大 韓 微 細 手 術 學 會 誌
Vol. 13, No. 1, May, 2004

후경골 동맥 유리 피판에 의한 수부 전기 화상의 재건

한림대학교 의과대학 한강성심병원 정형외과학교실

최수중 · 서은민 · 이창주 · 장준동 · 김석우 · 이상훈 · 이동훈 · 서영진

— **Abstract** —

Reconstruction of Electrical Burned Hand by Posterior Tibial Arterial Free Flap

Soo-Joong Choi, M.D., Eun Min Seo, M.D., Chang Ju Lee, M.D., Jun Dong Chang, M.D., Suk Wu Kim, M.D., Sang Hun Lee, M.D., Dong Hun Lee, M.D., Young jin Seo, M.D.

Departments of Orthopedic Surgery, Hangang Sacred Heart Hospital, College of Medicine, Hallym University, Seoul, Korea

Introduction: The hand and wrist are particularly susceptible to electrical burn. Skin defect with damage or exposure of underlying vital structure requires coverage by skin flap especially in case of the need for late reconstruction.

We are reporting 4 cases of electrical burned hand treated by posterior tibial arterial free flap.

The commonly used skin flaps such as scapular flap or groin flap are too bulky so that they are not satisfactory in function and cosmetic appearance. So we tried to cover them with a more thin skin flap.

Materials and Method: From January 2002 to June 2003, four cases of hand and wrist electrical burn were covered using posterior tibial arterial free flap. All the cases were due to high voltage electrical burn. Age ranged from 31 years to 38 years old and all the cases were male patients. Recipient sites were 2 wrist, one thenar area and one knuckle of 2.3rd MP joint.

Additional procedures were flexor tenolysis (simultaneous), FPL tenolysis and digital nerve graft (later) and extensor tendon reconstruction (later).

Result: All the flap have survived totally without any complication including circulatory concern about the donar foot. Posterior tibail arterial free flap was so thin that debulking procedure was not required.

Conclusion: For skin coverage of the hand & wrist region, posterior tibial arterial free flap have many advantages such as reliable anatomy, easy dissection and easy anastmosis with radial or ulnar artery and possibility of sensory flap.

The most helpful advantage for hand coverage is its thinness. So we think this flap is one of the very useful armamentarium for reconstructive hand surgery.

Key Words: Posterior tibial artery, Free flap, Electrical burn.

Ⅰ. 서 론

고압 전기 화상 시 수부는 흔히 유입부나 사출부가 되어 심부 조직까지 손상을 받게 된다. 피부의 괴사와 함께 건, 신경, 혈관, 골관절 등의 중요한 구조가 노출되거나 괴사가 되면 수부의 기능에 장애가 오거나 심하면 절단이 필요하게 된다.

수부 재건으로서 치료의 목표는 수부의 기능을 최대한 회복시키는 데 있으며, 최소한의 기능적인 목표를 달성할 수 있다면 노출된 중요한 구조물은 혈행이 좋은 조직-피판으로 피복하여야 한다.

전기 화상을 입은 수부는 일차적인 피부 피복 후 2차적 재건을 요하는 경우가 많다. 골의 감염이나 골결손의 경우에는 근피판으로 피복하는 것이 좋지만, 건의 유착, 또는 결손 시 건 유착 박리술이나 건 이식수술 등이 필요하게 되는 경우 피부 피판으로 피복하여야 건의 활주에 도움이 된다. 또한 수부는 두꺼운 피판으로 피복하게 되는 경우 외관상, 기능상의 문제가 많이 발생하므로 비교적 얇은 피판으로 피복하는 것이 요구된다.

전기 화상 환자에 동반되는 신경손상과 건 손상 등에서 추후 건 전이술에 의한 재건을 요하게 될 때 지장을 줄 수 있으므로, 전완부를 공여부로 하는 역행성 도상 피판술은 적응이 제한된다. 따라서 중요한 구조물이 노출된 수부의 전기화상은 얇은 유리피판으로 피복하는 것이 바람직하다.

저자들은 건 · 혈관 · 신경 등의 재건을 요하는 수부 전기 화상 환자에서 후경골 동맥 유리피판을 시행하여 만족할만한 결과를 얻었기에 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

Ⅱ. 대상 및 방법

1. 연구 대상

2002년 1월부터 2003년 6월까지 한강성심병원 정형외과에 내원한 수부 전기 화상 환자 4례를 대상으로 하였다. 4례 모두 남자로서 22,900V 의 고압전기에 감전되었으며, 연령은 31세부터 38세까지로 평균 35세였다.

수상 정도는 피부 및 피하 연부조직 괴사와 건,신경 등이 노출된 심부화상이었다.

2. 피판의 부위 및 크기

수배부 1례, 수장부1례, 수근부(복측) 2례였다.

피판의 크기는 최저 4×7 cm에서 최고 10×15 cm으로서 평균 면적은 95.1 cm^2였다.

