

구강재건을 위한 족배동맥피판의 해부학적 고찰

김성민¹ · 강지영¹ · 어미영¹ · 명 훈¹ · 이석근² · 이종호¹¹서울대학교 치의학대학원 구강악안면외과학교실, ²강릉원주대학교 치과대학 구강병리학교실**Abstract** (J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011;37:184-94)

Anatomical review of dorsalis pedis artery flap for the oral cavity reconstruction

Soung-Min Kim¹, Ji-Young Kang¹, Mi-Young Eo¹, Hoon Myoung¹, Suk-Keun Lee², Jong-Ho Lee¹¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul,²Department of Oral Pathology, College of Dentistry, Gangnung-Wonju National University, Gangneung, Korea

The dorsalis pedis artery (DPA) was renamed from the anterior tibialis artery after it passed under the extensor retinaculum, and DPA travels between the extensor hallucis longus and extensor digitorum longus muscle along the dorsum of the foot. After giving off the proximal and distal tarsal, arcuate and medial tarsal branches, DPA enters the proximal first intermetatarsal space via the first dorsal metatarsal artery (FDMA), which courses over the first dorsal interosseous muscle (FDIM).

For detailed knowledge of the neurovascular anatomy of a dorsalis pedis artery flap (DPAF) as a routine reconstructive procedure after the resection of oral malignant tumors, the precise neurovascular anatomy of DPAF must be studied along the DPA courses as above.

In this first review article in the Korean language, the anatomical basis of DPAF is summarized and discussed after a delicate investigation of more than 35 recent articles and atlas textbooks. Many advantages of DPAF, such as a consistent flap vascular anatomy, acceptable donor site morbidity, and the ability to perform simultaneous flap harvest using oral cancer ablation procedures, and additional important risks with the pitfalls of DPAF were emphasized.

This article will be helpful, particularly for young doctors during the special curriculum periods for the Korean National Board of Specialists in the field of oral and maxillofacial surgery, plastic surgery, otolaryngology, orthopedic surgery, etc.

Key words: Anterior tibial artery, Dorsalis pedis artery flap (DPAF), First dorsal interosseous muscle (FDIM), First dorsal metatarsal artery (FDMA), Oral cancer

[paper submitted 2011. 1. 9 / revised 2011. 5. 16 / accepted 2011. 6. 2]

I. 서 론

족배동맥피판(dorsalis pedis artery flap, DPAF)은 족부의 족배동맥(dorsalis pedis artery, 발등동맥)과 제1배측중족골동맥(first dorsal metatarsal artery, 첫째 등쪽발허리동맥, FDMA)을 주된 혈류공급 혈관경으로 하는 족배부(dorsum of foot), 제1지간부(first web space) 및 발가락의 골 및 관절 부 등에서 다양한 크기와 형태로 유리피판을 설계할 수 있는 조직 피판으로서, 중족골(metatarsal bone)이나 절골(pha-

langes) 등을 포함하여 피판을 거상할 경우 골근막피판(osteocutaneous flap)으로도 사용될 수 있음이 여러 문헌에서 보고되어 왔다^{1,7}. 구강악안면 또는 턱얼굴 재건을 위한 목적으로는 구강암 및 외상 등에 의한 후천적 결손부에 대해 요골유리전완피판(radial forearm free flap), 상완측방피판(lateral upper arm flap), 및 전외측대퇴피판(anterolateral thigh flap) 등과 같이 많이 활용될 수 있는 유용한 근막피판(fasciocutaneous flap)이다.

족배동맥피판의 가능성은 1973년 O'Brien과 Shanmugan에 의한 여러 종류의 복합유리피판 이식 실험을 통해 족배조직의 거상이 처음으로 제시되었고^{1,2}, 1975년 McCraw와 Furlow에 의해 유경족배피판(dorsalis pedis arterialized flap)으로 하지를 재건한 증례가 보고되면서 비교적 일찍 개발되었다^{1,3}. 주로 신경을 포함한 피판이나 중족골을 포함한 골피판으로 채취되어 상하지 재건에 이용되었으며, 피판은 얇고 유연성이 좋으므로 구강내 종양절제후 점막 결손

이종호

110-768 서울특별시 종로구 연건동 28

서울대학교 치의학대학원 치의학과 구강악안면외과학교실

Jong-Ho Lee

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

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

TEL: +82-2-2072-2630 FAX: +82-2-766-4948

E-mail: leejongh@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).

부 재건에 이용되기도 하였다. 그러나, 족배동맥의 해부학적 구조가 일정하지 않고, 피판의 박리가 어려워서 전완유리피판 등과 같은 다른 조직판이 많이 개발된 이후부터는 그렇게 많이 사용되지는 못했다^{1,4,7}.

따라서 본 논문에서는 사람마다 많은 다양함을 보이는 족배동맥의 해부학적인 구조를 동맥, 근육과 골, 정맥 및 신경으로 나누어서 국내에서 처음으로 영문이 아닌 국문으로 이를 재해석함으로써 족배동맥피판의 이용에 도움이 되고자 정리하였다. 특히, 구강악안면영역의 재건술을 위한 족배동맥피판의 선택에 있어서 혈관들의 크기와 분지들의 개인적인 차이가 크기 때문에 주저하거나 어려워하는 임상가들을 위해 일관적인 형태에 대해 이해하고, 특이한 해부학적인 형태를 다각도로 정리함으로써 구강악안면외과학 및 다른 관련 임상의학을 전공하는 여러 전공의들에게도 좋은 지침이 되도록 저자들의 경험을 바탕으로 35여 개의 문헌과 아틀라스를 정리하였다.

Ⅱ. 족배동맥피판 거상시 고려되어야 할 동맥

족배동맥피판을 거상하기 위해 고려되어야 할 중요 동맥으로는 족배동맥, 제1배측중족동맥, 제1척측중족동맥(first plantar metatarsal artery, FPMA), 지동맥(digital artery), 교통동맥(communicating artery), 족근동맥(tarsal artery), 궁상동맥(arcuate artery) 및 비골동맥 관통지(perforating branch of peroneal artery) 등이 있다.(Table 1) 이중 피판 거상을 위해서는 족배동맥과 제1배측중족동맥의 주행 방향과 경향을 파악하는 것이 제일 중요하며, 특히 구강내 재건에 활용될 수 있는 다른 피판과 달리 이들만의 특이한 변이 형태를 이해하는 것이 매우 중요하다.

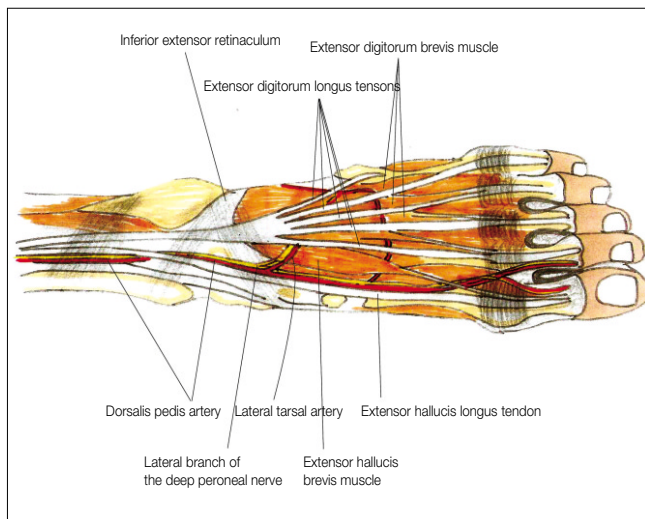


Fig. 1. Basic anatomy of the arteries and muscles of the dorsalis pedis artery flap.

