

급성 수부 손상에서 간과된 혈관성 손상을 가진 수부의 운명

울산 동강병원 성형외과*, 대구 강남병원「우상현」수부외과 및 미세재건수술센터

김태범* · 이용직 · 이영근 · 우상현

— Abstract —

The Fate of Neglected Vascular Injury of the Hand in Acute Hand Injuries

Tae-Bum Kim, M.D.* , Yong-Jig Lee, M.D., Young-Keun Lee, M.D., Sang-Hyun Woo, M.D., Ph.D.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery*, Dong Kang General Hospital, Ulsan, and Woo's Institute of Hand Surgery and Reconstructive Microsurgery, Gangnam Hospital, Daegu, Korea

In acute hand injury, there are sometimes hattered neglected or overlooked vascular injury by primary operators. The authors evaluated the final results and prognosis after secondary revascularization. In eight cases, the authors performed secondary revascularization after prolonged warm ischemia. Five fingers in five cases among them were successfully survived and three cases finally necrosed. The mean warm ischemic time was 56.1 hours. In revascularization procedures, end-to-end artery anastomosis was possible in six cases. In two cases, vein graft was needed to anastomose digital artery, which resulted in complete survival of the fingers. In all three cases, revision amputation of the fingers was done. In acute complex hand injury, the importance of evaluation of the vascular injury can not be overemphasized. The necessity of the early secondary revascularization as well as serious consequence caused by misdiagnosis of vascular injury should be aware.

Key Words: Neglected vascular injury, Acute hand injury, Delayed revascularization

*통신지자: 우상현

대구 광역시 동구 방촌동 919-5

대구강남병원「우상현」수부외과 및 미세재건수술센터

Tel: 82-53-980-9033, Fax: 82-53-980-9043, E-mail: handwoo@hotmail.com

* 본 논문의 일부 내용은 제24차 대한미세수술학회 학술대회(2005년 10월 28일, 서울대학교병원)에서 발표되었음.

I. 서 론

수부 손상은 전체 외상의 15~20% 정도가 될 만큼 빈번한 손상으로 응급실을 내원하게 되는 가장 흔한 원인 중의 하나이다. 과거에 비해 산업공정이 자동화되고, 안전 제어장치도 많이 발달되었으나 여전히 산업 재해환자는 줄지 않고 있다. 또한 여성이 나 어린이, 노인들 또한 생활의 편의를 돋기 위한 각종 기구나 작업을 위한 도구, 혹은 취미 생활을 위한 기계 조작으로 인한 수부 손상의 위험은 항상 존재하고 있다. 다행히도 과거에 비해 심각한 완전 절단 손상이나 심한 좌멸 손상은 줄어드는 경향을 보이고 있다. 그러나 완전 절단 손상에 비해 진단과 치료에 있어서 의료진의 주의와 더 정확한 판단을 요하는 압제 손상을 동반한 불완전 절단 손상은 응급 실에서 자주 볼 수 있다.

수부 손상 시 의료진은 환자나 주위 사람들로부터 병력 청취 시 정확한 손상 기전과 손상의 원인이 되는 기계나 기구의 형태와 파괴력에 대한 충분한 정보를 얻어야 한다. 또한 혈류의 상태, 뼈와 관절의 구조적 안정성, 근육과 인대의 운동평가, 감각 상태, 창상의 오염 상태 등을 면밀히 관찰하여야 한다.¹⁻³ 이중에서도 혈류 상태의 평가가 가장 중요한데, 압제 손상을 동반한 불완전 절단 손상의 경우, 수상 시 외력에 의한 울혈이 피부색을 변화시키기 때문에 모세혈관 재충혈(capillary refilling) 검사 시 혈류의 상태를 판정하는데 어려움을 줄 수 있다. 게다가 피부를 포함한 연부 조직이 붙어 있는 경우에는 심각한 혈류 부전(vascular insufficiency)을

보다 양호한 상태로 착각하게 만든다.

