

## 미세수술을 이용한 하지의 재건시 삼차원 컴퓨터 혈관조영술의 유용성

성용덕 · 김효현

영남대학교 의과대학 성형외과학교실

### Usefulness with 3D CT Angiography in Microsurgical Reconstruction

Yong Duck Sung, M.D., Hyo Heon Kim, M.D.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, College of Medicine, Yeungnam University, Daegu, Korea

Preoperative angiography is frequently used in the planning of microsurgical reconstruction for identification of vascular abnormality that influence the planning of operation. But, recently 3D CT angiography is considered as new technique that can provide detailed information about vascular anatomy as well as soft and bony tissue without the risks of invasive angiography. 3D CT angiograms were performed in 19 patients before microsurgical reconstruction for the lower extremity and hand between May of 2003 and Oct of 2004. Sixteen of the studies were of the donor site and all of 19 studies were of the recipient site. No complications were found from the 3D CT angiograms. In one case of the bone exposed open wound, the injury of anterior tibial artery was identified and the zone of injury was adequately demonstrated. With the improvement in quality of CT imaging, 3D CT angiograms may provide a favorable alternative to invasive angiography. It is capable of providing high-resolution, three dimensional vascular imaging without the need for arterial puncture and prolonged post-procedure observation. The relation among blood vessels, bones, and soft tissue is well demonstrated in 3D CT angiogram. Also The acquisition time and examination cost were considerably lower in comparison with invasive angiography. In conclusion, this study demonstrates that 3D CT angiography may provide accurate, safe, and cost-effective preoperative

imaging. The 3D CT angiography with relatively low morbidity, low cost, ease of image acquisition can have an broader role in microsurgical reconstructive surgery

**Key Words:** Microsurgical reconstruction, 3D CT, Angiography

### 1. 서 론

혈관의 개통 유무를 확인할 수 있는 방법으로는 일반적으로 도플러(doppler) 측정기, 초음파 검사, 혈관조영술 등이 있다. 미세수술적 재건술을 계획하는데 있어서 수술 계획에 영향을 줄 수 있는 혈관 이상을 확인하기 위해 기존에는 주로 술전 혈관조영술이 사용되어 왔다. 혈관조영술은 그 진단에 있어서 정확한 시술이기는 하나 침습적인 방법으로 술후 출혈이나 혈종 등의 합병증이 있으며 시술 후 시술부위의 압박이 필요하며 장시간 침상 안정이라는 편이상의 문제가 있는 방법일 수 있다.<sup>1,2</sup>

최근 컴퓨터단층촬영 기술의 발전과 촬영된 영상을 삼차원적으로 재구성해주는 프로그램의 발달로 침습적 혈관조영술을 대체 할 수 있는 정확성, 안정성, 비용 절감의 측면에서 유리한 방법이 나타났다. 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술(3D CT angiography)은 기존의 혈관조영술과 비교하여 재건된 영상의 질적 면에서 차이가 나지 않다는 보고가 있으며,<sup>3</sup> 이미 폐색전증(pulmonary thromboembolism)의 진단뿐만 아니라 흉부와 복부의 질환을 평가하는데 폭 넓게 이용되고 있다.<sup>4</sup> 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술은 침습적 혈관조영술의 합병증 없이, 혈관 상태뿐만 아니라 연부조직이나 골 조직에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있는 새로운 검사 방법으로 여겨진다. 삼차원 영상의 재구성은 특히 혈관과 골조직, 그리고 연부조직의 해부학적 관계를 잘 보여줄 수 있어 수술 계획을 수립하는데 많은 영향을 미칠 수 있다.