족배동맥은 전경골동맥(anterior tibial artery)이 아래로 주행하여 발쪽으로 연결되는 동맥의 가지로서 발목 관절(ankle joint) 부분에서 시작되는 것으로 정의된다. 시작되는 관절 부위에서 바로 내측 및 외측 과부 가지들(medial and lateral malleolar branches)을 분지시키고, 장무지신근(extensor hallucis longus muscle)의 내측으로 주행하다 내측 및 외측 과부(malleolus) 사이 중간부분에서 하신근지대(inferior extensor retinaculum)의 아래쪽으로 주행하면서 장무지신근 하방으로 주행하여 장무지신근건(extensor hallucis longus muscle tendon)의 외측으로 계속 주행하게 된다. 주행중 신근지대 하부에서 내측족근동맥(medial tarsal artery)과 외측족근동맥(lateral tarsal artery)을 분지시키기 시작하고, 단무지신근(extensor hallucis brevis muscle)과 단무지신근건(extensor hallucis brevis muscle tendon) 하방이면서 족골(tarsal bone)의 상방으로 주행하여 제1, 제2중족골(first and second metatarsals) 사이의 공간으로 계속 주행하게 된다.(Fig. 1)

이러한 주행은 제1배측골간근(first dorsal interosseous muscle, FDIM)의 두 개의 근육부가 만나는 부위에서 발바닥의 척측동맥궁(plantar arterial arch)을 형성하는 심척측동맥(deep plantar artery)과 만나게 되며, 이 부위 바로 전방에서 외측으로 궁상동맥 가지를 분지시키게 된다. 궁상동맥은 족배동맥이나 외측족근동맥에서 기시하여 외측으로 주행하면서 제2, 제3, 제4배측중족동맥을 분지시킴으로써 배측동맥궁(dorsal arterial arch)을 형성한다. 이후 족배동맥은 계속 주행하여 제1배측중족동맥이 되어 족부 끝의 표층 및 심부로 주행하여 제1배측골간근으로 들어가거나 배측지동맥(dorsal digital artery)이 되어 엄지 및 검지 발가락의 혈행을 담당하게 된다. 즉, 족골인대(tarsal ligament)와 골막의 바로 위에 위치함으로써 깊은 부위의 주행 경로를 가지고, 거골(talus), 주상골(navicular bone) 및 설상골(cuneiform bone) 등의 윗 부분으로 주행하여 제1설상골(first cuneiform bone)과 제2중족골의 기저부(base of second metatarsal bone) 사이의 구(groove)를 따라 주행하며, 이 때 단무지신근과 비스듬히 교차하여 혈관 내측으로 심비골신경(deep peroneal nerve)이 같이 주행하게 된다. 이렇게 족배동맥은 제1배측중족동맥으로 연결되어 최종적으로 발바닥 쪽으로 가는 연결지(communicating branch)를 분지시켜서 이 연결지가 제1, 제2중족골 사이를 주행하여 아래로 연결되어 척측동맥궁을 형성하게 된다⁸⁻¹⁰.

제1척측중족동맥은 족배동맥의 척측연결지에서 기시하거나 척측동맥궁에서 기시하는데 일반적으로 제1배측중족동맥보다 크기가 작은 동맥이고, 해부학적으로 제1배측중족동맥이 결손을 보이거나 작게 주행하는 경우에는 보상적으로 제1척측중족동맥이 더 크게 주행하게 된다. 이 동맥은 단무지굴근(flexor hallucis brevis muscle)과 무지내전근(adductor hallucis muscle)의 척측부를 따라 원심부로 주행하여 비스듬히 가지를 만들고, 이 가지는 장무지굴근

Table 1. Korean translational language of anatomical muscles, vessels and nerves in the dorsal foot lesion³⁷

Abductor digiti minimi muscle	소지의전근	Lateral tarsal artery	외측족근동맥
Abductor hallucis muscle	무지의전근	Lateral marginal vein	외측연정맥
Adductor hallucis muscle	무지내전근	Long plantar ligament	장족저인대
Adductor hallucis muscle, oblique head	무지내전근 사두	Lumbrical muscle	충양근
Anterior lateral malleolar artery	전외과동맥	Medial calcaneal branch	내측종골지
Anterior medial malleolar artery	전내과동맥	Medial dorsal cutaneous nerve	내배측피신경
Anterior tibial artery	전경골동맥	Medial malleolar network	내과동맥망
Arcuate artery	궁상동맥	Medial malleolus	내과
Articular branches of deep peroneal nerve	심비골신경 관절지	Medial plantar nerve	내측척신경
Calcaneocuboidal joint	종임방관절	Medial sural cutaneous nerve	내측비복피신경
Common plantar digital nerve	충족저지신경	Medial tarsal artery	내측족근동맥
Communicating vein	교통정맥	Medial marginal vein	내측연정맥
Cuboideonavicular ligament	입방주인대	Muscular branches of deep peroneal nerve	심비골신경근지
Cutaneous branches of lateral plantar nerve	외측족저신경 피지	Navicular bone	주상골
Cutaneous branches of medial plantar nerve	내측족저신경 피지	Opponens digiti minimi muscle	소지대립근
Distal communication artery	원심교통동맥	Perforator	천공지
Deep branch of lateral plantar nerve	외측족저신경 심지	Perforating branch of peroneal artery	비골동맥 관통지
Deep peroneal nerve	심비골신경	Peroneus tertius muscle	제3비골근
Deep plantar branch	심족저지	Plantar aponeurosis	척측건막
Deep transverse metatarsal ligament	심부가로중족인대	Plantar digital arteries	척측지동맥
Dorsal artery of foot	족배측동맥	Plantar fascia	척측근막
Dorsal pedis artery	족배동맥	Plantar interosseous muscle	척측골간근
Dorsal digital artery	배측지동맥	Plantar metatarsal artery	척측중족동맥
Dorsal digital aponeurosis	배측지건막	Plantar metatarsal vein	척측중족정맥
Dorsal digital cutaneous nerve	족배지피신경	Posterior tibial artery	후경골동맥
Dorsal digital nerve of foot	배측지신경	Proper digital plantar artery	고유족저지동맥
Dorsal digital vein of foot	배측지정맥	Proper plantar digital nerve	고유족저지신경
Dorsal fascia of foot	족배근막	Quadratus plantae muscle	족저방형근
Dorsal interosseous muscle	배측골간근	Saphenous nerve	복재신경
Dorsal metatarsal artery	배측중족동맥	Small saphenous vein	소복재정맥
Dorsal metatarsal vein of foot	배측중족정맥	Superficial branch of lateral plantar nerve	외측족저신경 천지
Dorsal vein of foot	족배측정맥	Superficial lamina	천엽
Extensor digitorum brevis muscle	단지신근	Superficial peroneal nerve	표재비골신경
Extensor digitorum longus muscle	장지신근	Synovial sheath	활막건초
Extensor hallucis brevis muscle	단무지신근	Talocalcaneonavicular joint	거중주관절
Extensor hallucis longus muscle	장무지신근	Talonavicular ligament	거주인대
External marginal vein	외연정맥	Tendon of flexor digitorum brevis muscle	단지굴근건
First dorsal metatarsal artery	제1배측중족동맥	Tendon of flexor digitorum longus muscle	장지굴근건
First plantar interosseous muscle	제1척측골간근	Tendon of flexor hallucis longus muscle	장무지굴근
First planter metatarsal artery	제1척측중족동맥	Tendon of peroneus longus muscle	장비골근건
Flexor digiti minimi brevis muscle	단소지굴근	Tendon sheath of peroneus longus muscle	장비골근건초
Flexor digitorum brevis muscle	단지굴근	Tendon, extensor hallucis brevis muscle	단무지신근건
Flexor hallucis brevis muscle	단무지굴근	Tendon, extensor hallucis longus muscle	장무지신근건
Flexor retinaculum	굴근지대	Tendon, peroneus brevis muscle	단비골근건
Great saphenous vein	대복재정맥	Tendon, peroneus tertius muscle	제3비골근건
Head of talus	거골두	Tendon, tibialis anterior muscle	전경골근건
Inferior extensor retinaculum	하신근지대	Tendon of extensor digitorum longus muscle	장지신근건
Inferior peroneal retinaculum	하비골근지대	Tendon of tibialis posterior muscle	후경골근건
Intermediate dorsal cutaneous nerve	중족배피신경	Tendon, extensor digitorum brevis muscle	단지신근건
Lateral dorsal cutaneous nerve	외배측피신경	Tendon, extensor digitorum longus muscle	장지신근건
Lateral malleolus	외과	Transverse metatarsal ligament	가로중족인대
Lateral malleolar network	외과동맥망	Venous arch of dorsum of foot	족배측정맥궁
Lateral plantar nerve	외측족저신경		

(flexor hallucis longus muscle)의 심부를 통과하여 제1중족골의 내측을 따라 원심쪽으로 가서 엄지발가락의 내측지동맥(medial digital artery)으로 주행한다. 이처럼 제1척측중족동맥은 여러 개의 작은 근육지(muscular branches)를 분지시키고, 가로중족인대(transverse metatarsal ligament)의 아래쪽을 통과해서 제1배측중족동맥에서 온 원심부 연결지와 만남으로써 척측지동맥(plantar digital artery)을 형성하게 된다¹¹⁻¹³.

족배동맥이 제1배측중족동맥으로 계속 주행하는 경우에 같은 주행 깊이이거나 또는 약간 낮게 원심부로 주행하다가 제1중족골두와 제2중족골 경부를 가로 방향으로 연결하는 심부가로중족인대(deep transverse metatarsal ligament)의 상방을 통과하게 된다. 이 동맥에서부터 중요한 혈관 분

지들이 다양하게 분지되며, 우선 시작되는 부위와 끝나는 부위에서 상방의 피부로 분지되는 작은 혈관들이 있고, 중족골사이의 근육으로 가는 가지들은 근육을 통과한 후 중족골에 분포하여 혈액을 공급하게 된다. 심부가로중족인대는 근심부에 하방의 척측중족동맥(plantar metatarsal artery)과 연결되는 가지를 분지시킨 후 원심부로 계속 주행하여 제1, 제2족배지동맥(first and second dorsal digital artery)과 제1척측중족동맥이 연결되는 연결지를 분지시킴으로써 종말지가 된다.(Figs. 2, 3) 이러한 작은 혈관 가지들은 위치와 크기, 그리고 기시부가 매우 다양하여 조직판 형성이 어렵고, 또한 직경도 1-1.5 mm 정도 이하이기 때문에 이러한 혈관만을 이용해서는 미세혈관문합수술에 의한 재건술이 매우 어렵게 된다.