3. 방법

이론적으로는 후경골동맥 유리피판의 영역은 전방은 경골 전측 경계(anterior border of tibia)이며, 후방은 하퇴부 후중앙(midline of posterior calf)이고, 근위측(proximal)은 경골 조면 (tibia tuberosity)이고, 원위측(distal)은 족내과(medial malleolus)이다.

4. 술기

많은 피부 천공지(cutaneous perforator)들은 작기 때문에 수술전 피부 천공지의 직경 및 위치를 확인하기 위해 하지의 혈관 조영술(angiography)이 필요하며, 피판 작도시 혈관 조영술에서 가장 큰 천공지를 피판의 주 경상혈관(main pedicle artery)로 선택하는 것이 좋으며, 정맥혈 배액계

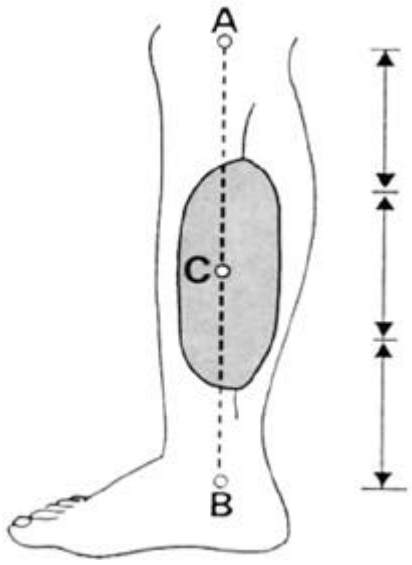

Fig. 1. Line **A, B.** 2 cm post. to subcutaneous border od tibia **C.** main porforator 1cm post to mid point of the leg LK Hung (1990. J reconstr Microsurg)

(venous drainage system)로써 대복재정맥(great saphenous vein)을 천공지와 포함해 작도해야 한다. 경골의 피하 후측 경계(posterior subcutaneous border of tibia)를 촉지후 여기서 2cm 후측으로 수직선(vertical line)을 긋는다. 이 선은 피판의 세로장축(longitudinal axis)으로 피판 작도시 기준이 된다. 도플러(doppler)는 하퇴 중앙(mid point) 주위에서 피부 천공지(cutaneous perforator)의 위치를 파악하는데 도움을 줄 수 있다.

내족과에서 근위측으로 18.6 cm되는 지점을 중심으로 하여 도플러로 천공지를 찾고 이를 중심으로 수혜부의 크기에 맞춰 피판을 도안한다[5](Fig. 1). 그러나 보다 긴 혈관경(vascular pedicle)이 필요한 경우에는 하퇴의 원위 1/3과 중간 1/3의 경계부를 중심으로 도플러로 천공지를 탐색하여 정하였다.

최초 피부절개(first incision)는 피판의 후측 경계(posterior border)에서 시작하여 장 족지 굴곡근 과 가자미근 사이의 근막 아래로 도달한다. 이어 피판의 전측 경계의 박리는 대복재정맥 및 복재신경을 확인하고 피판에 포함시킨다. 피판 박리 시 장 족지 굴곡근의 근막이 경골 골막과 견고하게 유착되어 있으므로 박리 시 골막의 손상을 조심해야 한다.

피판 박리가 장 족지 굴곡근 과 가자미근 사이의 근막아래로 도달하면 후경골 신경 및 혈관 다발이 노출된다. 후경골 신경의 손상을 조심하면서 후경골 혈관을 포함해 피판을 박리한다. 피판 이식 시 후경골 동맥 및 동반 정맥을 문합하며, 대복재정맥을 추가로 정맥계에 문합한다. 긴 혈관경을 요하지 않는 경우 후경골 동맥을 보존하고 천공지만을 문합 할 수도 있으며, 족부의 저혈이 우려될 경우 대복재정맥을 채취하여 후경골 동맥에 이식한다. 피판의 목적에 따라 복재신경을 이용해 감각 피판으로도 사용할 수 있다.

피판 공여부위는 보통 분층 피부이식으로 피부 결손부위를 덮는다.

III. 결 과

모두 이식한 피판은 성공적으로 생착하였고, 피판 변연부 괴사 및 소실은 없었다. 부가적수술로 건 유착 박리술, 건 이식술, 신경 이식술 등을 시행하였다(Table 1).

IV. 증례 보고

1. 증례 1.(38세 남환)

38세 남자. 환자는 우측 손목 복측 전기화상으로

Table 1. 후경골동맥유리피판술결과 (Clinical data and Outcomes of PTA flap)

Pt.	Mode	Recipient site	flap size	anastomosis	outcomes	Additional procedure
M/38	EB	Rt wrist volar side (flexor adhesion)	7×15 cm	RA-PTA-RA GSV-CeV CV-CV	Survived totally	flexor tenolysis
M/35	EB	Lt hand thenar side (FPL exposure)	4×7 cm	PTA-RA GSV-CeV CV-CV	Survived totally	FPL tenolysis
M/31	EB	Rt hand 2, 3, 4 MPJ dorsum	7.5×13 cm	PTA-RA GSV-CeV CV-CV	Survived totally	extensor reconstruction
M/37	EB	Rt wrist volar side necrosis	10×15 cm	PTA-RA GSV-CeV CV-CV	Survived totally	