본 교실에서는 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술을 미세 혈관 수술적 재건을 하는데 있어 술전 검사로 시행함으로써 공여부와 수혜부의 혈관 상태 및 연부조직이나 골 조직에 대한 정보를 얻고자 하였고, 이를 이용하여 계속 가능한 혈관의 직경을 파악해 보고자 하였다. 이에 저자들은 이러한 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술을 미세수술적

Received November 9, 2005

Revised December 28, 2005

**Address Correspondence :** Hyo Heon Kim, M.D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, College of Medicine, Yeungnam University Hospital, 317-1 Daemyung 5-dong, Namgu, Daegu 705-717, Korea. Tel: (053) 620-3484 / Fax: (053) 626-0705 / E-mail: khhps@yumail.ac.kr

\* 본 논문은 2004년 대한성형외과학회 제 55차 추계 학술대회에서 구연 발표되었음.

\* 본 논문은 2004년 제 23차 미세수술학회에서 구연 발표되었음.

재건을 시행하기에 앞서 술전 검사로 시행하여 그 결과를 분석하여 미세수술분야에 적용하는데 있어서의 그 임상적 의의와 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

2003년 3월부터 2004년 10월까지 하지의 골개방성 개방창과 화상으로 인한 골 개방성 창상으로 미세수술적 재건술을 시행 전 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술을 시행한 19명의 환자를 대상으로 하였다. 환자는 남자가 17명, 여자가 2명이었다. 환자들은 혈액응고 장애가 있어 침습적 혈관조영술을 시행하기 어려운 환자, 나이가 15세 이하로 마취를 하지 않고는 침습적 혈관조영술을 시행하기 어려운 환자, 심각한 당뇨족(diabetic foot)으로 혈관조영술 시술 부위의 상처 지속 및 합병증 발생이 의심되는 환자, 수술이 급하여 침습적 혈관조영술의 시행이 어려운 환자, 사고로 인한 창상이나 전신 상태의 저하로 대퇴동맥의 천공이 어려운 환자가 시술의 대상이 되었다. 검사 시행 전 혈

관 도플러 검사를 통한 이학적 검사가 시행되었고, 정상 크레아티닌(S-creatinie) 수치와 정맥 조영제에 대한 알러지의 과거력이 없음을 확인하였다. 시술 부위를 컴퓨터단층촬영(Philips MX 8000 IDT<sup>R</sup> computed tomographic scanner)으로 영상을 촬영한 후 필립스(Philips)사의 3차원 영상 프로그램(Philips workstation)을 이용하여 3차원 적으로 재구성하였다. 각각의 환자들에게서 시행한 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술의 영상을 확인하여 수혜부와 공여부의 혈관 상태를 확인하였다. 또한 공여부를 촬영한 비복 동맥을 삼차원 영상으로 재건한 후 비복 동맥 기시부에서 10 cm 거리에 있는 혈관의 직경을 측정하여 평균값을 구한 후 그 결과를 비교 분석하였다.

## III. 결 과

상·하지 재건을 위한 미세수술 재건술을 시행하기 전 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술이 19명의 환자에게서 시행되었다(Table I). 모든 환자들에게서 공여부의 정상적

Table I. Diagnostic Data for Three-dimensional Computed Tomographic Angiography

No.	Sex/age	Etiology	Wound site	Donor vessel
1	M/46	TA*	Rt. lower limb	Lt. medial sural artery
2	M/60	TA	Rt. knee	Rt. medial sural artery
3	M/17	TA	Lt. heel	Rt. medial sural artery
4	M/69	TA	Rt. foot	Lt. medial sural artery
5	F/47	TA	Lt. knee	Lt. medial sural artery
6	M/43	TA	Lt. lower limbs	Rt. medial sural artery
7	M/31	TA	Rt. ankle	Lt. medial sural artery
8	M/9	TA	Lt. lower limb	Lt. medial sural artery
9	M/58	TA	Lt. foot	Rt. medial sural artery
10	M/59	TA	Lt. knee	Lt. medial sural artery
11	M/10	TA	Rt. lower limb	Lt. medial sural artery
12	M/45	Burn	Face	Rt. medial sural artery
13	M/41	Burn	Lt. hand	Lt. medial sural artery
14	F/24	Burn	Rt. hand	Lt. medial sural artery
15	M/61	Osteomyelitis	Rt. lower limb	Lt. medial sural artery
16	M/67	DM foot	Rt. ankle	Lt. medial sural artery
17	M/70	DM foot	Rt. foot	Lt. medial sural artery
18	M/48	DM foot	Lt. foot	Rt. medial sural artery
19	M/50	Unknown	Rt. ankle	Lt. medial sural artery