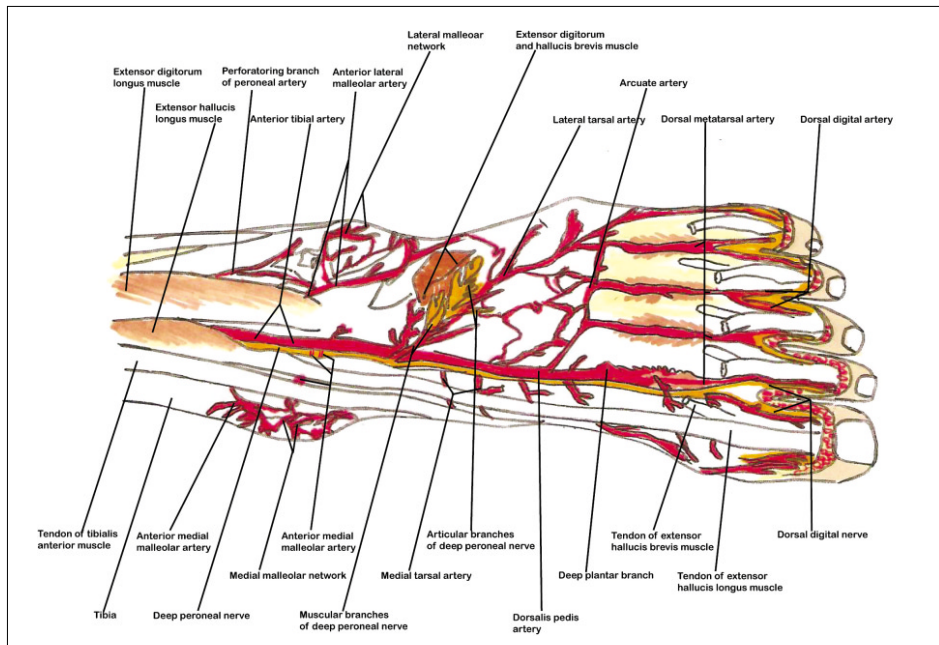


Fig. 2. Arterial systems of the dorsum of left foot.

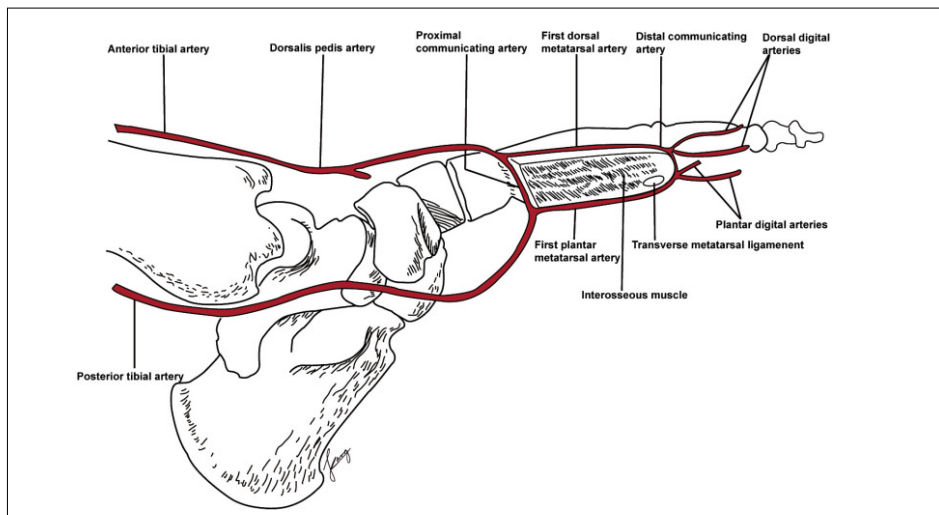


Fig. 3. Schematic drawing of arterial communications between DPA with FDMA and proximal communicating artery with FPMA.(DPA: deep plantar artery, FDMA: first dorsal metatarsal artery, FPMA: first plantar metatarsal artery)

제1배측중족동맥은 제1척측중족동맥과 함께 족배동맥으로부터 갈라져 나오는데 워낙 다양한 변이를 보이며, 이러한 변이를 잘 이해하고 피판을 거상할 때 여러 변이에 대한 정확하고 확실한 내용을 이해하는 것이 피판의 성공을 위해 가장 필수적이라 할 수 있다. 대개는 제1배측골간근 상방이나 상방에 치우쳐서 근육내부로 주행하는 1형(Type I)의 분포를 보이나, 약 1/3의 일부 변이에서는 근육의 하방으로 주행하는 2형(Type II)을 보이거나, 심지어 3형(Type III)과 같이 완전한 결손을 보이면서 제1척측중족동맥의 직경이 크게 주행하는 경우도 있다.(Fig. 4) 여러 문헌에서 해부학적 변이를 설명하고 있으며 전체 72%의 1형은 다시 제1배측골간근내에 주행하는 형태에 따라 A, B, C 형으로 나눌 수 있는데 각각 28%, 24% 및 20%의 비율로 보고되어 왔다. 또한, 피판거상이 매우 어렵고 실제로 불가능한 것으로 판단되는 2형 및 3형은 각각 22%, 6% 정도로 보고되고 있으며, 22%의 2형은 각각 10% 내외의 A, B 형으로 구분할 수 있는데, 제1배측중족동맥이 존재하지 않는 심부에 제1척측중족동맥과 거의 비슷하게 주행하는 2-B 형과 하나로 모여서 두껍게 주행하는 3형에서는 원칙적으로 피판 거상이 어렵다고 할 수 있다^{9,11}.(Fig. 4)

족배동맥의 직경은 대개 2-3 mm로 미세혈관문합술을 위해서는 적절한 두께의 혈관을 지닌다. 그러나, 3-12%에서는 족배동맥이 아예 존재하지 않는 경우가 있고, 또한 3-7%에서는 심비골동맥(deep peroneal artery)의 분지로 나타나

는 경우도 있으므로 족배동맥의 피관 거상시 반드시 염두에 두고 시술 전 검사 및 시술을 진행해야 한다^{9,11-14}.(Fig. 5)

Ⅲ. 족배동맥피판 거상시 고려되어야 할 근육과 종족골

족배동맥피판을 채취할 때 주변 근육을 같이 동반하여 거상하는 경우는 많지 않으나 족배동맥을 따라 피판 거상시 주행방향 및 기능을 알고 있어야 할 근육으로는 단지신근(extensor digitorum brevis muscle), 장지신근(extensor digitorum longus muscle), 단무지신근, 장무지신근, 제1배측골간근, 및 제1척측골간근 등을 들 수 있다. 주된 족배동맥의 주행방향에 따른 동맥 분포 이외에 하신근지대와 장무지신근건을 통과하여 근심측 피부에 혈액을 공급하는 작은 가지들이 있음을 고려할 때, 하신근지대 및 장무지신근건을 피판에 포함하여 거상하는 것이 가능할 수 있으나, 구강내의 연조직 재건에 있어서 작은 근막 및 근육 일부를 같이 포함하는 것의 유용성을 충분히 고려하여 진행하는 것이 바람직하다.

단지신근은 단무지신근의 외측에서 종골 및 배면의 외측면에서 기시하여 장지신근 하방에서 통상 3개의 건으로 나뉘어지고, 2지에서 4지의 지배건막 및 장지신근건(extensor digitorum longus muscle tendon)에서 정지하는 제2지에서 5지를 신전하는 역할을 한다. 단지신근은 사다리꼴 모양으로 길이는 5-6 cm, 폭은 4-5 cm, 무게는 약 3.6 g 정도로