이에 저자들은 급성 수부 손상 시 의료진에 의해 무시되거나 간과된 혈관성 손상을 가진 수부와 수지를 대상으로 이차적인 치료를 시행한 이후, 이를 수부와 수지의 예후를 알아보고자 한다. 이를 통하여 급성 수부 손상에서 정확한 혈류 상태에 대한 판단의 중요성을 다시 한번 살펴 보고, 의료진에 의해 간과된 판단에 의한 치료 과오가 얼마나 심각한 장애를 초래할 수 있는지 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

가. 대상

2003년 12월부터 2007년 2월까지 의원, 병원, 대학 병원 등에서 응급 수부 손상으로 일차 수술을 시행 받고 경과 관찰 중 피부 색깔 변화나 수지 첨부의 괴사 소견이 있어 교신 저자에게 전원 되어온 8명의 환자를 대상으로 하였다(Table 1). 수술 기록과 문진을 통하여 대상 환자들은 모두 혈류 장애가 있었으며, 일차 수술 시 혈류 회복을 위한 어떠한 혈관 수술도 시행 받지 않았음을 알 수 있었다. 이들 중 환자가 원해서 전원 한 경우가 6예였으며, 나머지 2예는 일차 집도의의 판단으로 전원 되었다.

일차 수술을 시행한 기관은 개인 의원 1곳, 병원 5곳, 대학병원이 2곳이었다. 과별로는 정형외과 전문의가 수술을 시행한 경우가 6예, 나머지는 2예는 성형외과 전문의가 수술을 시행하였다.

Table 1. Demography of the Patients

Case	Sex/Age	Injury Site	Mechanism of Injury	Vector	Problem
1	F/46	Lt. hand	Crushing	Convey belt	LSF, discoloration
2	M/30	RSF	Open dislocation	Motor pump	Discoloration
3	M/26	LLF	Crushing	Forklift	Discoloration
4	F/37	Rt. hand	Saw injury	Electrical saw	RLF, fingertip necrosis & discoloration
5	M/6	Rt. thumb	Traffic accident	Crushing	Discoloration
6	M/23	Lt. hand	Avulsion flap	Convey belt	LIF/LLF discoloration
7	F/50	Rt. hand	Crushing	Roller	RT/RRF/RSF
8	M/5	Lt. thumb	Crushing	Cultivator	Discoloration

환자 중 남자는 5명, 여자는 3명이었으며, 평균 나이는 28.3세(5~53세)였다. 술 후 평균 추시 기간은 14개월(6~38개월)이었다. 타 병원에서 미세 수술을 시행 받은 후 혈류 부전을 보여 전원 되어 재수술을 시행한 경우는 본 논문에서 제외하였다.

나. 방법

총 8예를 대상으로 병록지, 임상 사진, 추시 때의 진찰 결과를 근거하여 내원 당시의 상태, 이차 수술의 재혈관화 할 때까지의 시간, 수술 중 소견, 이차 수술 술기 및 최종 결과 등에 대해 조사하였다.

III. 결 과

총 8예에서 이차 수술을 시행한 결과 5예에서는

부분 괴사 없이 완전한 수지의 생존을 얻을 수 있었다(Table 2). 그러나 3예에서는 수지의 완전 괴사가 발생하였고, 그 중 1예에서 한 수지는 부분 생존하였다.

수부 손상 후 재혈관화가 이루어질 때까지의 시간은 평균 56.1시간으로 수상 후 25시간부터 72시간 까지였다.

수술 소견상 모든 환자들에서 혈관은 봉합되어 있지 않았으며, 1예에서는 혈관과 신경을 실크 봉합사로 표시만 해놓은 상태였다. 증례 3을 제외한 7예에서는 개방성 정복술 및 내고정술, 건 봉합술이 되어 있었다. 증례 3은 근위지관절의 탈구와 함께 심부 열상으로 혈관과 신경이 파열되었으나 정복술 후 피부 봉합만 되어 있었다.

이차 수술 시 8예에서 모두 미세혈관 수술을 시행하였는데 재혈관화를 위해 6예에서는 파열된 혈관의

Table 2. Operation and Final Results of the Patients

Case	*Ischemic time	Operative findings	Secondary Procedures	Final Results
Case 1	72 hrs	ORIF of other fingers LSF, both digital artery /nerve ruptured PIP joint dislocation & FDP tendon rupture	RDA, both digital nerves & FDP tendon repair/ORIF	Complete survival
Case 2	25 hrs	ORIF, only RSF, both digital artery/nerve ruptured	Both digital artery & nerve repair	Complete survival
Case 3	49 hrs	Skin repaired, only Both digital artery ruptured	Both digital artery repair	Complete survival
Case 4	51 hrs	ORIF & tendon repaired Both digital artery thrombosed Both digital nerve ruptured	Digital artery repair Revision amputation	Complete necrosis
Case 5	68 hrs	ORIF & tendon repaired Both digital artery ruptured	FPL re-repair UDA repair with vein graft	Complete survival
Case 6	55 hrs	ORIF & tendon repaired 2 nd common digital artery/nerve ruptured	re-ORIF & tendon re-repair Artery & nerve repair	LIF, complete necrosis LLF, partial necrosis
Case 7	78 hrs	ORIF, tendon repaired, skin grafted 2 nd /3 rd common digital artery/nerve ruptured	Common digital artery repair Revision amputation	RT/RRF/RSF complete necrosis
Case 8	53 hrs	ORIF & FPL repaired Skin graft	UDA repair with vein graft	Complete survival

