donor veins to the proximal parts of the recipient veins. Twelve experiments were performed and the transplantations succeeded in 75 percent of them. In the remaining 25 percent, the experiments failed due to thrombosis at the site of anastomosis, or other causes. This animal model represents an excellent example of retrograde arterial flow free flap transfer that is reliable.

Key Words : Retrograde arterial flow, Free flap

I. 서 론

역행성 혈류를 이용한 도서 피판술은 Bostwick¹⁾ 등이 역행성 측두동맥 도서형 피판을 발표한 이후 후경골혈관(Guyuron 등)²⁾, 요골동맥(Beimer와 Stock³⁾, Reid와 Moss⁴⁾, 비골동맥(Yoshimura 등⁵⁾) 그리고 전경골동맥(Wee)⁶⁾의 역행성 혈류를 이용한 도서형 국소 피판술이 소개되었다. 도서형 피판은 역행성 혈류에 의해 생존이 가능하다는 것이 증명된 것이다. 그러나 역행성 혈류를 이용한 유리 피판술 경우, 예를 들어 광배근이나 복직근 근(피)판이 생존할 만큼 충분한 혈류와 혈압을 공급할 수 있느냐 하는 의문이 제기 될 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 동물실험을 통하여 역행성 동맥 혈압을 전신 혈압과 정량적으로 비교하고, 실제로 역행성 혈류를 이용한 유리 피판술을 시행하여 피판의 생존을 확인하는 데 있다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 동물

서울대학교병원 동물실험실에서 사육한 몸무게 250내지 300gm의 건강한 Sprague-Dawley계 수컷 백서 20마리를 실험동물로 하여 이 중에서 8마리는 역행성 동맥 혈압 측정에, 나머지 12마리는 역행성 동맥을 이용한 유리피판술에 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 역행성 동맥 혈압 측정

백서를 diethyl ether를 흡입시켜 마취를 유도한 후 ketamine(3mg/100mg)을 복강내 주사하여 마취를 유지시키며, 양와위로 고정하여 서혜부와 경부를 삭모하고, 10% 베타딘 용액과 75% 알코올로 소독하였다.

서혜부에 약 3cm의 횡절개를 가하여 대퇴동맥을 노출시키고 서혜인대(inguinal ligament)와 대퇴혈관 분지점(bifurcation) 사이에 존재하는 모든 혈관들을 10-0 nylon으로 묶거나 bipolar coagulator로 지혈시킨 후 대퇴동맥을 대퇴정맥으로부터 박리하여 분리하였다. 대퇴동맥의 근위부와 원위부에 지혈감자(microvascular clamp)를 물리고 대퇴동

맥의 정중앙 부위를 절단하였다. 근위 동맥에 도관을 삽입하여 백서의 전신 혈압을 측정하고 원위 동맥에도 도관을 삽입하여 역행성 혈류의 혈압을 측정하였다.

핀과 고무줄을 이용하여 백서의 목을 신전시킨 상태에서 머리를 고정하고 턱에서 흉골에 이르는 정중선에 피부절개를 가했다. 피부피판을 거상하고 피하조직과 림프절을 절개한 후 양쪽에 당겨 놓았다. 흉쇄골유돌근(sternocleidomastoid muscle)과 견갑설골근(omohyoid muscle)을 기시부에서 절단하여 짓히고 주위 신경총과 정맥으로부터 조심스럽게 박리하여 경동맥을 노출시켰다. 경동맥의 근위부와 원위부에 지혈감자(microvascular clamp)를 물리고 경동맥의 정중앙 부위를 절단하였다. 근위 동맥에 도관을 삽입하여 백서의 전신 혈압을 측정하고 원위 동맥에도 도관을 삽입하여 역행성 혈류의 혈압을 측정하였다. 측정시 혈관경련(vasospasm)이 온 경우에는 0.25% bupivacaine을 사용하여 혈관경련이 사라진 후 측정하였다. 역행성 동맥압을 측정한 백서로 유리피판술을 시행하려 했으나, 도관 삽입으로 인한 혈관의 내벽 손상으로 혈전이 증가되고, 수술시간의 증가와 장기간의 마취로 유리피판술이 실패할 가능성이 높기 때문에 각기 다른 백서에 시행하였다.