\* TA: traffic accident

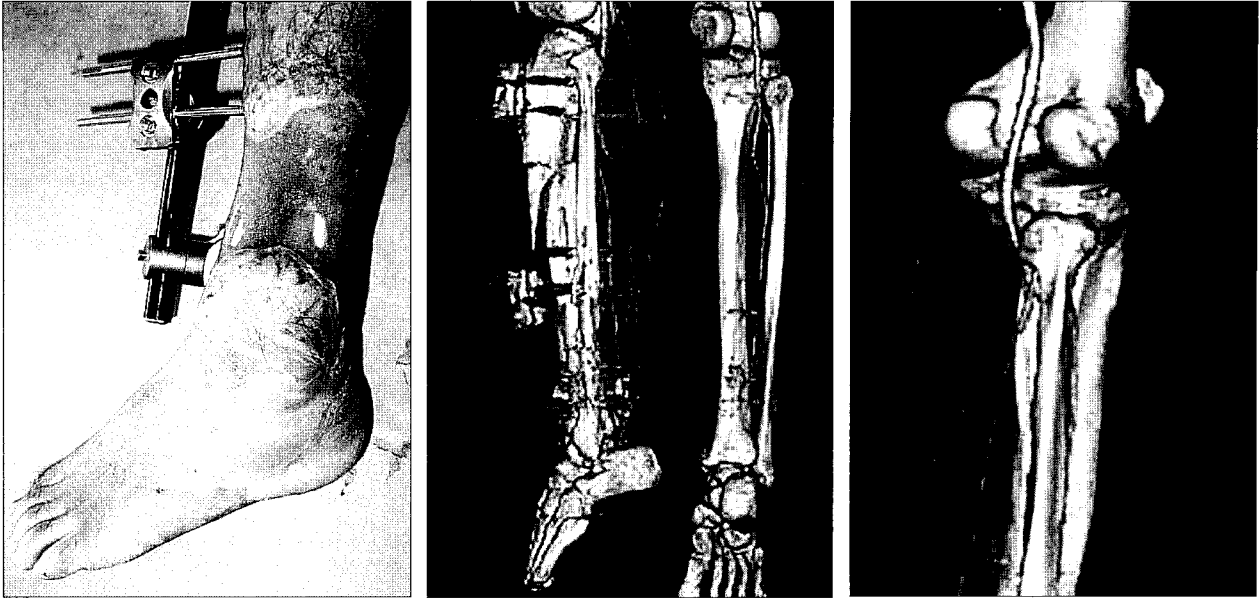


Fig. 1. (Left) 15 × 12 cm size, bone exposed open wound on Lt. lower leg. (Center) Identification between blood vessels and bony structure. Injury of anterior tibial artery was identified. (Right) The medial sural artery of donor vessel was well identified.