* Ischemic time: warm ischemic time between vascular injury and revascularization

근위부와 원위부로 박리를 더 한 후 단단 봉합(end-to-end anastomosis)이 가능하였다. 나머지 2예에서는 손목 수장부에서 정맥 이식을 시행하였고 이들 모두 수지의 완전 생존을 얻을 수 있었다. 이외에도 2예에서 수지신경 봉합과 건 봉합을, 1예에서는 골절 정복술과 내고정술을 새로 시행하였다. 혈관 수술 후에도 괴사가 발생한 3예에서는 수지의 재절단술, 그리고 추가적으로 피부 이식술도 2예에서 시행하였다.

증례 1 (case 1)

46세 여자환자로 작업장에서 컨베이 벨트에 좌측 손이 끼이는 압박 손상을 입었다. 타 병원에서 수부의 다발성 중수풀 및 수지풀 골절, 신전건 및 굴곡 건의 파열로 개방성 정복술 및 내고정술, 건 봉합술을 시행 받았다. 수술 후 제 5 수지의 피부 색깔 변화로 환자가 원해 전원 되어왔다(Fig. 1). 이차 수술 시 근위지 관절은 탈구되어 있었으며, 양측 수지동맥과 수지신경이 봉합사로 묶여 있었고, 심수지

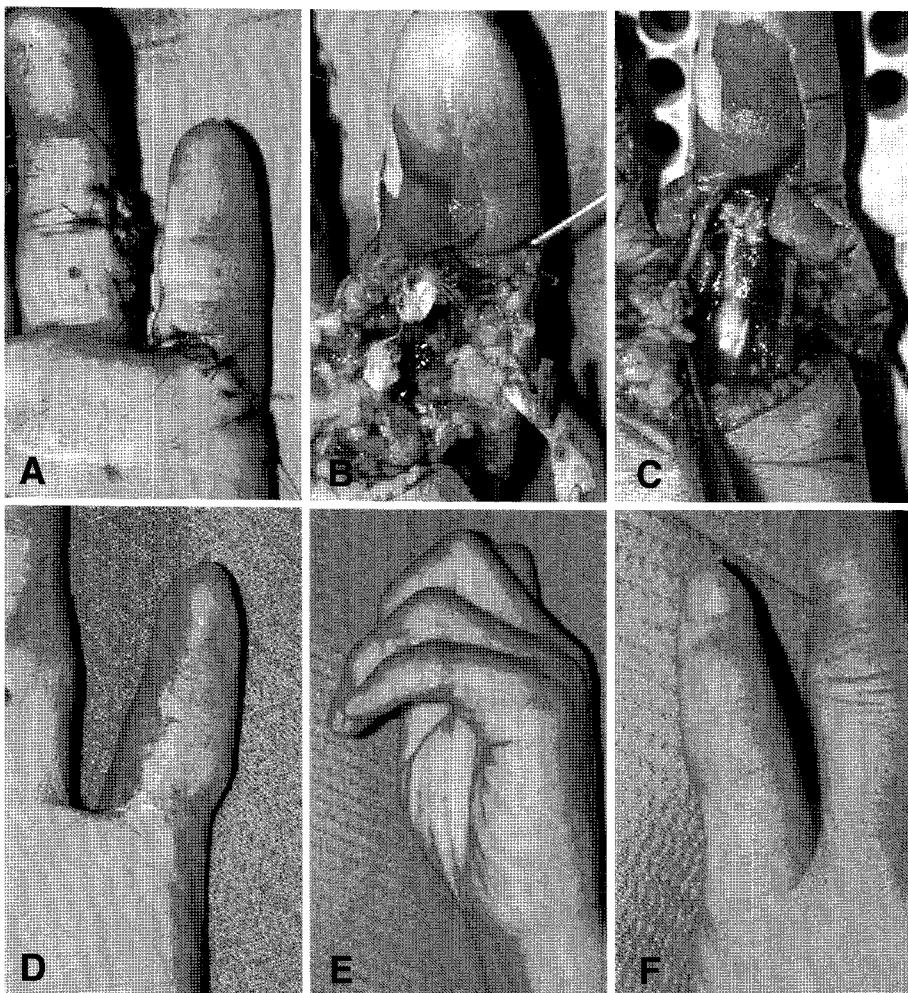


Fig. 1. (A) Preoperative view of purple discoloration of the left small finger after open reduction and internal fixation. (B) Intraoperative view shows ruptured flexor tendon with suture materials and ruptured both neurovascular bundles with tagged. (C) After flexor tendon repair, both digital arteries and nerves were repaired. (D, E & F) Postoperative fourteen months later, range of motion was limited with scar contracture of the volar aspect. But there is no atrophy of the tissues.