EB : Electrical Burn, PTA : Post tibial artery, GSV : Great saphenous vein
CeV : Cephalic vein, CV : Concomittant vein, RA : Radial artery

굴곡건의 심한 유착이 있어 능동적 수지 굴곡이 심히 제한되어 있었다. 굴곡건 유착 박리술 과 같이 후경골 동맥 유리 피판술(7×15 cm)로 피복하였다. 동맥은 후경골 동맥 과 우측 수부 요골 동맥(radial artery), 정맥은 대복재정맥(great saphenous vein) 과 두정맥(cephalic vein), 요골 동반정맥(radial concomittant vein) 과 후경골동맥의 동반정맥(posterior tibial concomittant vein)을 문합하였으며, 피판의 공여부위는 분층 피부 이식술을 시행하였다. 피판은 잘 생존하였고 수부의 기능적인 운동영역은 회복되었다(Fig. 2).

2. 증례 2.(35세 남환)

35세 남자. 환자는 좌측 수부 22000v 전기화상으로 좌측 수부 무지구 피부 결손 및 장 무지 굴건 노출 및 수지 신경 괴사 상태였다. 장 무지 굴건 유착 박리술 과 같이 후경골 동맥 유리 피판술(4×7 cm)로 피복하였다. 동맥은 후경골동맥 과 우측 수부 요골 동맥(radial artery), 정맥은 대복재정맥(great saphenous vein)과 두정맥(cephalic vein), 요골 동반정맥(radial concomittant vein) 과 후경골동맥의 동반정맥(posterior tibial concomittant vein)을 문합하였으며, 피판의 공여부위는 분층 피부 이식술을 시행하였다. 피판은 잘 생존하였고 무지기능은(굴곡,신전,대립) 만족할 만 하였다. 술 후 3개월에 수지신경 이식술을 시행하였다.(Fig. 3)

V. 고 찰

Zelt[18]는 전기화상시 수상기전을 전류와 조직의 저항에 의해 발생한 열(Joule heating)에 의한 손상, 세포내외의 전압차에 의한 세포막의 전기 개공(electroporesis)과 점화 화상(ignition burn)으로 설명하고 있다. 이에 따르면 전류의 밀도가 가장높고 저항이 큰 손목부위와 수부의 손상은 거의 열손상에 의한다.

이러한 심부 열에 의해 수부의 연부 조직이 괴사될때 심한 경우 조기에 절단하고 의수를 착용하는 것이 좋지만, 잡기(grasp) 와 집기(pinch) 등의 최소한의 기능을 회복시킬 수 있다면 재건을 선택한다. 기능적 수부로 재건하기위한 전제 조건은 혈행이 좋은 피판에 의한 피복이다.

수부의 재건을 위해 사용할 수 있는 피판 중에는 국소 피판술, 원위 유경 피판술, 역행성 피판술, 유리 피판술 등이 있는데, 선택은 피판의 크기, 혈관의 직경 및 길이, 피하조직의 두께, 감각신경포함 등 여러 요소에 영향을 받는다.

원위 유경 피판술은 2단계 수술이 필요하고 피판이 두꺼워 미용적 문제를 보이며, 적어도 2~3주간 고정을 해야 하는 불편이 있다.

국소 피판술은 환부의 크기가 작은 경우에는 가능하겠지만 환부의 크기가 커지면 일반적으로 사용하기가 곤란하다. 그 이유는 우선 수부 내에는 이용할 수 있는 국소조직이 제한되어 있을 뿐만 아니라 고압 전기화상의 심부창상에 인접한 부위는 손상구역(zone of injury)내에 있어 공여부로서 적절치 않으며 추후 건이식 이나 건전이술등 재건 수술을 도모할 때 방해가 된다.

역행성 피판술은 화상이 수부의 일부만 포함한 경우 먼저 고려되어질 수 있으나 화상인접부위의 혈액순환이 매우 불안정하고, 국소 피판과 마찬가지로 2차적 재건을 곤란케 한다.

공여부를 선택함에 있어서 수부는 근육 피판보다는 피부 피판을 이용하는 것이 좋다. 그 이유는 건의 활주에 필요한 활주면을 제공하며 건 박리와 건, 신경 이식등의 이차 재건을 위한 계속되는 수술에 좋은 내구성과 최소한의 유착을 의도할 수 있기 때문이다.

보통 많이 사용되는 피부 피판에는 견갑부 피판, 외 상박 피판, 역행성 요골 혹은 척골동맥 전완부 피판, 서혜부 피판 등이 많이 사용된다.

이중 저자들이 사용한 후경골 동맥 유리피판은 1983년. Zhang 등이 처음으로 내측 하퇴피판[6](Medial leg flap)으로 후경골동맥 피판을 소개하였다. 이후 임상적 적용은 1989년 Li[12] 등에 의해 역혈류성 후경골 동맥 도상피판(Reverse-flow posterior tibial artery island flap) 으로 개조되었으며, Hung[4] 과 Koshimå 는 후경골 동맥을 보존하고 천공지만을 이용한 후경골 동맥 천공지 유리피판술(Post. tibial perforator-based free flap)을 발표하였으나 이는 고도의 미세수술 수기를 요한다.