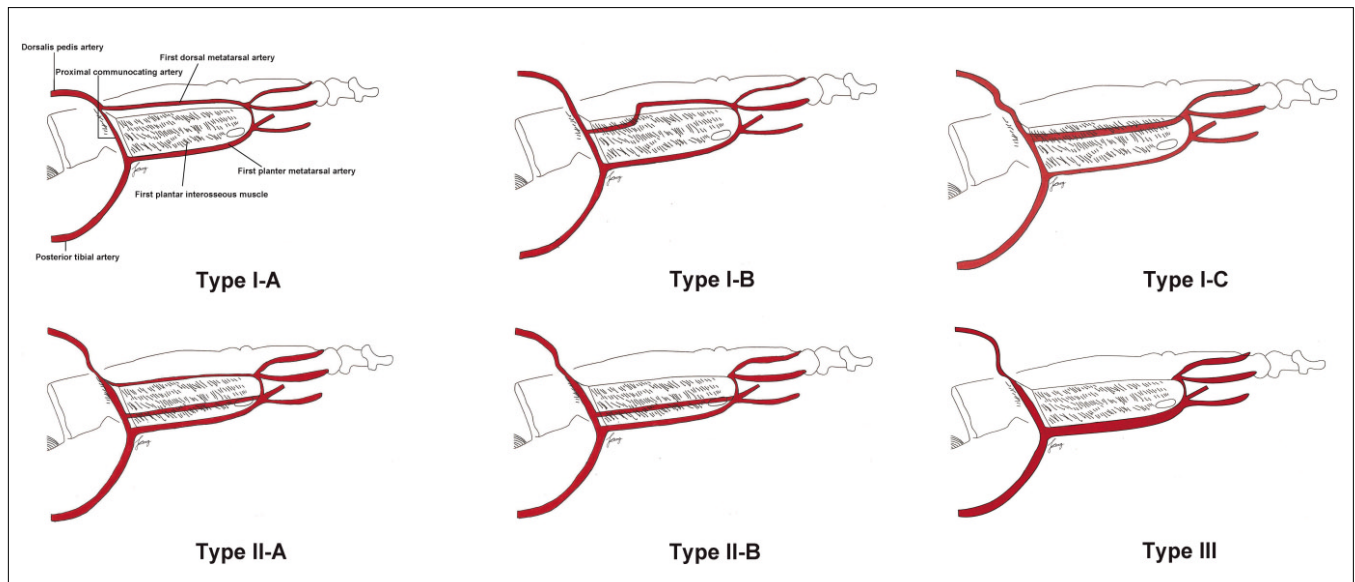


Fig. 4. Schematic drawings of various patterns of the FDMA according to the positional relationship between the FDMA and the FDIM. Type I-A: the FDMA is superficial to the FDIM, Type I-B: the FDMA begins at the bottom of the FDIM and penetrates muscle with ascending up the FDIM, and then running on the surface, Type I-C: the FDMA penetrates the FDIM, and then runs into the muscle, Type II-A: large FDMA runs under the FDIM, and small FDMA runs on the FDIM; Type II-B: there is the same disposition of the artery as type II-A, but there is no superficial branch, Type III: there is the FDMA on or inside of the FDIM, but the artery is not so large as to use as a free flap pedicle. (FDMA: first dorsal metatarsal artery, FDIM: first dorsal interosseous muscle)

알려져 있는데, 종골(calcaneus)의 상외측면과 외거종인대(lateral talocalcaneal ligament)에서 기시하여 종족지절관절(metatarsophalangeal joint) 부위에서 제2-5장지신근건의 외측에 부착함으로써 3-4개의 건을 가지며, 건의 길이는 7 cm로 충분히 길어서 신경을 포함한 단지신근을 이식함으로

써 턱얼굴의 근육부 재건에 활용할 수 있다. 이러한 단지신근은 기시부에서 부착부까지 장지신근건의 밑에서 비스듬히 외측에서 내측 방향으로 주행하며, 단무지신근은 단지신근보다 약간 내측에서 기시하여 장무지신근건에 부착한다¹⁵. 단지신근은 Nahai 분류상 하나의 주된 혈관에 의해 혈

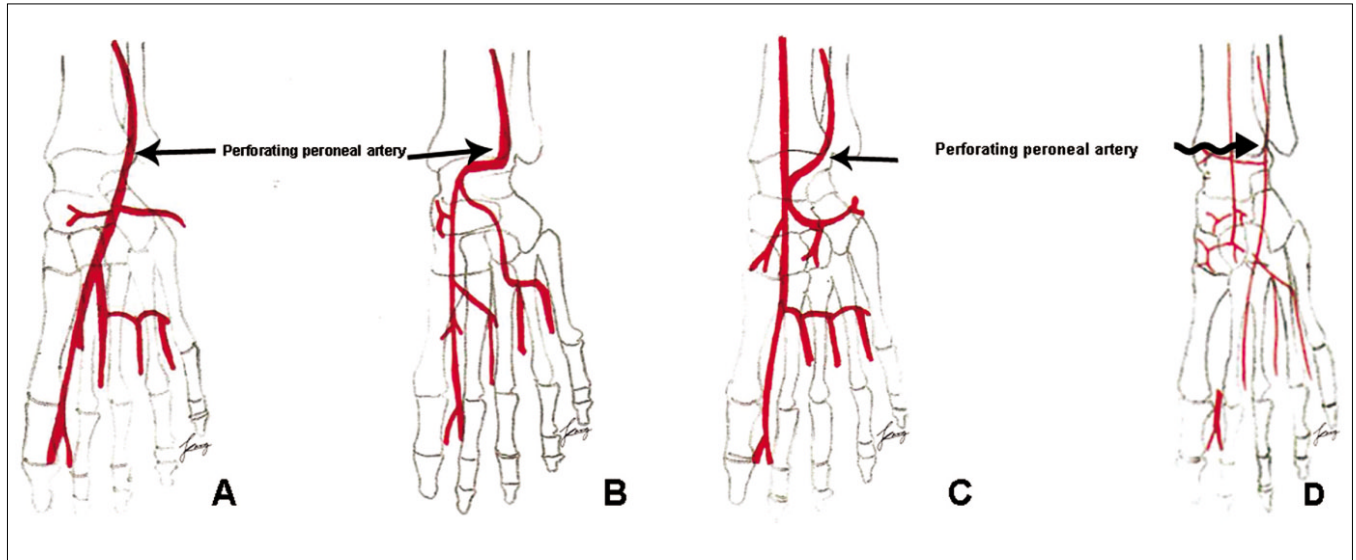


Fig. 5. Schematic drawings of variation patterns of the DPA. A: about 3% cases of DPA begins as a continuation of the perforating peroneal artery, B: the lower end of the anterior tibial artery is in the position of the perforating peroneal artery in about 1.5% of cases of DPA, C: about 0.5 % cases of DPA can arise equally from the anterior tibial and perforating peroneal arteries, D: about 12% cases of DPA are almost absent or reduced in size. (DPA: deep plantar artery)

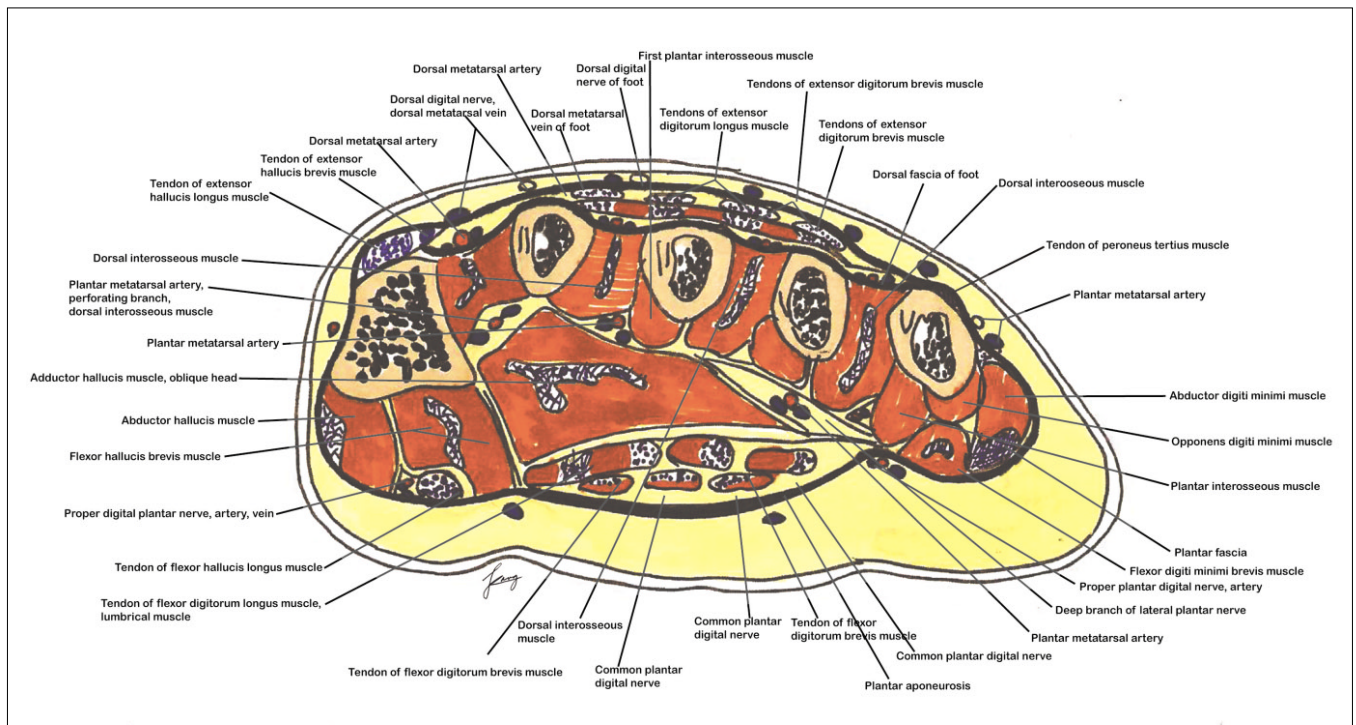


Fig. 6. Cross sectional view through the left metatarsus.