굴곡관은 봉합되어 있었으나 거의 파열되어 있었다. 수술은 변형된 Becker 방법으로 굴곡관 봉합술을 시행하고, 수지 신경과 함께 요측 수지동맥을 단단 문합하였다. 허혈 시간은 상온에서 72 시간 이었다.

술 후 완전 생존하였고, 추시 14개월에 제 5수지의 총 능동 운동범위는 150도였다. 수지 수장부의 반흔 구축과 함께 심수지 굴곡관의 유착으로 원위지 관절의 운동이 감소되어 있었다. 수지의 한랭 불내성

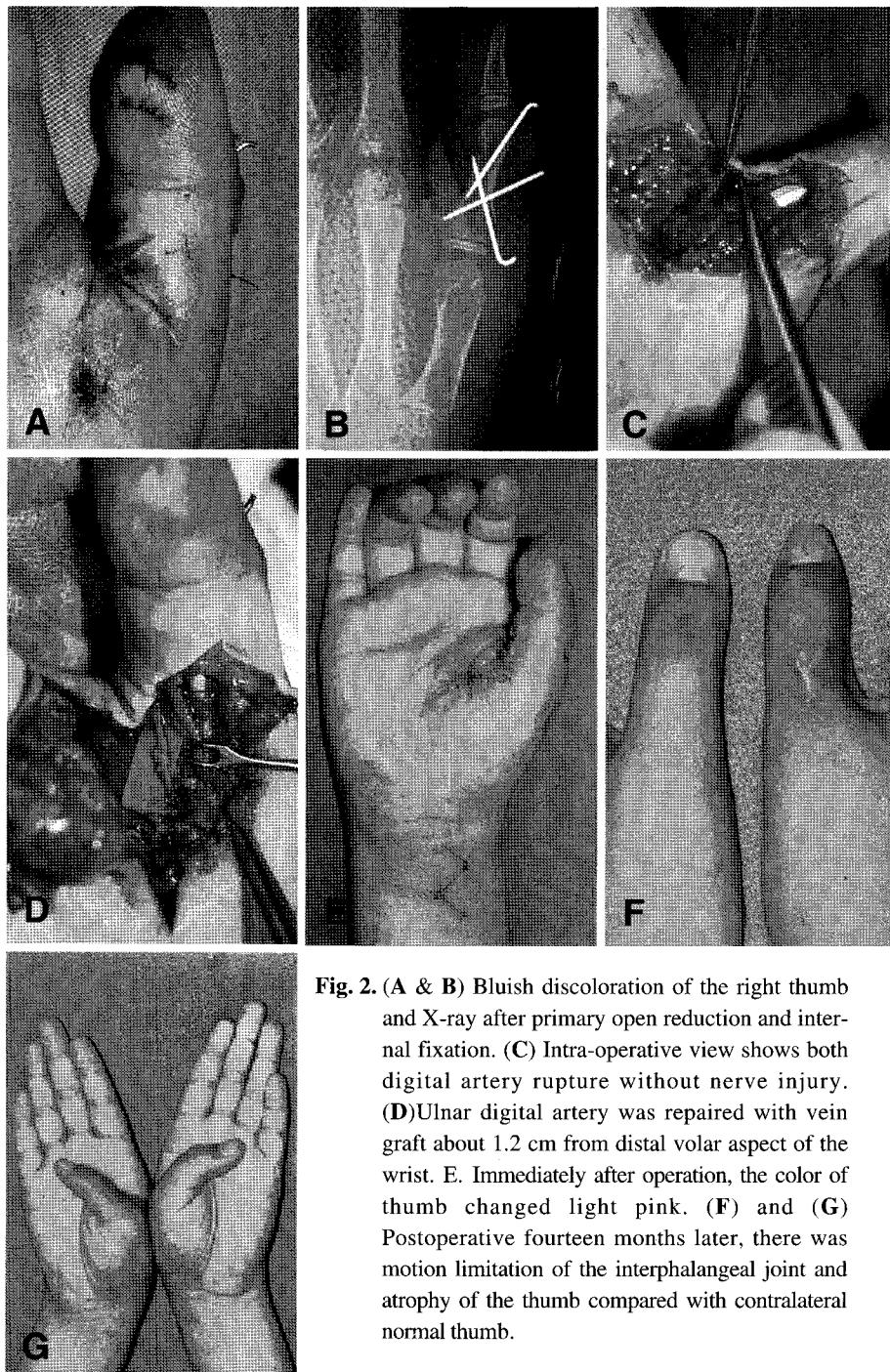


Fig. 2. (A & B) Bluish discoloration of the right thumb and X-ray after primary open reduction and internal fixation. (C) Intra-operative view shows both digital artery rupture without nerve injury. (D) Ulnar digital artery was repaired with vein graft about 1.2 cm from distal volar aspect of the wrist. E. Immediately after operation, the color of thumb changed light pink. (F) and (G) Postoperative fourteen months later, there was motion limitation of the interphalangeal joint and atrophy of the thumb compared with contralateral normal thumb.

(cold intolerance)이나 위축은 심하지 않았다.

증례 2 (case 5)

6세 된 남자 환자는 교통 사고로 인해 우측 무지수장부 심부 열상과 함께 근위지골의 개방성 골절로 개방성 정복술 및 내고정술을 시행 받았다(Fig. 2). 수술 후 이틀이 지나면서 엄지 손가락 첨부의 색깔 변화와 함께 무지 첨부를 바늘로 찔러도 출혈이 없고, 표면 온도 감소로 일차 침도의에 의해 전원되었다. 내원 당시 무지 수배부에는 골절 정복을 위해

절개 봉합한 부분이 있었고, 양측 수지 신경의 손상은 없었다. 무지의 양측 동맥이 절단되어 있었으며, 동맥의 좌멸 손상이 심해 단단 문합이 불가능하여 손목 수장부에서 1 cm의 정맥 이식을 시행하였다. 최초 손상으로부터 재혈관화 할 때까지의 시간은 68시간이었다. 이후 무지의 색깔이 선홍색으로 점차 회복되었고, 부분 피사 없이 완전 생존하였다. 술 후 14개월째 골 유합은 되었으나 무지의 총 능동 운동 범위는 80도였고, 쥐기(pinch)와 파악력(grip)은 각각 11 lb와 15 lb로 각각 정상 측의 92%와 75%였다. 정상 측 무지와 비교하여 무지의 위축과

