

전투 상황에서 발생한 사지 총상 및 폭발창의 치료

서울대학교 의과대학 정형외과학교실, ¹서울대학교병원 외상센터

이정은, 이영호, 백구현, 이경학, 조영재, 김영철¹, 서길준¹

- Abstract -

Treatment of Combat-related Gunshot and Explosive Injuries to the Extremities

Jung Eun Lee, M.D., Young Ho Lee, M.D., Ph.D., Goo Hyun Baek, M.D., Kyung-Hag Lee, M.D.,
Young Jae Cho, M.D., Yeong Cheol Kim, M.D.¹, Gil Joon Suh, M.D.¹

Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea
¹Trauma Center, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Purpose: We should prepare proper medical service for disaster control as South Korea is not free from terrorism and war, as we experienced through the two naval battles of the Yeonpyeong, one in 1999 and the other in 2002, the sinking of Cheonan in 2010, and the attack against the border island of Yeonpyeong in 2010. Moreover, North Korea's increasingly bellicose rhetoric and mounting military threats against the world demand instant action to address the issue. The aim of this article is to describe our experience with three patients with combat-related gunshot and explosive injuries to their extremities and to establish useful methods for the management of patients with combat-related injuries.

Methods: Three personnel who had been injured by gunshot or explosion during either the second naval battle of the Yeonpyeong in 2002 or the attack against the border island of Yeonpyeong in 2010 were included in our retrospective analysis. There were one case of gunshot injury and two cases of explosive injuries to the extremities, and the injured regions were the left hand, the right foot, and the right humerus. In one case, the patient had accompanying abdominal injuries, and his vital signs were unstable. He recovered after early initial management and appropriate emergency surgery.

Results: All patients underwent emergent surgical debridement and temporary fixation surgery in the same military hospital immediately after their evacuations from the combat area. After that, continuous administration of antibiotics and wound care were performed, and definite reconstructions were carried out in a delayed manner. In the two cases in which flap operations for soft tissue coverage were required, one operation was performed 5 weeks after the injury, and the other operation was performed 7 weeks after the injury. Definite proce-

* Address for Correspondence : **Young Ho Lee, M.D., Ph.D.**

Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Hospital,
101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea
Tel : 82-2-2072-0894, Fax : 82-2-764-2718, E-mail : orthoyhl@snu.ac.kr

Submitted : May 24, 2013 **Revised** : August 22, 2013 **Accepted** : August 28, 2013

No benefits in any form have been received or will be received from a commercial party related directly or indirectly to the subject of this article.

dures for osteosynthesis were performed at 3 months in all cases. Complete union and adequate functional recovery were achieved in all cases.

Conclusion: The patient should be stabilized and any life-threatening injuries must first be evaluated and treated with damage control surgery. Staged treatment and strict adherence to traditional principles for open fractures are recommended for combat-related gunshot and explosive injuries to the extremities.

Key Words: Explosives, Gunshot, Combat, Open fracture, Wounds and injuries

I. 서 론

1948년 건국 이래 우리 의료계는 6.25 전쟁과 베트남전 참전을 제외하고는 전투손상을 경험할 만한 충분한 기회를 가지지 못하였다. 그러나 지난 두 차례의 연평 해전과 천안함 사건, 연평도 포격 등의 사건을 통해 우리 의료계도 전투손상으로부터 자유로울 수 없다는 점이 증명되었다. 또한 최근 북한의 핵실험 및 정전협정 백지화 선언으로 잇달아 군사적 위협의 강도를 높이고 있어, 전투 상황에 대비한 체계적인 의료 시스템을 구축해야 할 필요성이 점차 부각되고 있다.