류를 공급받는 1급 근육으로서 위에서 언급된 바와 같이 족배동맥에서 기시된 외측족근동맥에 의해 주된 혈행을 받으며, 그외 입방골(cuboid)과 주상골(navicular bone) 사이의 족배동맥 분지에 의해 일부 혈행을 받는다. 정맥환류는 족배동맥 및 외측족근동맥과 같이 주행하는 2개의 동반정맥에 의해 주로 이루어진다¹⁶.

제1종족골 및 제2종족골 사이에 위치하는 제1배측골간근은 비골장근건(peroneus longus muscle tendon)이 비골건막(peroneal sheath)을 뚫고나와 기시하며 대개는 제1종족골 상부에 약하게 삽입되어 있다. 제1척측골간근은 상대적으로 크기가 큰 근육으로 제3종족골의 근심에서부터 부분적으로 기시하고 많은 부분은 연조직에서 기시하는 것으로 알려져 있으며 제2골간부 및 제3골간부 쪽으로 근육부착을 이루고 있다^{12,13,17}.(Fig. 3)

족부, 발은 26개의 골로 이루어져 있으며 각각 비골 및 경골과 연결하여 발의 형태를 하나의 궁(arches) 형태로 유지하게 된다. 26개의 골들은 각각 종골, 거골(talus), 주상골, 입방골(cuboid), 근심, 중간 및 원심부 설상골 등으로 이루어진 7개의 족골과 5개의 중족골 및 14개의 절골로서 서로 연결되어 종골과 중족골 두부(metatarsal heads) 사이의 근원심의 장궁형(longitudinal arches)을 이루게 된다^{12,13,18}.(Figs. 6, 7)

족배골근막피판(dorsalis pedis osteocutaneous flap)은 족배동맥과 제1배측중족골동맥이 상방의 피부는 물론 하방의 골과 골막과도 연결성을 유지한 상태로 족배피판에 제2중족골을 포함시킨 골근막 조직판이다. 피판을 제2중족골의 내측 및 외측까지 박리하고 족배동맥을 중족골과 설상골

경계부까지 박리한 다음 중족골 하방으로 박리하게 되며, 이 때 골피판에 중족지절관절을 포함시킬 필요가 없으면 이 관절은 원심쪽으로 남기고 중족골두를 주변 관절낭으로부터 분리시키게 된다. 내측 및 외측 발가락 사이를 통해 골간근육을 박리하며 이 때 영양공급혈관이 다치지 않도록 주의하고, 족배동맥을 박리하여 충분한 간격을 만든 후 중족골과 설상골 사이의 인대들을 절단함으로써 척측의 발바닥과 연결되는 혈관들을 절단하여 골피판을 채취하게 된다. 이 때 중족지절관절을 모두 포함시킬 필요가 있을 때는 두번째 발가락 전부를 채취한 다음 불필요한 원심부를 절단하게 된다^{11,16}.

조직판의 채취가 끝나면 공여부의 지혈을 확실하게 하고, 손상받은 건주변 조직을 미세한 흡수성 봉합사로 봉합한 후에 조직판 채취시 절단했던 신근지대를 봉합하게 된다. 실제로 조직판을 거상할 때 절단되는 근육부와 신근지대를 표시하기 위해 나일론, 바이크릴 등의 서로 다른 종류의 봉합사를 절단부 양측에 표시해 둠으로써 피판을 거상한 후에 봉합시 정확한 절단면끼리 봉합하도록 해주는 방법이 유용하다.(Fig. 8) 부분층 피부이식(split thickness skin graft)으로 공여부를 덮어 주고 공여부 변연부를 봉합한 다음, 그 위로 거즈 문치와 자가중합형 레진을 올려 타이오버드레싱(tie over dressing)을 완료하게 된다. 부목(splint) 유지 가능한 발목과 발 전체가 움직이지 않도록 하며 최대한 발을 위쪽으로 올린 상태로 7일에서 10일 동안 유지한 후 부목을 제거하며, 이후에는 탄력 붕대를 활용하여 서서히 운동을 시작함으로써 피판거상 후 근육 및 골 결손부위가 충분히 적응되는 기간을 거치게 한다.

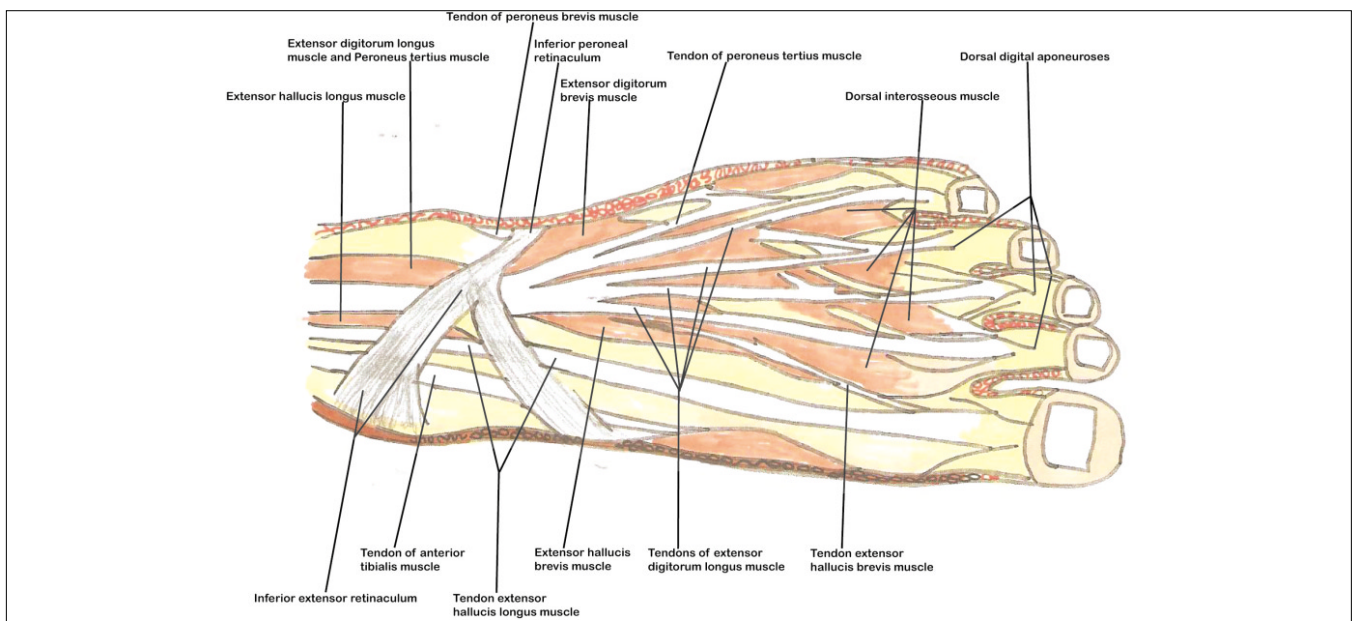


Fig. 7. Muscles and tendons of the dorsum of foot.



Fig. 8. Muscle and tendon marking with different suture materials.

Ⅳ. 족배동맥피판거상 시 고려되어야 할 정맥 및 신경

족배동맥피판에서 고려되어야 할 정맥들은 표재정맥계(superficial venous system)에서의 표재족배정맥(superficial dorsalis pedis vein)과 심부정맥계(deep venous system)로서 동반정맥(반행정맥, *venae comitantes*)으로 크게 나누어 생각할 수 있다.

족배동맥피판을 위해서는 대부분 표재정맥계만을 이용할 정도로 주된 정맥 환류계를 표층에서 얻을 수 있다. 표재족배정맥은 각각의 발가락 배면에서의 작은 정맥으로 피하조직 내에 위치하며 이 정맥이 모여서 배측중족정맥(dorsal metatarsal vein)이 되고, 다시 중족골의 근심부에서 족배정맥궁(dorsal venous arch)을 형성한다. 이 족배정맥궁

은 내측으로 내과 전방으로 주행하는 내측 정맥인 대복재정맥(great saphenous vein)으로 연결되고, 외측으로는 외측 정맥인 소복재정맥(small saphenous vein)으로 연결되어 이 정맥은 외과의 후방으로 주행하게 된다. 족배정맥궁의 근심부로는 불규칙적인 정맥망(irregular venous network)이 형성되어 있어서 여러 피하정맥이 주행하며, 이 중 내배측정맥(median dorsal vein)은 발등을 비스듬히 주행하여 발목관절 상방에서 대복재정맥과 만나서 환류되게 된다^{19,20}. (Fig. 9)

심부 정맥들은 항상 동맥과 같이 주행하고 있는데, 이들은 대부분 척측피하정맥총(plantar subcutaneous plexus)을 이루는 표재정맥들과 잘 연결되어 있어서 족배동맥피판을 채취하여도 남아있는 조직의 정맥 환류(venous drainage)는 대부분 안정적으로 유지된다. 족배동맥과 같이 주행하는 동반정맥만으로도 족배동맥피판을 거상하고 이식하는 데에 큰 문제는 없는 것으로 보고되어 왔으며, 족배정맥은 족배정맥궁에서 최소한 0.27-0.98 cm 원심부에서 제1중족골정맥과 연결되므로 피판 거상시 족배정맥궁에서 최소한 1.0 cm 이상을 띄워야만이 확실한 정맥환류를 얻을 수 있다^{10,11}.