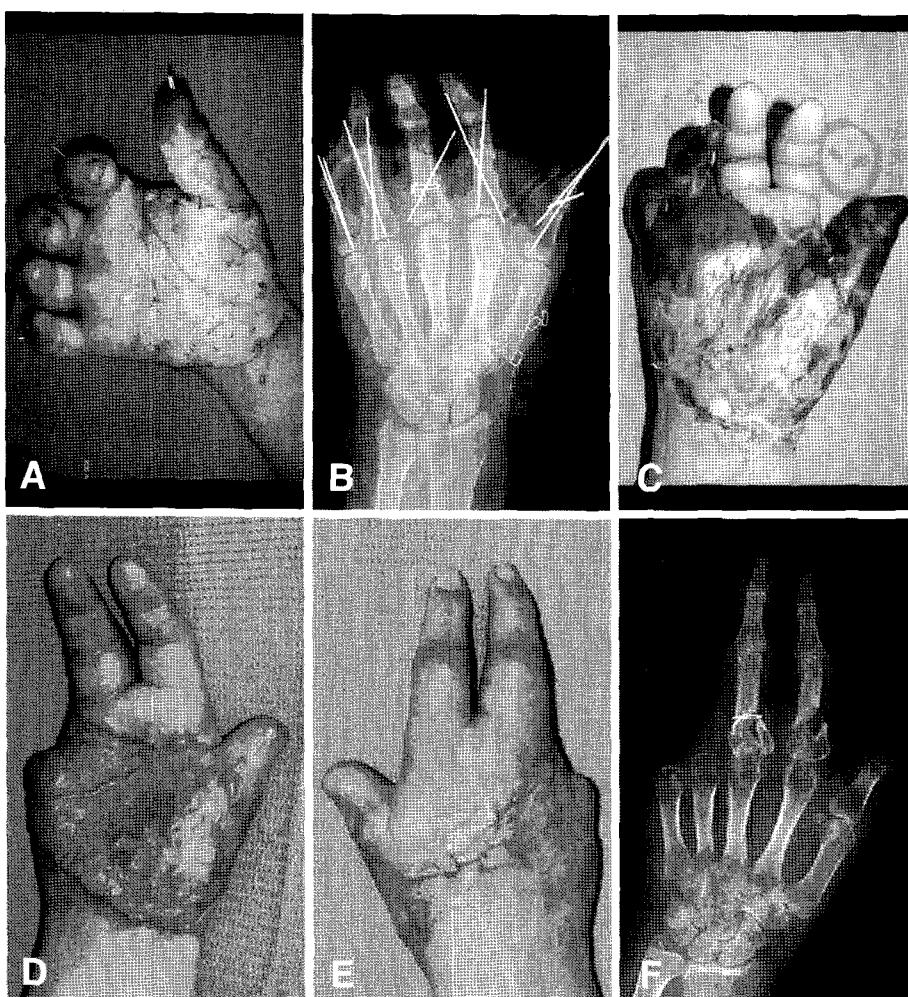


Fig. 3. (A) Postoperative three days later, the right thumb and small finger showed purple discoloration after open reduction and internal fixation in avulsion flap injury. (B) Radiography of the right hand. (C) Even though revascularization was performed by common digital arteries repair, thumb, ring and small fingers necrosed completely. (D, E) and (F) Postoperative views and X-ray.

함께 성장 저하가 미약하게 나타났다.

증례 3 (case 7)

50세 된 여자 환자로 취미 생활 중 도자기를 만드는 롤러에 손이 끼이면서 심한 골절과 함께 결출 피판(avulsion flap)상을 입고 대학병원에서 개방성 정복술과 건 봉합술을 시행 받았다(Fig. 3). 수술 후 하루가 지나면서 엄지손가락과 제 4, 5 수지의 색깔 변화가 진행되고 있었으나 이 문제에 대하여 의료진의 치료가 더 이상 없어 수술 후 3일째 환자가 원하여 전원 되어왔다. 내원 당시 수장부 피부는 수포 형성과 함께 여전히 분홍빛을 띠고 있었으나 제 2, 3 수지를 제외한 다른 손가락은 이미 검은 색으로 변화되어 있었다. 재 수술 시 수장부에서 무지로 가는 두 개의 수지 동맥과 제 3, 4 총수지 동맥이 파열되어 있음을 확인하였다. 혈관 문합을 시행하였으나 혈행 회복이 되지 않았으며 이 때까지의 상온 허혈 시간은 78시간이었다. 최초 수술 후 3주에 무지와 제 4, 5 수지의 절단 봉합술과 식피술로 상처 치유를 얻었다. 술 후 8개월에 지속적인 재활 치료에도 불구하고 남아있는 제 2, 3 수지의 관절 구축과 반흔으로 인해 능동 운동범위가 미비하며, 제 1 수지간부의 구축과 수장부와 수배부의 반흔 구축에 대한 이차 수술을 예정하고 있다.