전투손상은 생명을 위협하는 중추신경계 및 복부 손상을 비롯해 다양한 부위의 손상을 포함하는 것으로 알려져 있다.(1-5) 특히 정형외과 영역의 손상이 많은 부분을 차지하는데, 미국이 연관된 전쟁들을 대상으로 한 연구들에 따르면 모든 전투 손상의 58~88%가 사지를 침범하는 것이었다.(1-5) 정형외과 영역의 손상 중 가장 문제가 되는 것은 개방성 골절이다. 개방성 골절은 사지를 침범하는 전투 손상의 23~39%를 차지하는 것으로 알려져 있으며 고비용, 장기간의 치료, 높은 후유 장애율을 유발하는 주된 원인인 것으로 분석되고 있다.(1,2,4) 전투상황에서는 화상과 자상 등을 포함해 다양한 기전의 손상이 발생할 수 있는데, 이중 가장 흔한 것은 총상과 폭발창으로 전체 손상의 75%를 차지한다.(1,2,4) 전투상황에서 발생한 개방성 골절도 주로 총상과 폭발창에 의한 것으로, Gustilo and Anderson 분류 III형에 해당하는 고에너지 손상에 해당해 높은 감염율을 보이며 때로는 연부조직 결손 또는 혈류손상을 유발할 수 있다.(6) 이러한 손상을 성공적으로 치료하기 위해서는 일차적으로 적절한 초기 조치와 빠른 후송이 이루어져야 하며, 이후 상위 의료기관에서 전문적인 연부조직 피복술과 골유합술을 이용한 재건술이 이루어져야 할 것이다.

아직까지 국내에서는 전투손상에 대한 연구가 미비하고, 특히 전투상황과 관련된 손상에 대한 보고가 없는데, 이 논문에서 저자들은 국내의 교전상황에서 발생하였고 성공적으로 치료가 종결된 총상 및 폭발창 환자 증례를 대상으로 그 임상적 특성들과 치료 경과를 보고하고, 향후 전투상황에 대비한 치료 원칙을 제시해 보고자 한다.

II. 대상 및 방법

2002년 제 2차 연평 해전과 2010년 연평도 포격 사건에서 발생한 총상 및 폭발창 환자로, 본원에서 성공적으로 치료가 종결되어 추적 관찰이 가능한 환자 3례를 후향적으로 분석하였다.

1. 증례 1

남자 19세 환자로 2002년 6월 29일 제 2차 연평해전에서 적의 함상 기관포에 좌측 수부를 수상하여 광범위한 연부조직 결손을 동반한 개방성 골절이 발생하였다. 주요장기의 동반손상은 없었다. 환자는 수상 직후 군병원으로 후송되어 변연절제술과 세척술, K-wire를 이용한 임시고정술을 시행하였다(Fig. 1). 당시 수술장 소견상 좌측 제 1 중수골두와 근위지골, 제 2 중수골 원위부, 제 4 근위지골 원위부의 개방성 골절이 관찰되었다. 제 1 수지열과 제 2 수지열의 골절은 제 1 물갈퀴공간의 광범위한 연부조직 결손과 동반되어 있는 Gustilo and Anderson Type IIIb에 해당하는 개방성 골절이었고, 해당 부위의 내재근 및 제 1 척측 수지 감각신경, 제 2 요측 수지 감각신경의 분절상 결손을 포함하고 있었다. 제 2 수지의 신전건은 결손되어 있었다. 첫째 수술에서 제 4 수지의 개방성 골절은 내고정 후 1차 봉합하였으나, 제 1 물갈퀴 공간의 연부조직 결손에 대한 피복은 이루어지지 않았다. 이후 지속적인 항생제 투여 및 창상치료가 이루어졌고 본원으로 전원되어 손상 7주 후인 2002년 8월 22일 저자 중 한 명이 제 1 물갈퀴 공간의 결손을 피복하기 위해 요측 전완부 피판술을 시행하였다.(7-9) 전완부에서 2개(제 1, 2 수지 신경이식용)의 신경가지와 1개의 건(제 2 수지 신전건 이식용)을 채취하여야 하기에 전완부에 크기가 큰 반흔이 생기는 것을 감안하여, 제 1 물갈퀴 공간의 연부 조직 결손부에 감각이 양호한 피복을 하기 위하여 요측 전완부 피판을 사용하였다(Fig. 2). 피판술 시 도안부를 지배하는 전방과 후방 외측 전박 피부신경 2개를 근위부까지 박리하여 피부판과 같이 들어 원위부로 이동하였고, 이를 절단된 2개의 천층요골신경에 각각 단-단 봉합하여 피부판에 보호 감각기능을 부여하고자 했다.(7-9) 외측 전박 피부신경 2개를 박리할 때, 천층요골

신경에 단-단 봉합하기 위하여 필요한 길이 보다 각각 3 cm, 4 cm을 더 채취하였는데, 이는 제 1 척측 수지 감각신경, 제 2 요측 수지 감각신경의 분절상 결손부에 신경 이식술을 시행하기 위함이었다. 결손된 제 2 수지 신전건은 장수장건을 사용하여 재건하였다. 공여부의 피부결손은 서해부로부터 전층피부이식을 시행해 일차 피복하였고, 서해부의 피부결손은 일차 봉합하였다(Fig. 2).