후경골 동맥은 슬와근(popliteus muscle) 하부 경계부위 에서 시작되어 가자미근(soleus) 의 아래

를 통과해 가자미근(soleus)와 장 족지 굴건(flexor digitorum longus)사이로 주행한다. 이 주행로를 따라서 피부에 직접분포 하는 피부중격 천공지(direct cutaneous perforator=septocutaneous perforator)와 근육을 경유하는 근성피부중격 천공지가 분지한다.

Koshima[4] 에 따르면 후경골 동맥의 피부 천공지(cutaneous perforator)는 주로 근위 1/3지역에서 족내과까지 주로 경골 내측에 존재하며 천공지(perforator) 는 피부중격 천공지(septocutaneous perforator), 근성피부중격 천공지(musculoseptocutaneous perforator), 골막 천공지(periosteal perforator)로 나누어진다.

피부중격 천공지(septocutaneous type)은 후경골 동맥에서 분지되어 가자미근(soleus) 혹은 아킬레스건 과 장족지 굴건(flexor digitorum longus)

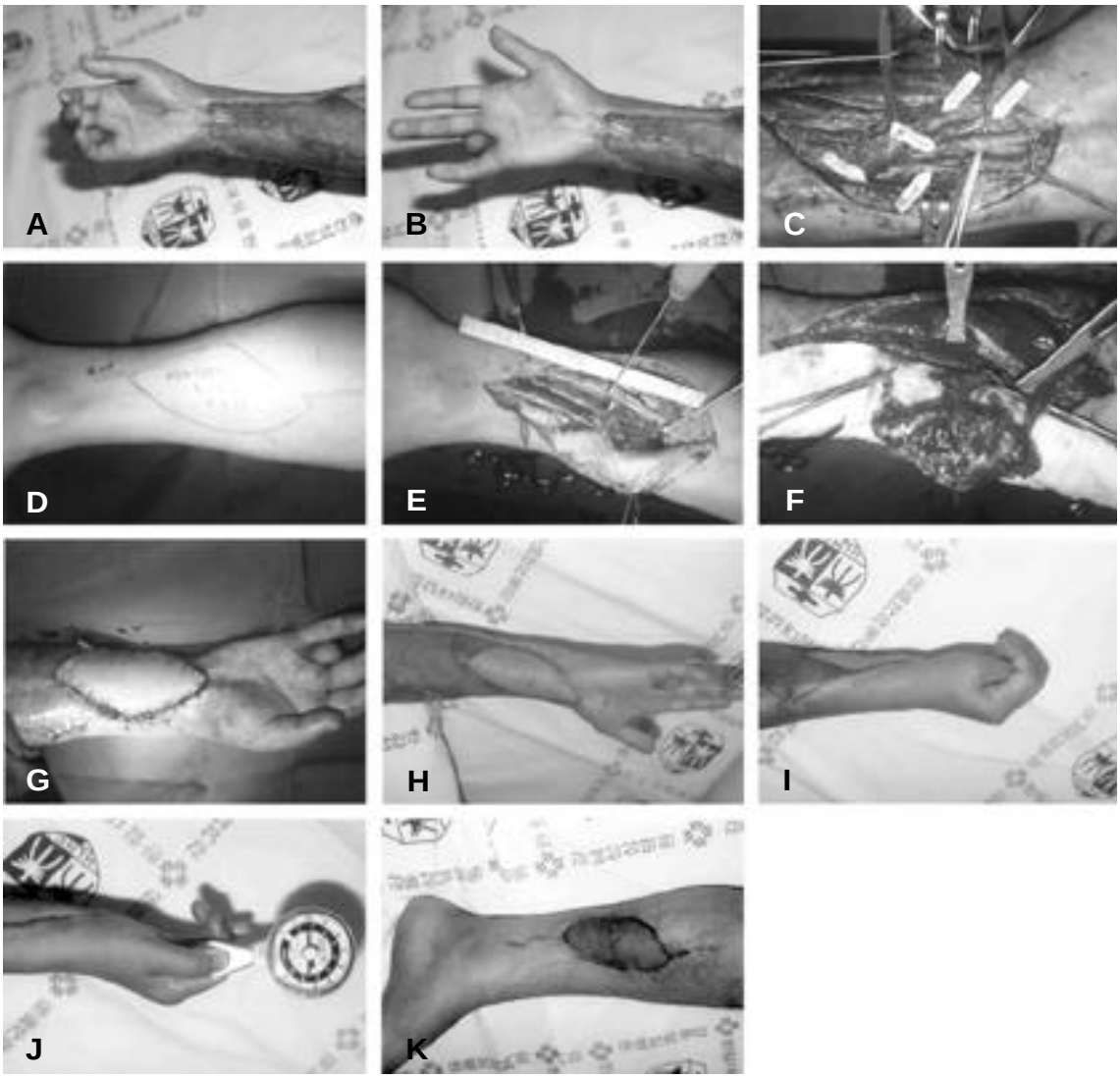

Fig. 2. (**A**) 술전수지 굴곡 (**B**) 술전 수지 신전 (**C**) 굴곡건 유착 박리술 시행(Flexor Tenolysis) (**D**) 피판의 작도 (**E**) 피판의 박리(족내과로부터 근위측으로 14,17 cm 위치에 굵은 천공지가 존재 하였 다) (**F**) 피판의 거상 (**G**) 술후 수혜부 상태 (Postop recipient site) (**H**) 술후 6개월 수지 신전 (**I**) 술후 6개월 수지 굴곡 (**J**) 술후 6개월 수지 대립 (**K**) 피판 공여부 (Flap Donor site)