족배부의 신경공급은 비골신경의 종지(branch of peroneal nerve)와 심비골신경(deep peroneal nerve)으로부터 받는데, 비골신경의 종지인 표재비골신경(superficial peroneal nerve)은 하지 하방 1/3 부위이자 발목관절 상방에서 심부 근막을 뚫고 표층으로 나오며, 내배측피신경(median dorsal cutaneous nerve) 및 외배측피신경(lateral dorsal cutaneous nerve)으로 나뉘어서 첫번째 발가락 사이와 발의 외

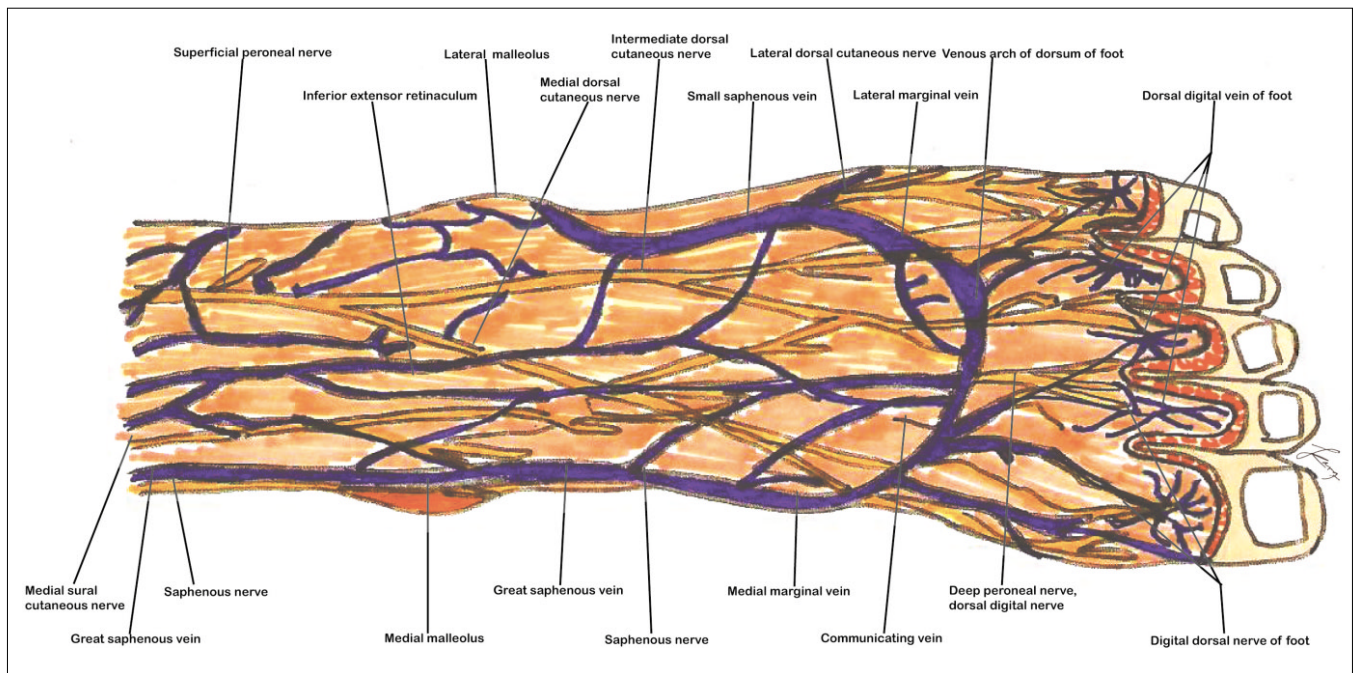


Fig. 9. Cutaneous nerves and veins of the dorsum of left foot.

측면을 제외한 모든 발등 전체와 발목관절 전방 및 외측면인 족배 피부 근심 2/3의 감각을 담당한다¹¹⁻¹³.

심비골신경은 전경골동맥의 외측면을 따라 주행하여 발목관절 전방부에서 외측 및 내측 종지로 나누게 되는데, 이중 외측종지는 외측종족동맥과 같이 심부로 주행하여 단무지신근과 단지신근을 지배하고, 내측종지는 족배동맥 및 제1배측종족동맥과 같이 주행하여 발등의 원심 1/3과 종족골의 첫번째 발가락 사이의 피부 감각을 담당한다.(Fig. 9) 단지굴근(Flexor digitorum brevis muscle)의 운동 신경도 심비골신경으로부터 연결되는데, 족배동맥피판에 포함시키는 신경은 주로 근심부를 담당하는 신경을 많이 이용하게 된다.

실제로 족배동맥피판을 거상할 경우 먼저 조직 결손부의 형태와 크기를 측정하고 제2중족골을 중심축으로 발등의 족배동맥과 표재정맥을 축지, 표시하여 피판 거상을 시작하게 되는데, 천층에서 제일 먼저 접하는 것이 표재정맥과 천신경 가지들이므로 이들에 대해 명확한 표면해부학 지식을 활용하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 발등의 족배동맥 및 정맥을 표시할 경우 표재비골신경이 있을 것으로 예상되는 부위도 주행 방향을 그리고 시작하게 된다. 근막 피판의 변연부 피부를 절개할 때, 피하정맥들은 절단되지 않도록 주의하고 처음 계획한 피판의 크기와 위치를 고려하며 동시에 수여부의 정맥 위치 등을 고려하여 공여부 정맥 중 적절한 것을 선택하여 박리하게 된다. 근심부 절개시에는 비골신경의 천지를 확인할 수 있으며 최소한 2개 이상의 가지가 피판의 근심가장자리 외측에서 피판으로 들어가는 것이 확인되는데, 이 경우 감각신경의 재생을 도모하기 위해 이 신경은 절단하지 않고 보존하여 피판과 같이 채취하게 된다.

피판의 원심부까지 절개하여 표층 및 심부로부터 올라오는 정맥을 확인하고 절단한 후 피판의 내측과 외측을 신진주위조직(paratenon of the extensor tendons)의 바로 위층을 따라 박리하게 되며, 내측으로는 장무지신근의 내측까지, 외측으로는 장지신근까지 박리하고, 건주위조직이 건조하지 않도록 젖은 거즈로 덮어주면서 정맥 및 신경박리를 완성하게 된다. 이 때 신진주위조직이 건조해지지 않도록 유지하는 것이 수술 후 기능적인 면에서 유리하며, 이를 위해 건주위조직의 건조가 빨라지는 것을 예방하기 위해 토니켓(tourniquet)을 풀고 거상하는 것이 추천되기도 한다.

V. 족배동맥피판의 고찰

족배동맥피판은 일찍이 상지 및 손 재건에 많이 사용되어 왔는데, 1973년 O'Brien과 Shanmugan²이 해부학적 기초를 제시하고, 1975년 McCraw와 Furlow³가 국소전이피판(local transposition flap)의 적용을 제시한 후, 1976년 Ohmori와 Harii⁴에 의해 유리피판으로 활용되고 이어 1976년 Robinson²¹, 1978년 Kamal 등, 1979년 Caffee와 Hoefflin

등에 의해 하지 재건에 활용한 증례가 문헌에 보고되었다¹. 1982년 Morrison과 Macleod 등은 처음으로 제2중족골을 포함한 골근막 족배동맥피판을 보고하였으며 1983년 Takami도 손을 재건한 증례를 보고하였다⁵. 즉, 근육과 건막을 동시에 채취하여 손의 신근건(extensor tendon)의 운동을 회복시켜 주고 피부도 같이 재건할 수 있으며, 피판에 신경을 포함시켜서 손의 감각을 회복시켜줄 수도 있고, 발가락을 같이 채취하여 이식함으로써 손가락도 재건해줄 수 있는 장점을 지닌다.