IV. 고 찰

미세 수술의 보편화로 개인 의원에서부터 대학병원까지 수지 재접합 수술이나 유리 피판을 이용한 재건술이 시행되고 있다. 또한 수부나 상지가 완전 절단된 경우에는 미세수술의 필요성을 알고 전문 병원으로의 이송이 신속하게 이루어지고 있다. 그러나 간단한 수부 손상이나 불완전 절단상인 경우에는 그렇지 못한 경우가 있다. 즉, 뼈와 관절의 골절이나 탈구 여부, 근육과 건의 파열 상태, 감각 여부 등을 평가 하여 치료 방침을 결정하지만 수지나 수부의 생존과 관련하여 가장 중요하게 고려해야 할 혈류의 상태에 대한 평가가 드물지 않게 간과되는 경우가 있기 때문이다. 이런 경우 가장 정확한 검사는 창상 출혈(stab wound bleeding) 여부를 확인하는 것인데 주사기 바늘이나 수술용 11번 칼로 흡집을 낼 때 전혀 외력을 주지 않고도 선홍색의 피가 금방 나

오지 않으면 먼저 혈류성 부전이 있는 것으로 판단해야 한다.¹⁻³

해부학적으로 수지 동맥은 수지 신경의 외배측(dorso-lateral aspect)에 위치하기 때문에 수지 동맥의 파열은 반드시 수지 신경의 손상을 동반 할 것으로 생각된다. 그러나 수지 손상 시 외상을 견딜 수 있는 내성이 혈관이 신경보다는 약하기 때문에 신경 손상 없이 동맥 손상이 발생할 수 있음을 알아야 한다. 저자들이 경험한 증례 중에도 좌멸 손상으로 인해 단순히 수지의 중위지골 부위에서 심부 열상이 발생한 경우, 골절도 없고 감각도 보존되어 있어 일차성 창상 봉합만을 시행 받고 경과 관찰 중 수지의 색깔 변화로 전원 되어 온 경우도 있었다. 그래서 감각이 유지되어 있더라도 수지 수장부의 열상은 반드시 확장 절개를 통하여 혈관을 포함한 중요 구조물의 손상 여부를 반드시 확인하여야 한다.