수상 3개월 후인 2002년 9월 26일 동일 저자가 제 1 중수골과 근위지골, 제 2 중수골, 제 4 근위지골 골절에 대해 자가장골이식술을 이용한 재건술을 시행하였다(Fig. 3). 제 1 중수골두의 골편을 제거하고 제 1 근위지골 원위부와 사이에 지주형태 장골 이식술을 시행한 후 수지 중립상태에서 금속판으로 고정하여 중수수지관절 유합술을 시행하였다.(10,11) 제 2 중수골 원위 결손 부와 제 2 근위지골 사이에도 지주형태 장골 이식을 시행하고 25도 굴곡위로 고정해 중수수지관절 유합술을 시행하였다. 첫번째 수술에서 Kirschner-wire로 고정하였던 제 4 수지 근위지골 골절도 불유합 상태가 확인되어 골편을 제거하고 지주형태 장골이식을 시행해 30도 굴곡상태로 근위지관절 유합술을 시행하였다. 관절고정 위치는 환자와 충분한 상의 후에 결정했는데, 환자가 당시 컴퓨터 프로그래밍을 전공하고 있었기 때문에 컴퓨터 자판을 원활히 사용하게 하기 위한 위치를 만들었다. 수상 1년 6개월 후인 2004년 1월 26일 관절고정술 부위의 완전한 유합 상태가 확인되어 금속판 제거술을 시행하였다(Fig. 4). 당시 신체검진에서 제 1 물갈퀴공간은 5

mm의 이동 이점 식별 능력(moving two point discrimination test)을 보였으며,(12) 제 1, 2 수지의 대립이 가능하였고 컴퓨터 자판을 원활히 사용할 수 있었다(Fig. 4).

2. 증례 2

남자 21세 환자로 2010년 11월 23일 연평도 포격사건 당시 포탄 파편에 의해 복부와, 우측 족부를 수상하였다(Fig. 5) 수상 직후 생체 활력 징후가 불안정한 상태로, 군병원으로 즉시 후송되어 복부와 우측 족부에 대해 응급수술을 시행했다. 수술장 소견으로, 복부는 위 전벽부(antrum) 및 후벽부(pylorus), 십이지장 전방(2nd portion), 후방(3rd portion), 하대정맥의 손상이 확인되었으며, 외과에서 십이지장 계실화 수술(stomach antrum occlusion), 위공장문합술(gastrojejunostomy), 하대정맥 봉합술을 시행했다. 우측 족부는 관통창으로 족배부와 족저부의 피부를 포함해 설상골, 주상골, 거골 및 종골의 일부가 결손된 개방성 골절로, Gustilo and Anderson type IIIb에 해당하였다. 정형외과에서 우측 족부의 손상에 대해서 변연절제술 및 세척술, 임시 외고정술을 시행하고(Fig. 6), 골 결손부위에는 항생제 혼합 시멘트 구슬(antibiotics bead pouch)을 삽입하였다. 이후 집중 치료를 거쳐 환자의 생체 활력 징후가 안정되었고, 우측 족부 개방성 골절 부위에도 감염의 징후가 없어 수상 후 5주째인 2010년 12월 31일 00병원으로 전원되었다. 2011년 1월 3일 저자 중 한 명이 피하근막 혈관경을 사용한



Fig. 1. 19세 남자로 2002년 6월 29일 2차 연평해전에서 좌측 수부에 수상하였다. 좌측 제 1 중수골두와 근위지골, 제 2 중수골 원위부, 제 4 근위지골 원위부의 개방성 골절과 제 1 물갈퀴공간의 광범위한 연부조직 결손과 동반되어 있었다. 군병원에서 변연절제술과 세척술, K-wire를 이용한 임시고정술을 시행받았다.