피판의 두께가 얇아서 구강내 점막 및 혀의 결손부 재건에도 유용하게 활용할 수 있는데, 주로 구강저, 편도주위, 인두부, 및 구개 결손부 등에도 유용하게 활용되어 왔다. 그외 안면부 외면에서는 입술, 코, 안와 부위의 결손부 재건에도 이용할 수 있으나, 피부의 색깔이 잘 맞지 않을 수 있는 단점도 보고되어 왔다. 두경부 재건에는 1977년 Leeb 등, 1978년 Mazzarella 등, 1980년 Ben-hur²²가 족배동맥 피판으로 구강저를 재건한 증례를 각각 발표하였고, 1978년 Acland와 Flynn²³은 구강저, 편도주위 및 인두부의 악성종양 절제후의 조직 결손부를 재건한 증례를 발표하였으며, 1979년 Ohmori 등²⁴은 역시 제2중족골을 포함시킨 골근막 족배동맥피판으로 완전결손된 코를 재건한 증례를 발표하였다. 또한, 1980년 Bell과 Barron²⁵, 1982년 Macleod와 Robinson²⁶은 피부와 중족골 또는 하나 이상의 여러 절골들(phalanges)을 포함한 골피판으로 하악골과 연조직 결손부를 재건한 증례를 발표한 바 있었다. 또한, 1983년 Rheiner²⁷는 신경을 포함한 족배동맥피판으로 음낭재건(scrotal reconstruction)의 증례를 보고하였고, Ismail²⁸은 족배근막피판(dorsalis pedis myofascial flap)을 개발하여 발목부위 결손부를 재건한 증례를 보고하였는데, 이 조직피판에는 혈액공급을 원활히 하기 위해 단무지신근을 포함시켰고, 결손부가 큰 경우는 부피가 큰 단지신근을 채취할 수 있음을 보고한 바 있었다.

구강저를 위한 재건술에서도 족배동맥피판은 넓게 구강저를 덮을 수 있고 연하고 가동적이며 지방층이 얇아 감염에 대해 덜 취약하며, 정맥환류를 위한 여러 정맥 중에서 오직 하나만 성공하여도 가능할 만큼 혈행을 잘 유지할 수 있는 등의 여러 장점이 보고되어 왔다. 그 밖에 긴 혈관을 가지 피판으로 형성이 가능하고, 여기에 건막, 신경, 근육, 골조직, 발가락 관절 전체 등을 포함시킨 복합 조직판(composite flap)으로 형성하여 재건이 가능함이 보고되어 왔다²¹⁻²³. 피판에 제2중족골을 포함시키면 하악골 일부와 피부 또는 구강내 점막을 동시에 재건할 수 있는데, 제2중족골은 길이가 짧고 단단하므로 하악골 정중부와 골체부를 재건하는 목적으로만 활용이 가능하게 된다. 또한, 이 조직판은 골부분을 쿼대로 사용하고 그 위를 족배 피부로 덮어줌으로서 코가 결손된 환자에서도 활용하였으며, 중족골과 발가락 관절을 같이 채취하여 전체 악관절도 재건할 수 있어서 이 때에는 중족골을 하악골의 상행지(ascend-

ing ramus)로 활용하는 것이 가능하며, 전술한 바와 같이 관절 자체를 이식할 경우 손에서 많이 이용해 왔는데 심한 손상을 받았거나 선천적으로 손가락 관절이 결손된 환자에서 활용될 수 있음이 보고되어 왔다.^{29,30} 제2중족골이나 두번째 발가락을 모두 채취하였을 경우 심미적으로 크게 문제는 없을 수 있으나, 수술 직후 다리를 절거나 하지부의 감각 이상을 호소하는 경우가 있다. 대부분 시간이 경과하면서 회복되며, 꾸준한 재활치료의 도움으로 수술 전과 비교해 기능적으로도 어려움이 없도록 해야 한다.

일반적으로 감각피판이 가져야 할 이상적인 조건으로 피판이 얇아야 하고, 피판으로 주행하는 신경과 혈관의 해부학적 구조가 믿을 만하여야 하며, 혈관의 직경이 크고 길이가 길어야 하며, 두점식별(two-point discrimination)이 4-10 mm 정도의 가능성을 지녀야 한다는 것으로 알려져 있다. 또한, 운동기능의 복원을 위해서는 건, 골 등을 포함한 유리복합조직피판(free composite tissue flap)으로도 활용이 가능한 것이 이상적인 조건으로 여겨져 왔다¹⁰. 족배동맥피판은 발등에서 얇게 근막피판으로서 거상할 수 있는데, 대부분 털이 없고 긴 혈관을 지닌 피판으로 거상할 수 있는 장점을 지닌다. 또한, 동맥혈관의 직경도 2.57 ± 0.09 mm 정도로 미세동맥 문합을 위해 적당하고, 색깔을 맞추기가 용이하며 유연성을 지니는 기능적 장점을 지녀서 특히, 구각부(oral commissure)를 비롯한 구순 주변의 전측피부가 필요한 재건에 용이한 장점도 지닌다고 보고되어 왔다.^{31,32}

족배동맥피판 거상 후 발생할 수 있는 대표적인 합병증으로는 공여부의 창상 치유가 늦어지고 발가락 및 발바닥 부위의 혈액 공급이 원활하지 않아 발생하는 족부 허혈(foot ischemia)이 있을 수 있는데, 특히, 나이가 많고 말초혈관 질환이 있거나 조절되지 않는 당뇨병이 있는 환자에서는 이러한 피판을 거상할 경우 신중에 신중을 기해야만 하고, 무엇보다 수술 전에 전경골동맥 및 후경골동맥들이 잘 연결되어 있어서 조직판 채취 후에도 발에 혈액 공급이 잘 될 수 있는지를 명확하게 확인해야 한다. 이를 위해 족배동맥피판을 이용한 성공적인 구강내 재건을 위해서는 수술 전에 족배동맥과 제1배측중족동맥의 존재 유무와 주행 위치를 최대한 정확히 예측하고, 동시에 족배동맥피판을 거상한 이후에 남게 되는 후경골동맥과 비골동맥이 온전하게 혈액 공급을 유지할 수 있는지 검사하는 것이 무엇보다 중요하다.

우선 임상적인 검사법으로 수술 전에 발등 중간에 족배동맥이 만져지는지를 확인하고, 알렌검사(Allen's test)를 시행하여 족배동맥과 후경골동맥을 차례대로 차단하여 족척부 혈관에 의해 발등 쪽도 혈액 공급이 되는지를 확인해야 한다. 혈류가 확인되면 도플러 초음파(Doppler sonography) 검사를 이용해서 제1배측중족골동맥의 주행방향과 깊이를 찾게 된다. 그러나, 요골유리전완피판에서의 알렌검사와 달리 동맥을 차례로 차단하기가 임상적으로 쉽지 않기 때문에 대개는 도플러 검사에 의존하게 되며, 이러한

임상적인 검사법의 한계점 때문에 방사선 영상검사를 진행하게 된다. 수술 전의 방사선 검사를 활용하기 위해서는 하지부의 동맥촬영술(arteriography)을 시행하여 전후 영상(antero-posterior view)을 통한 제1배측중족골동맥의 유무와 측방영상(lateral view)을 통해 깊이를 가늠하는 기본적인 방법을 활용하여 왔다. 또한, 혈관질환 환자에서 해부학적 정보를 보다 정확히 얻을 수 있는 디지털감산 혈관조영술(digital subtraction angiography)을 많이 적용하기도 하였으나 침습적이고 요오드화합물 조영제의 부작용, 전리방사선 노출 및 좁은 촬영영역 등의 단점으로 최근에는 3차원 자기공명 혈관조영술(magnetic resonance angiography)을 주로 시행하게 된다.^{33,34}

자기공명 혈관조영술은 유체속도(time of flight) 강조기법이나 위상차(phase contrast) 강조기법 등의 개발로 신체 내 여러 혈관을 검사하는 데 유용하게 활용할 수 있으며, 특히 하지 및 족부에서 장골동맥(iliac artery) 및 하지동맥의 폐쇄성 질환의 연축현상 없이 느린 혈류에 민감하고 매우 정확한 민감도와 특이도를 지녀서 원위부 동맥의 평가에 많은 도움을 주는 것으로 보고되어 왔다.^{35,36} 이에 자기공명 혈관조영술은 심한 근위부 폐쇄를 지닌 환자에서 뿐만 아니라, 족배동맥 및 제1배측중족골동맥의 다양한 분포를 미리 확인하여 정확한 혈류분포를 파악함으로써 피판의 성공률을 높이기 위해서 가능한 수술 전에 미리 시행하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

피판 박리시 가장 중요한 것은 제1배측중족동맥을 피판에 포함시키는 과정인데, 이 동맥은 기시부부터 원심부로 주행하는 동안 중족골간 근육속에 위치하므로 박리가 쉽지 않고, 또한 제1배측중족동맥이 기시되는 부위를 박리하는 것이 매우 어렵기 때문이다. 우선 첫번째와 두번째 발가락 사이에서 동맥 박동을 이용해서 찾아보고, 찾기가 어려운 경우 찾아질 때까지 근육을 박리하면서 이 동맥과 족배동맥, 척측연결지가 완전히 정맥과 같이 박리되어 육안으로 확인이 가능할 때까지 박리하여야 한다. 찾게 되면 먼저 동맥과 정맥의 척측 연결지를 결찰하고 절단함으로써 피판이 제1, 2 중족골 사이에서 근심쪽 혈관만 연결된 채로 남게 되므로, 동맥끝을 피판 가장자리에 봉합하는 것이 중요하다.(Figs 3, 4) 이 동맥의 끝이 계속 심장박동에 의해 움직이므로 피판거상을 진행하면서 지속적으로 참고할 수 있으며, 동맥 심부를 박리하여 제1, 2신근간사이와 동맥의 천층에 있는 연조직을 모두 피판에 포함시킬 수 있고, 동맥으로부터 분지되어 피부에 혈액을 공급하는 혈관들이 이 연조직속에 포함되어 있음을 이용하여 같이 피판을 거상시키게 된다. 박리는 원심부에서 근심부쪽으로 진행하며, 혈관이 단무지신근 하방을 통과하므로 이 근육의 양쪽을 미리 표시(Fig. 8)하고 절단하면서 근심쪽으로 거상을 진행하도록 한다. 발목관절부에서는 선택한 정맥과 족배동맥을 노출시키기 위하여 피판의 근심부에서 발목쪽으로 피부를 절개하고 하신근지대를 역시 미리 표시한 후에 절단

하게 된다.