사이의 근간중격(intermuscular septum)을 통과하여 피부에 이르고, 근성피부중격 천공지(musculoseptocutaneous perforator)는 근육을 경유하여 피부에 분포한다.

골막 천공지(periosteal perforator)는 후 경골동맥으로부터 경골과 가자미근 사이로 분지되어 피부에 분포한다.

피부중격 천공지(septocutaneous perforator)는 주로 하지 원위 1/3부위에서 분지하며

근성피부중격 천공지(musculoseptocutaneous perforator), 골막 천공지(periosteal perforator)는 주로 하퇴 근위 1/3부위에서 분지한다.(Fig. 4)

후경골동맥 천공지의 위치와 분포에 대해 더 자세히 살펴보면, Wu[16] 는 먼저 하퇴부를 원위측에서 근위측 방향으로 4등분하여 구역을 나누었다(zone 1 ~ 4).

피부중격 천공지(direct cutaneous perforator)는 주로 zone 2 3에 존재하며 zone 2에서 피부중격 천공지의 직경은 0.5 1.5 mm, zone 1은 zone 2와 비슷하며, zone 3는 1.0 2.0 nm이다. zone 4에서는 피부중격 천공지가 존재하지 않는다(Fig. 5).

근성피부중격 천공지(musculoseptocutaneous perforator)는 하퇴의 심부 근막에 도달하기 전에 주위 근육을 경유한다.