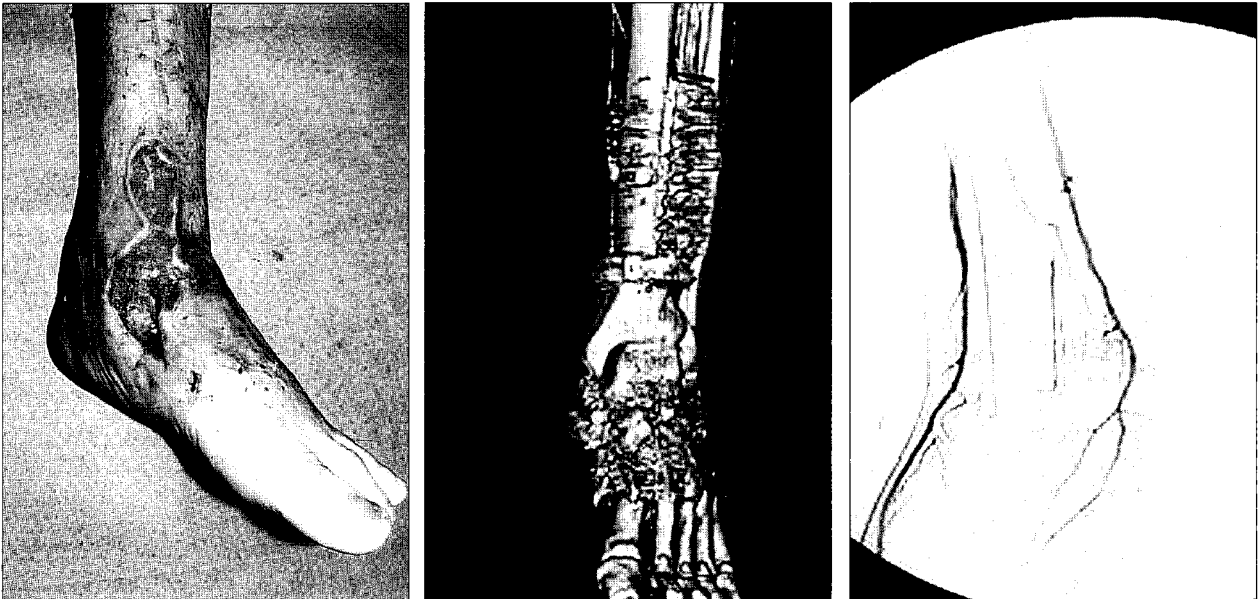
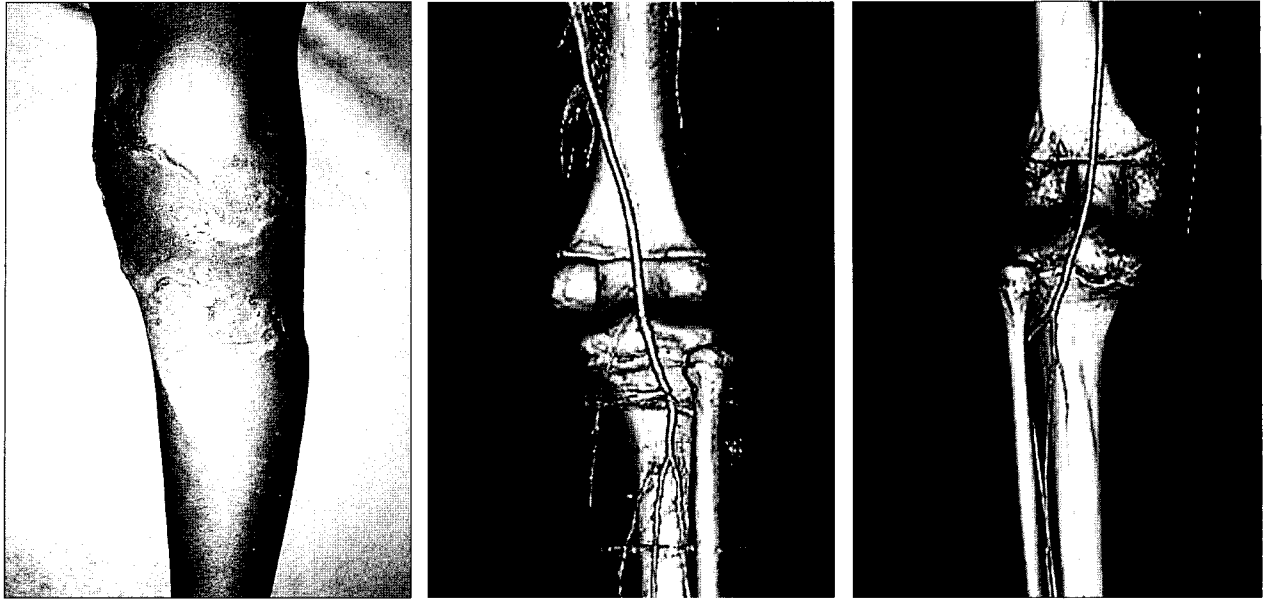


Fig. 2. (Left) 5 × 10 cm size, bone exposed open wound on Lt. lower leg. (Center) Anterior tibial artery's flow was not distinct. (Right) Cut off sign was seen on anterior tibial artery at conventional angiography.