수부의 좌멸 손상으로 다발성 골절과 함께 전 손상이 동반된 경우, 손상 구역(zone of injury)과 비 손상 구역이 연부 조직으로 연결되어 동맥에 의한 직접적인 혈액 공급이 없는 상태에서 정맥 울혈을 모세혈관 재충혈이 있는 것으로察각하게 된다. 그래서 정맥혈에 의한 재충혈 상태를 동맥 혈류에 의한 것으로察각하고 절단되어 있는 동맥을 결찰 하든지 아니면 아무런 망설임 없이 전기소작을 하는 경우도 있다. 좀 더 심각한 것은 수술 중에 저지를 수 있는 의료진의 실수이다. 수술 시야에서 혈관의 연속성(continuity)이 유지되어 혈관 외벽이 보존되어 있는 것으로 보이나 내막(intima)의 손상으로 혈류가 차단된 경우가 있어 의료진의 판단 착오와 치료 과오(malpractice)를 유발하게 된다. 그래서 혈류 손상이 의심되는 경우에는 탐색술(exploration)시 혈관 외벽이 보존되어 있더라도 혈류가 통하는지 반드시 현미경이나 확대경(loupe) 하에서 확인해야 한다.

불완전 절단 손상의 경우, 수지의 경우 동맥 혈류의 직접적인 공급이 없거나 일반적인 허혈 시간의 한계를 지나도 괴사 발생이 적다. 이는 저산소증(hypoxia)에 민감한 근육 조직이 수지 내에는 상대적으로 없고, 수지 동맥을 통한 직접적인 혈행이 차단되더라도 연결되어 있는 전 외막(epitenon), 신경 외막 혈행(vasa nervorum), 진피하 모세혈관계(subdermal capillary plexus)로 최소한의 혈류

가 잔존하기 때문이다. 이런 이유로 조직의 비가역적인 괴사가 천천히 진행되므로 수지에서 불완전 절단의 경우 재혈관화 성공률이 높은 것이다.⁴ 그러나, 이러한 구조물들이 남아 있어 비가역적인 조직괴사를 늦출 수는 있으나 수상 후 경과 관찰 중에 혈류 장애소견이 보이면 좋아질 것으로 기대하지 말고 반드시 조기에 탐색 수술을 시행해야 한다.

허혈 시간(ischemic time)이란 수상으로 혈류가 차단된 후 혈류가 다시 복구될 때까지 걸리는 시간을 말하는데 조직의 종류나 주위 온도에 따라 허혈 허용 시간이 달라질 수 있다. 근육이 많이 포함된 조직의 절단에서는 6시간 정도, 수지에서는 상온 허혈시간은 12시간 정도, 저온 허혈 시간을 최장 24시간 정도로 인정 된다.^{5,6} 그러나 장시간의 상온 허혈 시간 후에도 재접합 수술 성공 사례가 많이 보고되고 있는데 24시간에서 33시간 까지도 가능하였고,^{7,9} 우리나라에서는 1988년 백세민 등⁶이 42시간의 긴 상온 허혈 시간 후에 수지 재접합 성공을 보고 하였다. 저온 허혈 시간의 경우, 동물 실험에서는 섭씨4도에 냉장 보관된 조직을 108시간 후에 재접합술을 성공시킨 사례가 있고¹⁰ 임상적으로는 53시간 후에도 접합 수술 성공을 얻을 수 있었다.¹⁰ 이런 문헌들을 종합해 보면 긴 상온, 저온 허혈 시간 후에도 접합 수술 성공을 얻을 수 있는데도 불구하고 의료진의 간과나 오판에 의해 혈관 수술을 받지 못하고 절단을 해야 되는 경우는 참으로 안타까운 일이다.