2) 유리피판술

백서를 같은 방법으로 마취한 후 양와위로 고정하여 서혜부와 경부를 삭모하고 10% 베타딘 용액과 75% 알코올로 소독하였다. 서혜부에 가로 3cm, 세로 3cm 크기의 직사각형 피판을 도안한 후 피부절개를 가하고 피부, 피하조직 및 육상층(panniculus carnosus)를 포함하는 피판을 천복벽혈관(superficial epigastric trunk)을 혈관경으로 하여 조심스럽게 거상하였다. 미세현미경 및 미세수술기구를 이용하여 대퇴혈관과 천복벽혈관을 박리한 후 천복벽혈관의 기시부를 중심으로 근위측 및 원위측의 대퇴혈관을 절찰하고 미세혈관 겸자로 고정된 후 정중앙 부위를 절단하였다. 백서의 하지는 대퇴혈관 이외에 측부혈행(collateral circulation)이 없으므로 경부를 수혜부로 하여 유리피판술을 시행하였다. 역T자형(inverted T) 절개를 피부에 가하고 외경정맥과 총경동맥을 박리하여 노출하였다. 수혜부 동맥은 총경동맥으로 하여 피판의 대퇴동맥은 원위측 총경동



Fig. 1. After microvascular anastomoses of epigastric free flap.
V: Anastomosis of femoral vein to proximal part of external jugular vein.
A: Anastomosis of femoral artery to distal part of common carotid artery.

맥에 미세문합하고, 수혜부 정맥은 외경정맥으로 하여 피판의 정맥을 근위측 외경정맥과 미세문합하였다. 이동해온 공여부 피판의 절단된 대퇴혈관을 헤파린 용액으로 세척하여 응고된 혈액을 제거하고 10-0 nylon (BV 75-3 needle; Ethicon)을 이용하여 단단문합(end-to-end anastomosis)하였다 (Fig. 1). 5-0 nylon을 이용하여 전이된 유리피판은 모두 수혜부에 고정하고 공여부도 일차 봉합하였다. 결과관찰은 수술후 1, 2, 8, 14일째 각 군의 피판들의 변화를 관찰하였다.

술자의 미세혈관문합술의 기술 향상에 따른 바이어스를 없애기 위해 본 실험 시작 전 10마리의 백서로 예비실험 (preliminary study)을 시행하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 역행성 동맥압 측정

대퇴동맥에서 측정한 전신 평균혈압은 106mmHg였고 역행성 동맥압은 평균 64mmHg였다. 원위부 동맥은 육안적 박동은 없었으나 유리피판술이 가능할 정도로 충분한 혈류가 유지됨을 관찰할 수 있었다. 동시에 같은 백서의 경동맥에서 측정한 전신 평균혈압은 109mmHg였고 역행성 동맥압은 평균 65mmHg였다. 원위부 동맥은 육안적 박동은 없었으나 유리피판술이 가능할 정도로 충분한 혈류가 유지됨을 관찰할 수 있었다 (Table 1).

Table 1. Direct Mean Arterial Blood Pressures (mmHg) Measurement in the Rat

Rat No.	carotid artery		femoral artery	
	proximal	distal	proximal	distal
1	111	70	109	68
2	105	62	105	61
3	107	63	102	63
4	103	57	98	58
5	115	68	113	65
6	113	65	110	66

2. 유리피판술

14마리의 백서에서 유리피판술을 시행하였는데 2마리는 원인 모르는 죽음으로 제외하였다. 결과의 판정은 성공과 실패로 처리하였다.

수술시간은 2시간에서 4시간까지 걸렸으며 평균 2시간 30분이 소요되었다. 수술중 총경동맥과 대퇴동맥의 크기 차이는 거의 없었으며 미세봉합은 6-8회 시행하였다. 유리피판술을 시행한 12마리중 9마리에서 피판이 생존하여 75%의 생존율을 보였다. 성공한 유리피판은 수술후 1일째까지 피부 색깔이 약간 창백하고 혈액의 재충만 속도 (capillary refill)가 느리고 피부 온도가 약간 떨어지는 상태를 보였다. 수술후 2일째부터 피부 색깔이 분홍색을 띠며 모세혈관 재충만 시간이 정상화 되고 피판의 피부온도도 주위 피부와 같아졌다. 8일째는 피판이 부분괴사 없

이 생착된 것을 관찰할 수 있었고(Fig. 2), 14일째는 완전히 생착된 것을 관찰할 수 있었다. 실패한 피판은 24시간내 부종과 탈색이 나타나 48시간 이내에 완전한 괴사로 진행되었다. 실패 원인은 미세수술 문합부의 혈관내 혈전증임을 알 수 있었다.