혈관 분포와 연부조직의 상태를 확인할 수 있었다. 모든 환자들 중 3명의 환자에게서 하지 주요혈관의 이상을 발견할 수 있었다. 좌측 하지의 골개방성 개방창을 가진 환자에게서 전 경골동맥의 손상을 확인할 수 있었으며 연부조직과 관련하여 혈관이 절단된 부위를 계속할 수 있었다(Fig. 1). 좌측 하지에 골 고정을 위해 외부 고정기(external fixator)

를 장착한 환자의 경우, 삼차원 컴퓨터단층 혈관조영술의 영상에서 혈관손상이 강력히 의심되었고 도플러 측정기(doppler)검사에서도 혈류의 이상이 의심되어 전통적 혈관조영술을 시행하였다. 그 결과 전 경골동맥의 손상을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 한 명의 환자에 있어 술전 실시한 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술 검사에서 우연히 후경



**Fig. 3.** (Left) 10 × 20 cm size, bone exposed open wound on Lt. lower leg. (Center) Well detectable state of the medial sural artery as donor vessel. (Right) Congenital anomaly was seen on posterior tibial artery.

골동맥의 선천성 기형을 확인할 수 있었다(Fig. 3).

19명의 환자들에게서 삼차원 영상으로 재건한 공여부의 혈관 중 특히 내측 비복동맥의 혈관 직경을 측정하여 그 평균을 구해 본 결과 평균 1.13 mm로 측정할 수가 있었다(Table II). 모든 환자들에게서 시술 검사로 인한 혈종이나 감염 등의 다른 합병증은 관찰되지 않았다.

#### 증례 1

31세 남자 환자로 교통사고로 인해 하지부 분쇄 골절 및 12 × 15 cm의 굴곡이 심한 불규칙적인 결손을 동반한 환자로서 술전 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술을 시행하여 전 경골동맥의 손상을 확인할 수 있었고 손상부위 또한 계측할 수 있었다. 지속되는 골수염으로 이후 내측 비복동맥 천공지 유리피판술을 시행하여 만족할만한 결과를 얻었다(Fig. 1).

#### 증례 2

43세 남자 환자로 교통사고로 인한 좌측 하지부 분쇄 골절 및 5 × 10 cm의 골개방성 개방창을 동반한 환자이다. 수혜부의 전경골동맥 손상이 의심되어 전통적 혈관조영술을 추가로 시행한 환자로 이후 내측 비복동맥 천공지 유리피판술을 시행하였다. 술후 2개월 쯤 보행을 시작하였으며 5개월의 추적조사에서 재발없이 만족할만한 결과를 얻었다(Fig. 2).

#### 증례 3

9세 남자 환자로 교통사고로 인한 좌측 하지부 20 × 10 cm의 골개방성 개방창을 동반한 환자로서 이후 내측 비복동맥 천공지 유리피판술과 피부이식술을 시행한 환자이다. 삼차원 컴

퓨터단층촬영 혈관조영술을 통해 공여부의 정상적 혈관 상태를 확인할 수 있었으며 좌측 하지의 후경골동맥의 선천성 기형을 발견할 수 있었다(Fig. 3).