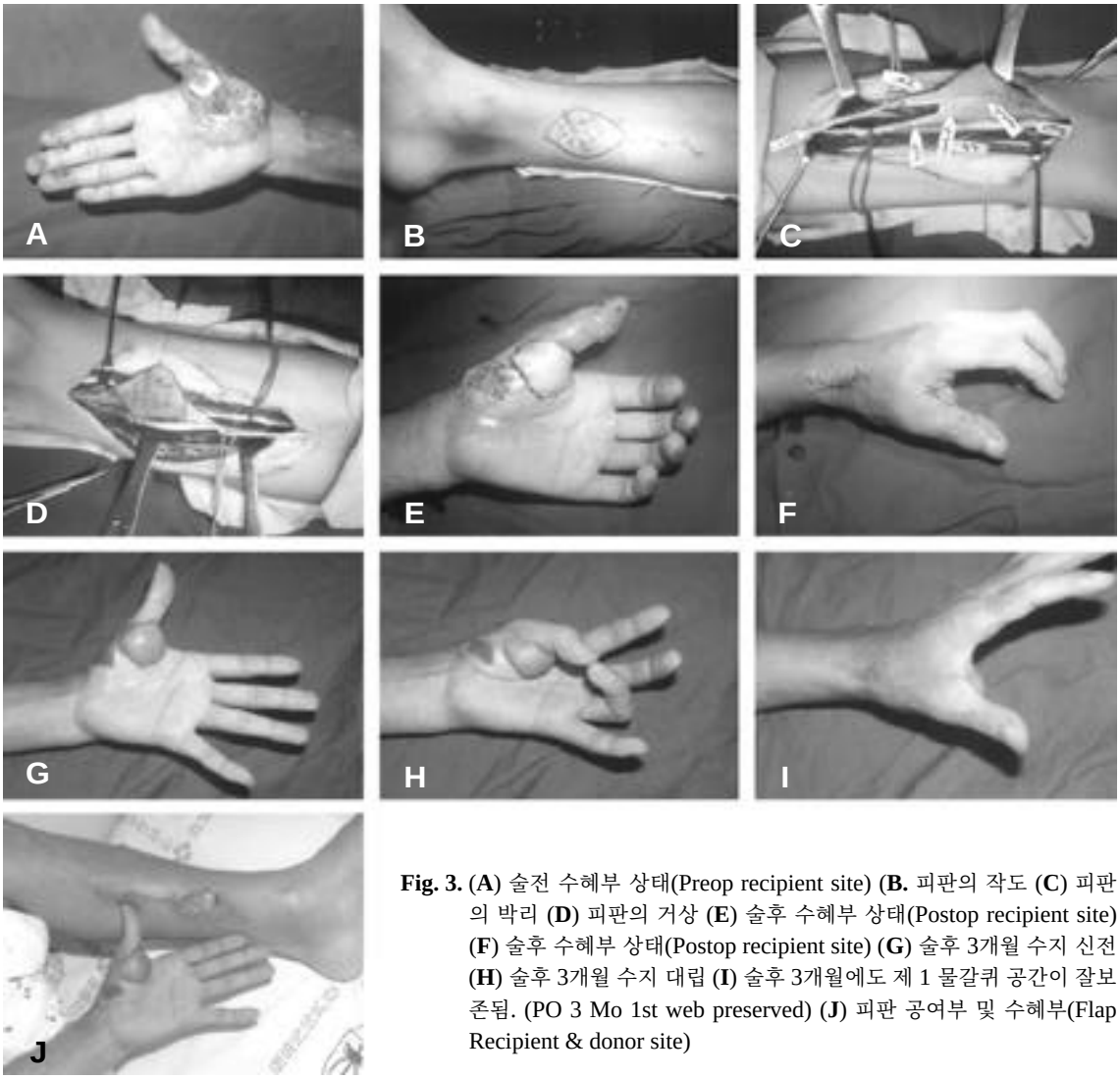

Fig. 3. (**A**) 술전 수혜부 상태(Preop recipient site) (**B.** 피판의 작도 (**C**) 피판의 박리 (**D**) 피판의 거상 (**E**) 술후 수혜부 상태(Postop recipient site) (**F**) 술후 수혜부 상태(Postop recipient site) (**G**) 술후 3개월 수지 신전 (**H**) 술후 3개월 수지 대립 (**I**) 술후 3개월에도 제 1 물갈퀴 공간이 잘보존됨. (PO 3 Mo 1st web preserved) (**J**) 피판 공여부 및 수혜부(Flap Recipient & donor site)

이 근성피부중격 천공지는 쌍으로 존재하며, 앞쪽 가지는 장 족지 굴건, 뒤쪽 가지는 가자미근을 경유한다. (단 zone 1과 zone 3는 제외)

zone 1의 근성피부중격 천공지는 가자미근이 건(tendinous portion)이기 때문에 장 족지 굴건만 경유하고, zone 3는 장 족지 굴건보다 더 근위부 이기 때문에 근성피부중격 천공지는 가자미근만 경유한다.

장 족지 굴건 경유 근성피부중격 천공지는 zone 2에 주로 존재하며, 대개 3 11분지가 있으며 평균 6.7개이다. 그들은 보통 직경 0.5 mm 보다 작고 가끔 zone 3에서 직경1.0 1.5 mm 크기의 천공지가 발견되기도 한다.

가자미근 경유 근성피부중격 천공지는 대개 0 7분지가 있으며 (평균 3.5) 주로 zone 2.3부위에 존재하며, zone 3,4에는 존재하지 않는다(Fig. 6).

장 족무지 굴건(flexor hallucis longus)의 근성피부중격 천공지는 대개 0 4분지가 존재하고(평균 1.6) 주로 zone 1.2부위에 존재하며, zone 3, 4에는 존재하지 않는다.

Hung[6]에 따르면, 피부중격 천공지(direct cutaneous perforator = septocutaneous perforator)의 90.91%가 하지 하부 1/2부위에서 분지되

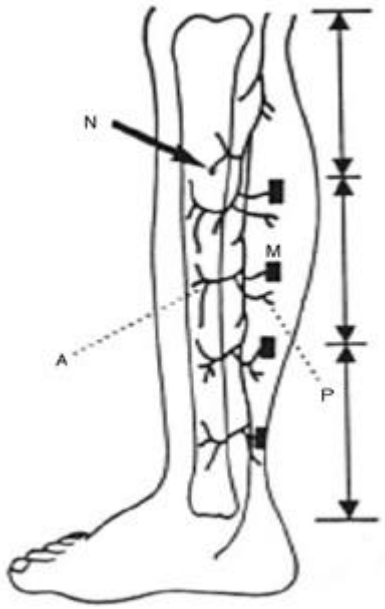

Fig. 4. 후경골동맥피부관통지분포
M: musculoseptocutaneous perforator
N: Nutrient artery of the tibia enters the bone at the level of the juntion between the upper & middle third LK Hung (1990. J reconstr Microsurg)