외측 과상부 피판술로 우측 족배부의 연부조직 결손을 복구 하였다(Fig. 7). (13,14) 당시 모든 족지의 신전건 파열이 관찰되어 동시에 건봉합술을 시행하였다. 2주 후인 2011년 1월 18일 우측 하퇴부의 공여부와 우측 족저부에 대해 우측 대퇴부로부터 부분층 피부이식술을 시행하였다. 수상 3개월 후인 2011년 2월 14일, 우측 중족부의 골결손에 대하여 자가장골 이식을 이식해 결손부를 메우고 Steinman pin과 Kirschner wire로 고정해 중족관절 유합술을 시행하였다(Fig. 8). (15-

17) 수상 후 2년 6개월, 추시 관찰에서 피판술 부위와 피부이식술 부위에 합병증은 관찰되지 않았으며, 우측 중족관절은 골유합이 되었다. 환자는 보조기구 없이 자가 보행이 가능하였다(Fig. 9).

3. 증례 3

남자 20세 환자로 2010년 11월 23일 연평도 포격사건 당

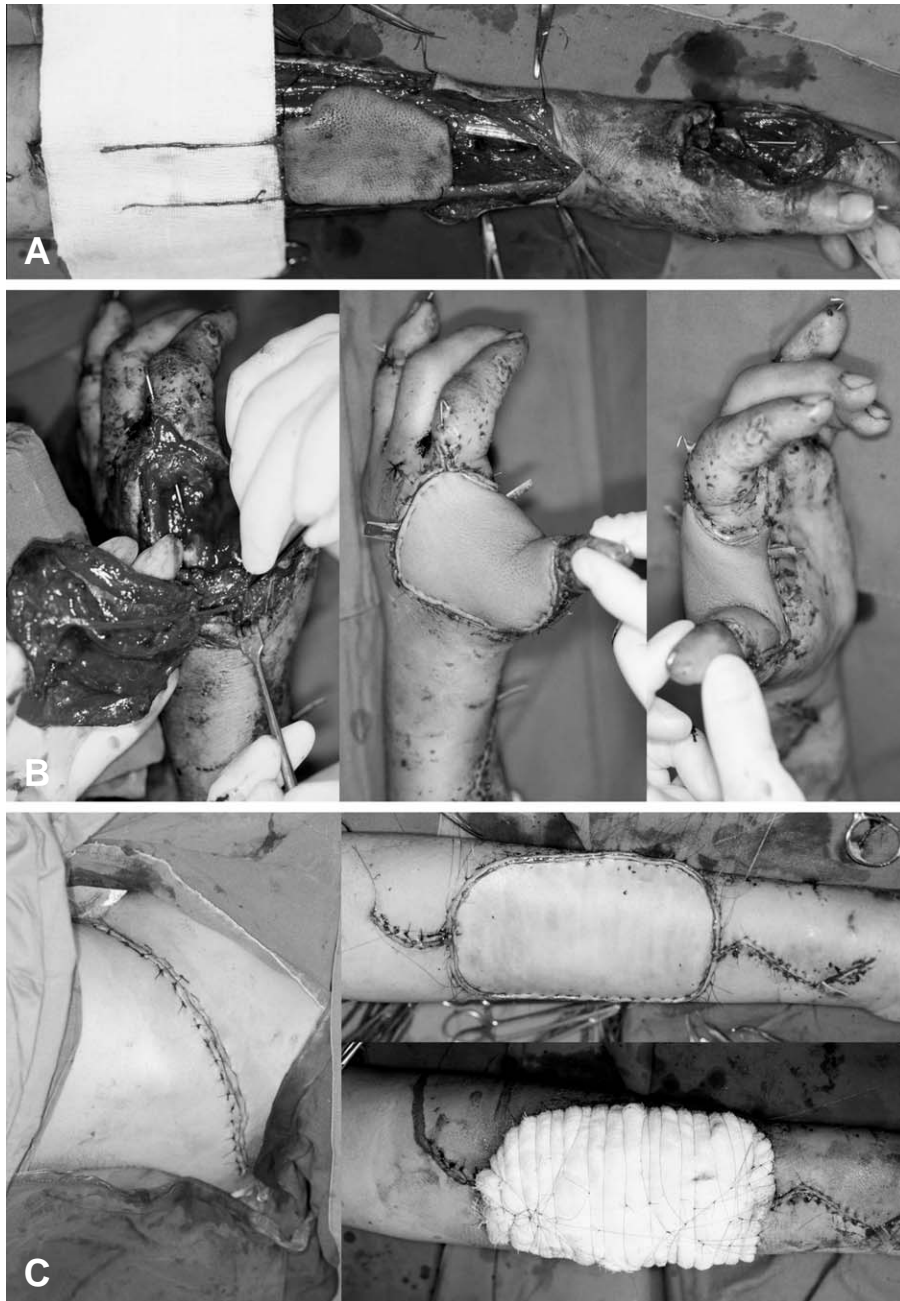


Fig. 2. (A) 수상 후 7주째 저자중 한명이, 요측 전완부 감각 피판술을 시행하였다. 전방과 후방 외측 전박 피부신경 2개를 근위부까지 박리하여 천층요골신경에 각 각 단단봉합하여 감각 기능을 부여하였다. (B) 제 1 물갈퀴 공간의 연부 조직 결손부를 재건하였다. (C) 공여부의 피부결손은 서혜부에서 천층피부이식을 시행하여 피복하였다.

시 우측 상완부와 우측 대퇴부에 포탄 폭발창을 입었다. 다른 중요 장기의 손상은 동반되지 않았으며, 수상 직후 군병원으로 후송되어 손상부위에 대한 응급 수술을 시행하였다. 당시 수술장 소견으로는 우측 상완부는 피부조직을 포함해 삼각근의 외측 일부가 소실되었고, 상완골 간부 근위 절반 가량이 분쇄골절된 상태였다(Fig. 10). 신경혈관 손상은 없었고, 변연절제술 및 외고정술 시행 후 연부 조직은 지연 봉합이 가능한 상태로 판단되어 Gustilo and Anderson type IIIa 개방성 골절로 분류되었다. 