## IV. 고 찰

전통적인 혈관조영술은 방사선(X-ray)을 이용한 혈관 검사이며 방사선과 전문의가 체외에서 카테터(catheter)라는 2 mm 내외의 가는 관을 환자의 혈관으로 넣고 조영제를 주사하여 X-ray 상에서 혈관을 볼 수 있게 하는 검사이다. 이때 방사선 영상에서 혈관의 이상 여부를 판단하여 병명이나 병소의 위치, 병의 진행정도를 확인할 수 있다. 혈관조영술 검사를 하는 가장 흔한 이유는 혈관의 폐쇄이며 혈관의 이상 유무를 확인하고 그 자체를 치료에 이용하기도 하며 수술 전 검사로 수술의 방법과 수술 부위를 결정하는데 도움을 준다. 하지만 검사를 위해서 금식이 필요하며 혈관조영제에 과민반응이 있는 사람은 미리 주의를 하여야 한다. 조영제를 주사하여 혈관의 방사선 영상을 찍게 되는데, 검사는 보통 1시간여 동안 지속이 되고 검사 후 시술부위를 최소 30분정도 압박을 해야 되며 시술 후 24시간 동안 누워서 안정을 취하는 것을 필요로 한다. 합병증 발생률은 3-5% 정도로 보고되고 있으며,<sup>5</sup> 통증과 출혈, 혈종, 조영제에 대한 과민반응, 가성동맥류, 신부전 등을 그 예로 들 수 있다.<sup>16</sup> 1978년 Sigstedt와 Lunderquist에 의해 발표된 논문에 의하면 혈관조영술을 시행한 환자의 0.14%에서 카테터 삽입 부위의 심각한 합병증을 나타내었

**Table II.** Mean Caliber of the Medial Sural Artery by 3D CT Angiography

Trial No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD
1	1.2	1.3	1.1	1.0	1.3	1.1	0.9	1.0	1.3	1.1	1.13	± 0.14
2	1.1	1.0	1.3	1.1	0.9	1.0	1.2	1.1	1.4	1.0	1.11	± 0.15
3	1.2	1.1	0.9	1.4	1.1	1.3	1.0	1.2	0.8	0.9	1.09	± 0.19
4	1.1	1.2	1.0	1.1	1.0	0.9	0.8	1.3	1.0	1.3	1.07	± 0.16
5	1.2	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	1.2	0.9	1.1	1.0	1.11	± 0.12
6	0.9	1.3	1.1	1.0	1.2	1.4	1.1	0.9	0.9	1.1	1.09	± 0.17
7	1.3	1.2	1.3	1.4	1.1	1.3	1.4	0.8	1.2	1.1	1.21	± 0.18
8	1.0	0.9	1.2	1.2	0.9	1.2	1.9	1.4	1.0	1.2	1.19	± 0.29
9	1.1	1.2	1.1	1.0	0.9	1.1	1.0	1.0	1.2	1.1	1.07	± 0.09
10	1.3	1.2	1.4	1.2	0.9	0.8	1.1	1.3	1.1	1.0	1.13	± 0.19
11	1.0	1.1	1.2	1.1	1.3	0.8	0.9	1.3	1.4	0.8	1.09	± 0.21
12	1.2	1.1	1.0	1.1	1.0	1.3	1.2	1.1	0.8	0.9	1.07	± 0.15
13	1.2	1.0	1.2	1.3	1.1	1.0	1.4	1.2	1.3	1.2	1.19	± 0.12
14	1.3	1.2	1.1	1.4	1.0	0.9	0.9	1.4	1.3	1.1	1.16	± 0.19
15	1.1	1.0	1.1	0.9	1.2	1.0	0.9	1.4	1.2	1.2	1.1	± 0.15
16	1.2	1.2	1.0	0.8	1.1	1.0	1.3	1.2	1.3	1.1	1.12	± 0.15
17	1.2	1.0	1.4	1.3	1.2	0.8	0.9	1.5	1.2	1.2	1.17	± 0.21
18	1.5	1.2	0.9	0.8	1.5	1.0	1.4	1.7	1.4	1.2	1.26	± 0.29
19	1.0	1.2	1.1	1.3	1.7	1.2	1.5	1.3	1.1	1.1	1.26	± 0.21
											1.14	± 0.18