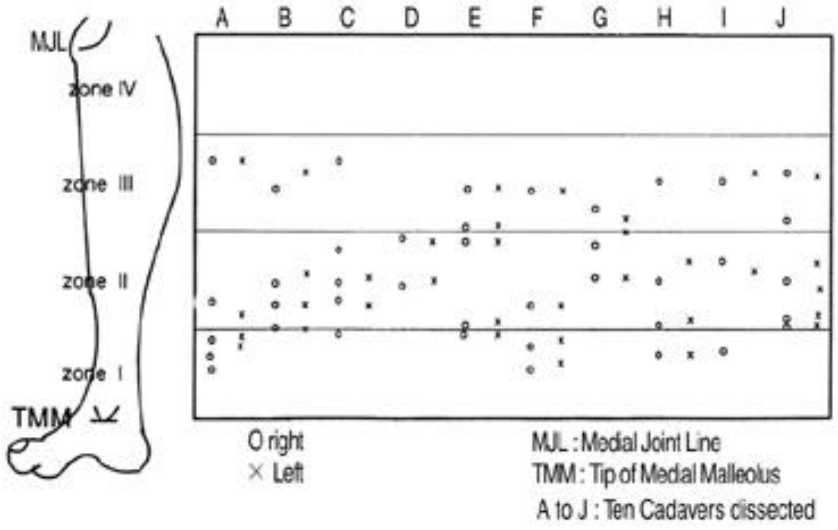

Fig. 5. 후경골 동맥 피부 중격 관통지 분포
Number and distribution of direct cutaneous branches of posterior tibial vessels WC Wu (1993. Br J Plast Surg)

며, 피부천공지(cutaneous perforator) 중 근육을 경유하는 것(근성피부중격 천공지)은 58.2%이고 피부중격 천공지(direct cutaneous perforator)는 41.8%이다.

피부천공지(cutaneous perforator)의 대부분은 zone 2, 3부위에서 존재하고(61%) 평균 3 4개의 분지가 있으며, 가장 많은 천공지가 기시하는 부위는 내상과(medial malleolar)부터 상위 18.6 cm (±4.5 cm)부위이다. 천공지의 평균 직경은 1.5±0.2 mm이며, 후경골 동맥에서부터 천공분지 말단까지의 거리는 2.5~6.5 cm(평균 4 cm)이다.

피판의 혈관경의 길이가 5 cm 이내로 수혜부의 혈관에 문합하는 것이 가능할 때는 Hung[5] 의 주장대로 내족과에서 18.6 cm를 중심으로 4 cm이내에 분포하는 천공지를 기준으로 피판을 도안하였으며, 보다 더 긴혈관경이 필요한 경우에는 Koshimå의 주장에 따라 1/3과 중간 1/3의 경계 부위를 중심으로 피판을 도안하였다.

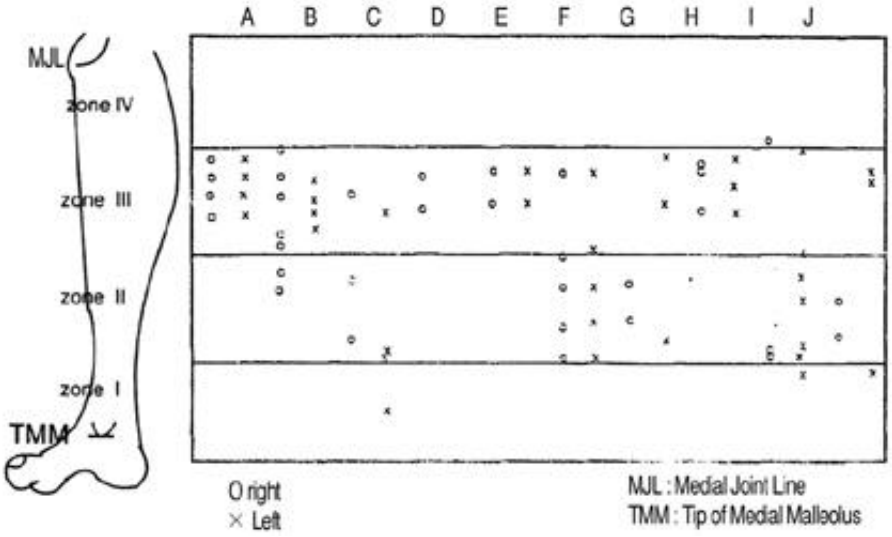

Fig. 6. 가자미근을 경유하는 근성 피부 중격 관통지 분포
Number and distribution of musculoseptocutaneous perforator to soleus WC Wu (1993. Br J Plast Surg)

Table 2. 여러유리피판의비교 (Comparison of the characteristics of different free flap)

Flap	Size	Vessel	Bulk of subcutaneous tissue	Sensory nerve
Radial	++	+++	+	++
Lateral arm	++	+	+	+
Scapular	++	+	++	-
Groin	+++	+	+++	-
Saphenous	++	+	+	+
Peroneal	++	++	+	++
Dorsalis pedis	+	++	+	++
Posterior tibial	++	+++	+	++

(Hung LK, Chen ZC, Leung PC: Resurfacing difficult wounds:Selective use of the posterior tibial flap. J Reconstrut Microsurg,1990)

고압전기화상의 심한 연부조직결손의 재건에 있어 피판의 선택은 여러요소에 의해 영향을 받는다. (피판의 크기, 혈관의 직경 및 길이, 피하조직의 두께, 감각 신경포함 등)Table. 2

Koshimå 의 주장에 따르면 후경골 동맥 유리 피판술은 타 피판술에 비해 비교적 크고 얇은 피판을 얻을 수 있으며 혈관이 비교적 크고 피부 관통지를 쉽게 찾을 수 있는 이점이 있다. 수술시 앙와위(supine position)에서 시행하므로 환자의 체위를 바꿀 필요가 없다.