IV. 고 찰

백서의 동맥압 측정은 1934년 Griffith⁷가 족부 동맥의 박동으로 측정을 시도한 이후 photoelectric indicators, plethymograph, microphonic manometer, pulse transducer, doppler ultrasonic flowmeter 등을 이용한 간접적인 측정방법이 보고되었으나 백서의 미세한 움직임, 마취기술, 백서의 나이나 체온 등의 중요한 변수가 있음이 주지되었다. 직접적인 동맥압 측정은 1927년 Durant⁸가 금속도관을 이용하여 백서의 복부대동맥과 경동맥의 혈압을 측정하 이후 발전해 왔다. 여러 저자들에 의해 마취방법에 따라 다른긴 하지만 경정맥은 평균혈압이 159mmHg(Bunag)⁹



Fig. 2. Appearance of survived free flap on 8th postoperative day.

에서 103mmHg(DelGreco)¹⁰으로 다양하게 보고되었다. 대퇴동맥압은 1964년 Krieger¹¹가 30마리의 백서에서 측정하 결과 117mmHg였다. 저자가 측정하 연구결과도 크게 차이가 없었다.

역행성 동맥압의 측정은 Lin 등¹²이 1984년 역행성 전박 피판을 시행하면서 요골동맥의 결찰 전, 후에 동맥압을 측정하 결과 혈류방향이 바뀐 후에도 큰 변화가 없음을 보여 주었고, 1994년 Semple¹³은 유방제건을 위해 turbocharging TRAM flap을 시행하면서 하복벽동맥의 역행성 동맥압을 측정하여 이완기 동맥압이 50mmHg 이상이고 박동성이 좋은 경우를 적응증으로 삼았다. 저자들이 역행성 동맥압을 측정하 이유는 통계적 의미보다는, 전신혈압과 정량적으로 그 차이를 비교해 보고 유리피판술이 가능할 정도의 혈류가 유지되는가를 알아보기 위함이었는데 결과적으로 평균 64mmHg 이상의 충분한 혈류가 유지됨을 관찰할 수 있었다.

백서에서 하복부 도서형 피판(epigastric island flap)을 이용한 유리피판술은 1967년 Strauch와 Murray¹⁴가 보고하 이후 실험모델이나 미세혈관수술 연습에 널리 시행되고 있다. 1987년 Petry와 Wortham¹⁵은 형광물질(fluorescein)을 주입하여 천복벽혈관의 해부학적 관찰을 하였고 각 혈관분지가 피판 생존에 미치는 영향에 대하여 보고하였다.

백서의 대퇴부는 대퇴혈관 이외에 측부혈행(collateral circulation)이 없으므로 사람의 하지나 전완부처럼 측부혈행이 발달하 경우를 수혜부로 하여 유리피판술을 시행하였다.

75%의 성공률은 근위부 총경동맥을 수혜부 혈관으로 하는 예비실험에서의 80%의 성공률과 큰 차이가 없었기 때문에, 혈관내 혈전증의 원인이 낮은 역행성 동맥혈류압이라기 보다는 저자의 미세수술 숙련도, 수술시간 지연 등으로 인한 혈관의 연축(spasm)과 관계있다고 생각한다.

역행성 동맥혈류를 이용한 원위 유리피판술의 적응증은 위의 실험 모델을 기초로 하여, 하지의 연부조직 결손이 무릎 이하의 원위부에 위치하고 있으며 단 하나만의 혈관이 기능하고 있는 경우 대부분의 수술자에게 익숙하지 않은 단측문합 대신 단단문합으로 골절이나 창상치유에 저해되지 않는 유리피판술을 시행할 수 있으리라 기대된다.