대퇴부의 폭발창은 단순 연부조직 손상으로 변연절제술 후 일차 봉합 하였다(Fig. 10). 이후 항생제 치료 및 창상관리를 시행하며 관찰하였고, 감염의 소견은 없었으나 상완골 간부 분쇄골절부의 골유합을 얻지 못하여 2011년 2월 00병원으로 전원되었다. 이 후 본원으로 전원되어 수상 3개월 후인 2011년 2월 24일 저자 중 한 명이 우측 상완골 골절 부위에 자가장골 이식술을 시행하고 잠김 금속판을 이용해 내고정술을 시행하였다(Fig. 11). 수상 후 2년 5개월, 추시 관찰에서 환자는 완전한 골유합을 얻었으며(Fig. 12), 우측 견관절과 주관절은 정상 운동 범위를 보였다. 삼각근의 결손으로 인해 견관절 외전력이 근력등급 4+로 감소되어 있었으나, 일상 생활에 지장 없이 활동이 가능하였다(Fig. 13).

III. 결 과

환자는 1례의 총상 및 2례의 폭발창을 입은 20세 전후의

남자 군인이었다. 3례 중 1례에서 복부 손상이 동반되어 생체 활력 징후가 불안정하였으나 초기처치 및 응급수술이 적절히 이루어져 환자는 생존할 수 있었다. 1례는 Gustilo-Anderson type IIIa에 해당하는 개방성 골절이었고, 2례는 IIIb에 해당했다. 모든 예에서 수상 당일 개방성 골절과 기타 사지손상 부위에 대해 변연절제술 및 세척술과 임시고정술을 시행하였다. 이후 지속적으로 항생제를 투여하고 창상을 관리하였으며 모든 예에서 감염이 발생하지 않았다. Gustilo and Anderson type IIIb에 해당하는 2례에서는 각각 손상 약 5주와, 약 7주 후 연부조직 결손에 대하여 피복술을 시행하였다. 2례 모두 단 한 차례의 피판술로 결손부위를 성공적으로 피복할 수 있었다. 개방성 골절에 대한 확정적 골유합술은 3례 모두에서 손상 3개월 후 시행되었다. 상완골 간부의 분쇄골절이 있었던 1례를 제외한 2례는 모두 관절면을 침범하고 골 결손이 심하였기 때문에, 해당 관절의 관절고정술이 불가피했다. 모든 예에서 완전한 골유합이 이루어졌고, 기능적 회복을 얻을 수 있었다.