고, 0.74%의 환자에서 혈전증의 합병증이 있었다고 한다. 또한 대뇌 혈관조영술에 있어서 7.3%의 비신경학적 합병증이 있었다고 보고 된 바 있다.<sup>1</sup> 1994년 Young 등에 의해 발표된 논문에 의하면 유리 비골피판술을 시행함에 있어서 모든 환자에서 술전 혈관조영술이 일반적으로 필요하지는 않다고 보고되었다. 이 논문에서는 침습적 혈관 조영술은 도플러 검사나 촉진(palpation)에서 족배 동맥(dorsalis pedis artery)이나 후경골 동맥(posterior tibial artery)이 확인되지 않을 때에 한해서 필요하다고 저술된 바 있다.<sup>5,7,8</sup> 또한 최근 색 도플러 스캔(color doppler scan)이 천공지(perforator) 혈관의 발견이나 정상적인 혈류의 흐름을 확인하는데 많이 이용되고 있으나 삼차원적 영상의 재구성이 가능한 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술과는 달리 연부조직과의 상관관계를 파악하기는 어렵다.

Jones 등은 술전 혈관조영술 없이 유리 비골피판술을 650예에서 성공적으로 시행하였다고 보고한 바 있다. 그러나 다른 이들은 하지의 이학적 검사에서 맥박(pulse)의 이

상이 발견된 환자에서 술전 혈관조영술이 유익하였다고 보고하고 있으며,<sup>9</sup> Young 등은 유리피판술을 시행하기 전 혈관조영술에서 25%의 환자에서 비정상적인 혈관 상태를 확인할 수 있었다고 보고하였다.<sup>5</sup>

최근 이러한 침습적 혈관조영술을 대체할 수 있는 정확하고 안전하며, 비용절감이라는 측면에서 유리한 방법의 필요성이 대두되고 있으며, 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관 조영술은 침습적 혈관조영술의 합병증 없이 연부조직이나 골조직에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있는 새로운 검사 방법으로 여겨진다. 본 연구에서는 이를 혈액 응고 장애가 있는 환자, 15세 미만의 소아로 마취 없이 전통적 혈관조영술을 시행하기 힘든 환자, 심각한 당뇨증으로 혈관조영술 시술 부위의 상처 지속 및 합병증 발생이 의심되는 환자, 수술이 급하여 침습적 혈관조영술의 시행이 어려운 환자, 사고로 인한 창상이나 전신 상태의 저하로 대퇴동맥의 천공이 어려운 환자를 대상으로 하였다. 특히 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술은 침습적 혈관조영술을 시행하기

어려운 소아 환자에게서 유용하게 이용될 수 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서 환자의 술전 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술에서 연부조직의 손상과 혈관의 손상 부위를 재건된 영상을 통해 정확히 확인 후 수술을 시행하여 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 침습적 혈관조영술이 입원 환자를 대상으로 하며 수술 후 장시간의 관찰이 필요한데 비해 이 검사는 기본적으로 외래 환자를 대상으로 시행할 수 있는 검사방법이기도 하다. 수술 비용에 대한 조사에 의하면 3차 의료기관에서의 경우 침습적 혈관조영술은 약 30만원 정도의 비용이 소요되며, 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술은 약 15만원 정도로 그 비용이 침습적 혈관조영술의 반으로 나타났다.

삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술의 단점으로는 삼차원 재건 영상의 프로그램(soft ware)과 이차원의 영상을 삼차원 영상으로 재건 기술에 따라 재건된 영상의 질적 차이를 나타낼 수 있으며 환자의 체내에 이물질이 있을 때 그 화질의 선명도가 다소 떨어질 수 있다는 점이다. 본 연구에서 외부 고정기를 장착한 한 환자의 경우에서 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술의 영상이 선명하지 않아 전경골동맥의 손상을 확진할 수 없었으며 도플러 측정기 검사에서도 혈류의 흐름을 확인할 수 없어서 전통적 혈관조영술을 시행하였다. 그 결과 전경골동맥의 혈류 흐름이 없음을 확인할 수 있었다.