족배부 근심부에서 족배동맥을 박리하여 찾은 다음 원심부로 박리해 가면서 내과동맥 및 외과동맥 그리고, 내측 및 외측족근동맥, 궁상동맥과 동반정맥을 찾아서 각각 결찰함으로써 피관을 모두 거상하면 완전히 박리되어 족배동맥에 의해서만 피관이 연결되어 있게 된다. 피관을 발등의 원래 위치로 재위치시켜서 혈액 순환이 안정되도록 최소한 10여분 이상을 피관의 색깔, 혈액순환, 진피층의 출혈 등을 관찰한 후에 족배동맥을 결찰하도록 하며, 반대로 피부에 혈액공급이 더디거나 박동이 느껴지지 않으면 관에 경련이 발생하거나 다른 미세한 혈관 손상을 받았을 가능성이 있으므로 혈관에 혈관 확장제를 도포하거나 수술현미경으로 동맥을 검사해서 수축이 되거나 손상을 받은 부위를 재차 확인 후 피관을 떼도록 해야 한다.

다른 합병증으로 건주변 조직의 손상이 있고, 피부이식된 부위 하방으로 지혈이 부적절하거나 연조직 봉합이 제 위치에서 이루어지지 않을 경우 지속적인 합병증이 생길 수 있으므로 특히 주의해야 하며, Figs. 4, 5에서 보여주는 바와 같이 족배동맥 및 제1배측중족동맥의 다양한 변이를 항상 염두에 두고 근본적으로 족배동맥피관을 이용할 수 없는 경우가 있음을 반드시 명심하는 자세가 필요하다고 사료된다.

References

- Azevedo LFL, Zenha H, Rios L, Cunha C, Costa H. Dorsalis pedis free flap in oromandibular reconstruction. *Eur J Plast Surg* 2010;33:355-9.
- O' Brien BM, Shanmugan N. Experimental transfer of composite free flaps with microvascular anastomoses. *Aust N Z J Surg* 1973;43:285-8.
- McCraw JB, Furlow LT Jr. The dorsalis pedis arterialized flap: a clinical study. *Plast Reconstr Surg* 1975;55:177-85.
- Ohmori K, Harii K. Free dorsalis pedis sensory flap to the hand, with microvascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg* 1976;58:546-54.
- Morrison WA, O' Brien BM, MacLeod AM. The foot as a donor site in reconstructive microsurgery. *World J Surg* 1979;3:43-52.
- Choi TH, Son DG, Han KH. Classification and reconstructive strategies of first web space contracture. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 2001;28:522-30.
- Son DG, Kim HJ, Kim JH, Han KH. Dorsalis pedis free flap for hand reconstruction: a technique to minimize donor deformity. *Kor J Microsurg* 2004;13:43-50.
- Alagoz MS, Orbay H, Uysal AC, Comert A, Tuccar E. Vascular anatomy of the metatarsal bones and the interosseous muscles of the foot. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009;62:1227-32.
- Kim JK, Chung IH, Lee HY, Yoon KH, Kil YC. Morphological study on the dorsalis pedis and first dorsal metatarsal arteries in Koreans. *Korean J Anat* 2001;34:65-73.
- Li FZ, Yi XG, Liu HS, Wang YX, Wang YK. The blood vessels and nerves of the dorsalis pedis flap. *Clin Anat* 1989;2:9-16.
- Strauch B, Yu HL. *Atlas of microvascular surgery: anatomy and operative approaches*. 2nd Ed. New York: Thieme; 2006. p372-87.
- Sobotta J, Putz R. *Sobotta atlas of human anatomy: trunk, viscera, lower limb*. 14th Ed. Munich: Elsevier Urban & Fischer; 2006.
- Gray H, Standring S. *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice*. 39th Ed. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone; 2005.
- Lee JH, Dauber W. Anatomic study of the dorsalis pedis-first dorsal metatarsal artery. *Ann Plast Surg* 1997;38:50-5.
- Choi SJ, Jun BH. The extensor digitorum brevis muscle island flap for soft tissue loss around the ankle and distal foot. *Kor J Microsurg* 2005;14:131-7.
- Serafin D. The extensor digitorum brevis flap. In: Serafin D, ed. *Atlas of microsurgical composite tissue transplantation*. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996: 311-20.
- Kalin PJ, Hirsch BE. The origins and function of the interosseous muscles of the foot. *J Anat* 1987;152:83-91.
- Riegger CL. Anatomy of the ankle and foot. *Phys Ther* 1988;68:1802-14.
- Taylor GI, Caddy CM, Watterson PA, Crock JG. The venous territories (venosomes) of the human body: experimental study and clinical implications. *Plast Reconstr Surg* 1990;86:185-213.
- Imanishi N, Kish K, Chang H, Nakajima H, Aiso S. Anatomical study of cutaneous venous flow of the sole. *Plast Reconstr Surg* 2007;120:1906-10.
- Robinson DW. Microsurgical transfer of the dorsalis pedis neurovascular island flap. *Br J Plast Surg* 1976;29:209-13.
- Ben-hur N. Reconstruction of the floor of the mouth by a free dorsalis pedis flap with microvascular anastomosis. *J Maxillofac Surg* 1980;8:73-7.
- Acland RD, Flynn MB. Immediate reconstruction of oral cavity and oropharyngeal defects using microvascular free flaps. *Am J Surg* 1978;136:419-23.
- Ohmori K, Sekiguchi J, Ohmori S. Total rhinoplasty with a free osteocutaneous flap. *Plast Reconstr Surg* 1979;63:387-94.
- Bell MS, Barron PT. A new method of oral reconstruction using a free composite foot flap. *Ann Plast Surg* 1980;5:281-7.
- MacLeod AM, Robinson DW. Reconstruction of defects involving the mandible and floor of mouth by free osteo-cutaneous flaps derived from the foot. *Br J Plast Surg* 1982;35:239-46.
- Rheiner P. Reconstruction of scrotum with a free flap-late results. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1983;15:261-4.
- Ismail TI. The dorsalis pedis myofascial flap. *Plast Reconstr Surg* 1990;86:573-8.
- Banis JC Jr. Thin cutaneous flap for intra oral reconstruction: the dorsalis pedis free flap revisited. *Microsurgery* 1988;9:132-40.
- Zuker RM, Manktelow RT. The dorsalis pedis free flap: technique of elevation, foot closure, and flap application. *Plast Reconstr Surg* 1986;77:93-104.
- Naasan A, Quaba AA. Reconstruction of the oral commissure by vascularized toe web transfer. *Br J Plast Surg* 1990;43:376-8.
- Koshima I, Inagawa K, Urushibara K, Moriguchi T. Combined submental flap with toe web for reconstruction of the lip with oral commissure. *Br J Plast Surg* 2000;53:616-9.
- Oser RF, Picus D, Hicks ME, Darcy MD, Hovsepian DM. Accuracy of DSA in the evaluation of patency of infrapopliteal vessels. *J Vasc Interv Radiol* 1995;6:589-94.
- Carpenter JP, Owen RS, Holland GA, Baum RA, Barker CF, Perloff LJ, et al. Magnetic resonance angiography of the aorta, iliac, and femoral arteries. *Surgery* 1994;116:17-23.
- Lee HM, Wang Y, Sostman HD, Schwartz LH, Khilnani NM, Trost DW, et al. Distal lower extremity arteries: evaluation with two-dimensional MR digital subtraction angiography. *Radiology* 1998;207:505-12.
- Lee JM, Kang SG, Byun JN, Kim YC, Choi JY, Kim DH, et al. Evaluation of the pedal artery: comparison of three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography with digital subtraction angiography. *J Korean Radiol Soc* 2002;47:21-26.
- Korean Medical Association, English-Korean, Korean-English Medical Terminology, 5th edition, 2008.