수지 재접합술의 성공률에 영향을 미치는 인자로 손상의 형태, 절단 부위, 손상 원인, 혈관 문합 방법, 허혈 시간, 흡연 여부 혹은 환자의 나이 등이 있다.^{11,12} 허혈 시간이 길어지면 술 후 최종 결과에서 한랭 불내성 등의 감각 기능 회복의 문제점과 운동 기능의 저하, 피부 및 연부 조직의 위축을 초래 할 수 있는 밀접한 관계가 있는 것으로 보여진다.¹¹ 저자들의 증례들 중에서 괴사가 발생한 경우는 상온 허혈 시간이 길었던 경우와 최초 손상이 심했던 경우로 생각된다. 정확하게 수치적으로 손상의 정도를 측정하거나 분석하는 것이 불가능하지만 단순히 골절이나 심부 열상만 있었던 경우에는 상온 허혈 시간이 길어도 수지의 생존을 얻을 수 있었으나 심한 결출 괴판상이나 심한 압착 손상으로 다발성 골절을 동반한 경우에는 자연된 재혈관화가 수지의 생존을 얻을 수 없었다. 또한 저자들이 경험한 증례에서도

한랭 불내성이나 조직의 위축에 대하여 조사하여 허혈 시간 내에 재접합 수술을 시행한 것들과 비교하여 객관적으로 분석하고 싶었으나 통계학적 처리가 쉽지 않았다.

저자들도 타 병원에서 혈류 부전이 의심되는 환자가 전원 되어왔을 때 수술 후 발생할 책임문제나 술 후 생존 가능성에 회박할 것으로 생각되어 많은 주저함이 있었다. 그러나 일반적으로 허용된 상온 허혈 시간보다 많이 경과된 경우에도 수지의 생존을 얻을 수 있기 때문에 미세 수술을 시행하는 의료기관으로 수부의 혈류 부전이 의심되는 환자가 전원 되어오는 경우 불완전 절단의 경우 재혈관화를 위한 이차 수술을 시행함에 주저함이 없어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

급성 수부 손상 시 의료진에 의해 무시되거나 간과된 혈관성 손상을 가진 수부와 수지를 대상으로 이차적인 재혈관화 수술을 시행한 8예 중 5예에서 수지의 생존을 얻을 수 있었으며, 수부 손상 후 재혈관화가 이루어질 때까지의 시간은 평균 56.1시간이었다. 급성 수부 손상에서 정확한 혈류 상태에 대한 판단의 중요성을 다시 한번 살펴 보고 재혈관화 수술의 필요성과 의료진에 의해 간과된 판단에 의한 치료 과오가 얼마나 심각한 장애를 초래할 수 있었다.

REFERENCE

- Donald RL. *Examination of the upper extremity*. In Mathes, Plastic Surgery, 2nd ed. Philadelphia, Saunders: 45, 2006.
- Koman LA. *Vascular disorder*. In Green DP (eds). Operative Hand Surgery, 4th ed, New York, Churchill Livingstone, 2254, 1999.
- Kim WK. *Replantation of hands*. In Kang JS, editor. Plastic Surgery, 3rd ed. Seoul, Koonja: 3513, 2004.
- O'Brien BM, Miller GDH, Macleod AM, Newing RK: *Saving the amputated digit and hand*. Med J Aust, 11: 5581, 1973.
- Gold AH, Lee GW: *Upper extremity replantation Current concepts and patient selection*. J Trauma, 21: 551, 1981.

- 6) Choi JW, Kim WK, Kim SS, Baek SM: *Successful replantation following prolonged ischemia.* *J Korean Soc Plast Reconstr Surg*, 15: 503, 1988.
- 7) Chiu HY, Chen MT: *Revascularization of digits after 33 hours of warm ischemic time: A case report.* *J Hand Surg*, 9A: 63, 1984.
- 8) Seo T, Matsuda M: *A case of replantation of a completely amputated digit after 26 hours of warm ischemia.* *J Reconstr Microsurg*, 3: 143, 1987.
- 9) Inoue G, Nakamura R, Imamura T: *Revascularization of digits after prolonged warm ischemia.* *J Reconstr Microsurg*, 4: 131, 1988.
- 10) Hayhurst J, O'Brien BM, Ishida J, Baxter JJ: *Experimental digit replantation after prolonged cooling.* *J Hand Surg*, 6: 311, 1974.
- 11) Tark KC, Kim YW, Lee YH, Lew JD, Oh SJ, Lee SI: *Analysis of 261 cases of hand replantation & its late functional results.* *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 14: 219, 1987.
- 12) van Adrichem LN, Hovius SE, van der Meulen JC: *The acute effect of cigarette smoking on the microcirculation of a replanted digit.* *J Hand Surg*, 17A: 230, 1992.