평균적으로 천공지 혈관의 직경은 1 mm 내로 보고되고 있다. Heitmann 등의 연구에서 비골동맥 천공지의 직경은 평균 0.6 mm로 측정되었으며, Alexandre 등의 연구에 의하면 심하상복부천공지(deep inferior epigastric perforator)와 상둔부동맥천공지(superior gluteal artery perforator)에서 각각  $0.59 \pm 0.17$  mm와  $1.29 \pm 0.38$  mm로 보고된 바 있다.<sup>10</sup> 본 연구에서 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술로 확인할 수 있는 내측 비복동맥의 직경이 약 1 mm 까지였다. 이 방법으로는 원천동맥(source artery)까지의 혈관까지 측정이 가능하였으며 전통적 혈관조영술이 더 작은 직경의 천공지(perforator) 혈관까지 관찰할 수 있어 삼차원 컴퓨터단층촬영과 영상 재건에 있어 기술적 발전이 더욱 필요하리라 사료된다.

## V. 결 론

유리피관재건술에서 술전 혈관조영술의 중요성은 잘 알

려져 있다. 하지만 이러한 전통적인 방법으로 침습적 혈관조영술은 그 합병증이 많이 보고되고 있는 실정이다. 이러한 이유로 최근 정확성, 안정성, 비용절감에서 유리한 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술의 사용이 부각되고 있다. 이는 동맥 천공의 위험성이나 수술 후 주의 깊은 관찰의 필요가 없으며 연부조직과 골조직, 그리고 혈관 영상을 3차원적으로 관찰하는데 좋은 결과를 보였다.

또한 침습적 혈관조영술을 시행하기 어려운 소아 환자에게서 유용하게 이용할 수 있는 방법이기도 하다. 삼차원 컴퓨터단층촬영 혈관조영술은 미세수술적 재건술을 시행하는데 있어 기존의 혈관조영술을 대체할 수 있는 중요한 역할을 하게 될 것이다.

## REFERENCES

1. Sigstedt B, Lunderquist A: Complications of angiographic examinations. *Am J Roentgenol* 130: 455, 1978
2. Disa JJ, Cordeiro PG: The current role of preoperative arteriography in free fibula flaps. *Plast Reconstr Surg* 102: 1083, 1998
3. Nagler RM, Braun J, Daitzman M, Laufer D: Spiral CT angiography: an alternative vascular evaluation technique for head and neck microvascular reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 100: 1697, 1997
4. Klein MB, Karanas YL, Chow LC, Rubin GD, Chang J: Early experience with computed tomographic angiography in microsurgical reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 112: 498, 2003
5. Young DM, Trabulsky PP, Anthony JP: The need for preoperative leg angiography in fibula free flaps. *J Reconstr Microsurg* 10: 283, 1994
6. Sakamoto I, Hayashi K, Matsunaga N, Matsuoka Y, Uetani M, Fukuda T, Fujisawa H: Aortic dissection caused by angiographic procedures. *Radiology* 191: 467, 1994
7. Isenberg JS, Sherman R: The limited value of preoperative angiography in microsurgical reconstruction of the lower limb. *J Reconstr Microsurg* 12: 303, 1996
8. Lutz BS, Wei FC, Ng SH, Chen IH, Chen IH: Routine donor leg angiography before vascularized free fibula transplantation is not necessary: a prospective study in 120 clinical cases. *Plast Reconstr Surg* 103: 121, 1999
9. Jones NF: The need for preoperative leg angiography in fibula free flaps(Discussion). *J Reconstr Microsurg* 10: 287, 1994
10. Heitmann C, Khan FN, Levin LS: Vasculature of the peroneal artery: an anatomic study focused on the perforator vessels. *J Reconstr Microsurg* 19: 157, 2003