또한 후경골 동맥은 요골 및 척골동맥과 직경이 비슷하며, 동반정맥 뿐만 아니라 비교적 큰 직경을 갖는 대복재정맥을 정맥계에 문합할 수 있다. 혈관직경이 크기 때문에 혈관의 문합이 대단히 쉽고, 혈관직경이 크고 압력이 높아서 술후 혈전 등에 의한 문합실패가 올 가능성에 적으므로 미세 수술의 초보자들도 쉽게 이용할 수 있는 피판이라고 사료된다. 또한, 술후에 하지 혈액순환에 장애가 발생하였다는 보고는 아직 없다.

이 피판은 복재신경을 이용해 감각이 보존된 피판으로도 사용 할 수 있고 경골근위1/3부위에서 경골의 영양 동맥역할을 하는 천공지와 경골이 포함되면 골성 피부피판으로도 사용 할 수 있는 장점이 있다.

반면에 단점으로는 피부 천공지의 위치가 다양하고 피판 공여부위의 원위부에서 일시적인 감각저하가 나타날 수 있으며, 공여부 반흔이 노출부위이기 때문에 여성 환자에서는 외관상의 문제가 있다.

저자들은 연부 조직손상이 심한 수부 전기화상에서 후경골 동맥 유리 피판술을 시행하여 만족할만한 결과를 얻었으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

Ⅵ. 결 론

후경골 동맥 유리 피판술은 비교적 수술이 용이한 피판 으로서 얇은 피판을 요하는 수부 의 연부 조직결손 환자의 재건에 매우 유용하다.

REFERENCES

1) Amanarate J, Costa H, Reis J, Soares R: *A new distally based fasciocutaneous flap of the leg. Br J Plast Surg, 39:338-340,1986.*
2) Hodgkinson DJ: *Muscle Musculocutaneus and Fasciocutaneus Flaps in forearm Reconstruction, Ann Plast Surg, 5:400-407,1983.*
3) Hong G,Steffens K, Wang FB: *Reconstruction of the lower leg and foot with the reverse pedicled posterior tibial fasciocutaneous flap. Br J Plast Surg, 42:512-516,1989.*
4) Hung LK, Chen ZC, Leung PC: *Resurfacing difficult wounds:Selective use of the posterior tibial flap. J Reconstr Microsurg, 6:13-19,1990.*
5) Hung L K, Lao Jie, Ho Pak-Cheong: *Free posterior tibial perforator flap: Anatomy and a report of 6 cases: Microsurgery 17:503-511,1996.*
6) Hwang WY, Chen SZ, Han LY, Chang TS: *Medial leg skin flap: Vascular anatomy and clinical applications. Ann Plast Surg, 15:489-491,1985.*
7) Koshima I, Moriguchi T, Ohta S, Hamanaka T, Inoue T,Ikeda A: *The vasculature and clinical application of the posterior tibial perforator-based flap. Plast Reconstr Surg 90:643-649,1994.*
8) Koshima I, Moriguchi T, et al: *The vasculature and clinical application of the posterior tibial perforator-based flap: Plast Reconstr. Surg. 90:643-649,1992*
9) Koshima I, Soeda S: *Free posterior tibial perforator-based flaps: Ann Plast Surg 26:284-288, 1991.*
10) Li YY, Situ HQ, Wang JL, Lu Y: *Reconstruction of limb defects with the free posterior tibial artery fasciocutaneous flap. Br J Plast Surg, 47:502-504, 1994.*
11) Lin SD, Lai CS, Chou CK, Tsai CW: *The distally based posterior tibial arterial adipofascial flap. Br J Plast Surg, 45:284-287,1992.*
12) Liu K, Li ZT, Lin Y, Cao Y: *The reverse-flow posterior tibial artery island flap: Anatomy study and 72 clinical cases. Plast Reconstr Surg, 86:312-318,1990.*
13) Okada T, Yasuda Y, Kitamaya Y, Tsukada S: *Salvage of an arm by means of a free cutaneuous flap based on the posterior tibial artery. J Reconstr Microsurg 1:25-27,1984.*
14) Tomaino M.M: *Treatment of composite tissue loss following hand and forearm trauma . Hand Clin. 15(2):319-333, 1999.*
15) Tropea BI, Lee RC: *"Thermal injury kinetics in Electrical Trauma" J. Biomechanical Engineering,*

114: 241-250, 1999.

16) Wu WC,Chang YP, So YC, Tsai CW: *The anatom - ic basis and clinical applications of flaps based on the posterior tibial vessels Br J Plast Surg,46:470-479,1993.*

17) Zachary LM: *Evolving Clinical and scientific con - cept of upper extremity electrical trauma. Hand Clin. 6(2) :243-252,1990.*

18) Zelt, R.G., Daniel, R. K., Ballard, P.A., et al. High voltage electrical injury: *Chronic wound evolution. Plast Reconstr. Surg. 82: 1027,1988.*