V. 결 론

저자는 임상적으로 적용하기 위한 역행성 동맥 혈류를 이용한 유리피판술의 동물 모델 실험으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 6마리 백서의 대퇴동맥에서 측정된 전신 평균 혈압은 106mmHg였고 역행성 동맥압은 평균 64mmHg였다. 동시에 같은 백서의 경동맥에서 측정된 전신 평균혈압은 109mmHg였고 역행성 동맥압은 평균 65mmHg였다. 원위부 동맥은 육안적 박동은 없었으나 유리피판술이 가능할 정도로 충분한 혈류가 유지됨을 관찰할 수 있었다.
2. 유리피판술을 시행한 12마리 중 9마리에서 피판이 생존하여 75%의 생존율을 보였다. 실패한 피판은 24시간내 부종과 탈색이 나타나 48시간 이내에 완전한 괴사로 진행되었다. 실패 원인은 미세수술 문합부의 혈관내 혈전증임을 알 수 있었다.

위의 연구 결과를 토대로 하여, 동맥조형술과 방향 도플러 초음파술(directional Doppler ultrasound study)을 시행하여 원위부 동맥의 해부학적 위치와 개존(patency) 상태를 확인하거나, 수술중 수혜부 동맥의 원위부에 도관을 삽입하여 역행성 동맥혈류압을 측정하는 등 여러조건들을 고려하여 선택적으로 역행성 혈류를 이용한 유리피판술을 시행한다면 임상적으로 큰 효과가 있으리라 기대된다.

REFERENCES

- 1) Bostwick J, Briedis J, Jurkiewicz MJ : *The reverse flow temporal artery island flap*. *Clin Plast Surg* 3: 441, 1976.
- 2) Guyuron B, Dinner MI, Dowden RV : *Muscle flaps and the vascular detour principle; the soleus*. *Ann Plast Surg* 8:132, 1982.
- 3) Biemer X, Stock W : *Total thumb reconstruction; a one-stage reconstruction using an osteocutaneous forearm flap*. *Br J Plast Surg* 36:52, 1983.
- 4) Reid CD, Moss LH : *One-stage flap repair with vascularized tendon grafts in a dorsal thumb injury using the Chinese forearm flap*. *Br J Plast Surg* 36: 473, 1983.
- 5) Yoshimura M, Imura S, Shimamura K : *Peroneal flap for reconstruction in the extremity; preliminary report*. *Plast Reconstr Surg* 74:402, 1984.
- 6) Wee JTK : *Reconstruction of the leg and foot with the reverse-pedicled anterior fasciocutaneous flap*. *Presentation at the 5th Congress of the European Section of International Confederation of Plastic and Reconstructive Surgery, Stockholm, 1985*.
- 7) Griffith JQ Jr : *Indirect method for determining blood pressure in small animals*. *Proc Soc Exp Biol Med* 32: 394, 1934.
- 8) Durant RR : *Blood pressure in the rats*. *Am J Physiol* 81:679, 1927.
- 9) Bung RD : *Validation in awake rats of a tail-cuff method for measuring systolic pressure*. *J Appl Physiol* 34:279, 1973.
- 10) DelGreco F, Olmsted F, Masson GMC, Corcoran AC : *Graphic measurement of arterial pressure in the unanesthetized rat*. *J Lab Clin Med* 41:729, 1953.
- 11) Krieger EM : *Neurogenic hypertension in the rat*. *Circ Res* 15:511, 1964.
- 12) Lin SD, Lai CS, Chiu CC : *Venous Drainage in the reverse forearm flap*. *Plast Reconstr Surg* 74:508, 1984.
- 13) Semple JL : *Retrograde microvascular augmentation(turbocharging) of a single-pedicle TRAM flap through a deep inferior epigastric arterial and venous loop*. *Plast Reconstr Surg* 93:109, 1994.
- 14) Strauch B, Murray DE : *Transfer of composite graft with immediate suture anastomosis of its vascular pedicle measuring less than 1mm in external diameter using microsurgical technique*. *Plast Reconstr Surg* 40: 325, 1967.
- 15) Petry JJ, Wortham KA : *The anatomy of the epigastric flap in the experimental rat*. *Plast Reconstr Surg* 74:410, 1984.