IV. 고 찰

전투손상은 목숨을 위협할 수 있는 중요 장기 손상과 더불어 각종 다발성 손상을 포함하는 경우가 대부분이다. 따라서 다발성 손상환자에게 적용되고 있는 단계적 치료원칙을 전투손상에도 적용해야 한다.(2,3,18,19) 전투손상에 대한 치료가 활발히 이루어지고 있는 미국의 경우 다음과 같은 절차를

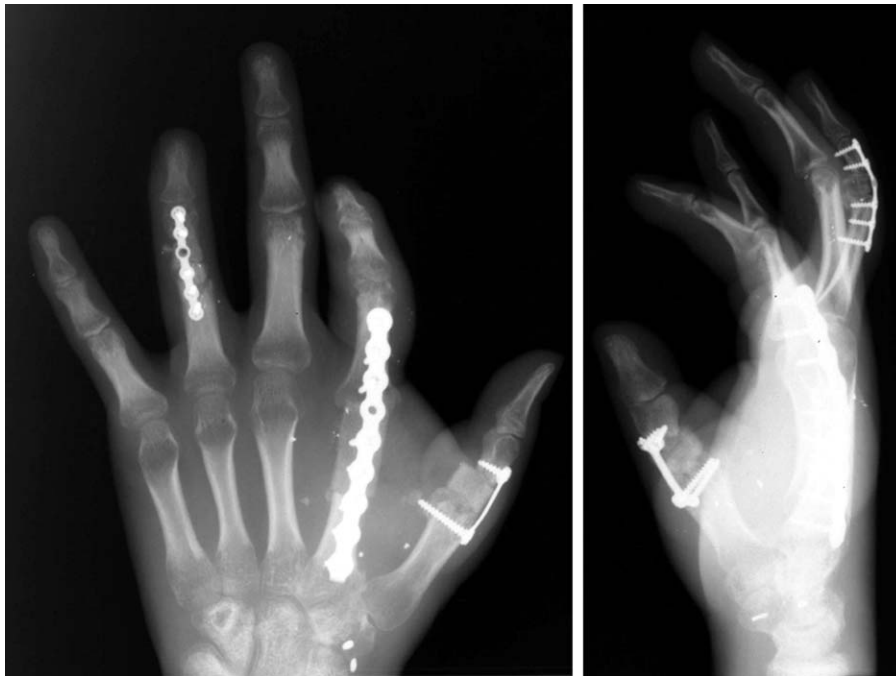


Fig. 3. 수상 3개월 후 저자중 한명이, 제 1 중수지관절, 제 2 중수지관절, 제 4 근위지관절에 자가 장골 이식술을 이용한 관절 유합술을 시행하였다. 관절주변의 대량 골결손으로 인해 골유합술이 불가피하였으며, 관절 고정위치는 컴퓨터 프로 그래밍을 하는 환자의 요구 사항을 반영하여, 상의 후 결정하였다.

따라 치료가 이루어진다.(3) 전장에서 손상이 발생한 후 환자가 야전병원(combat zone trauma facility)으로 후송되면, 가장 먼저 이루어지는 수술적 치료는 출혈을 조절하고 감염을 예방하기 위한 손상교정수술(damage control surgery)이다. 정형외과적으로는 골절에 대한 외고정기구 장착 등이 이에 해당된다. 이후 인근의 대형병원으로 후송되어 확정적인 수술(definite surgery)를 시행한다. 정형외과적으로는 개방성골절에 대한 세척술과 변연절제술, 혈관봉합술 등이 이에 해당한다. 이후 후방의 중심병원(central cleaning

site)으로 후송되어 집중관리를 받으며 생체활력징후가 안정되면 추가 치료가 필요한 손상에 대해 본국의 병원으로 의뢰를 하게 된다. 우리나라의 여건상 차이는 있지만, 앞서 살펴본 증례들에서도 기본적으로 유사한 절차에 따라 단계별 치

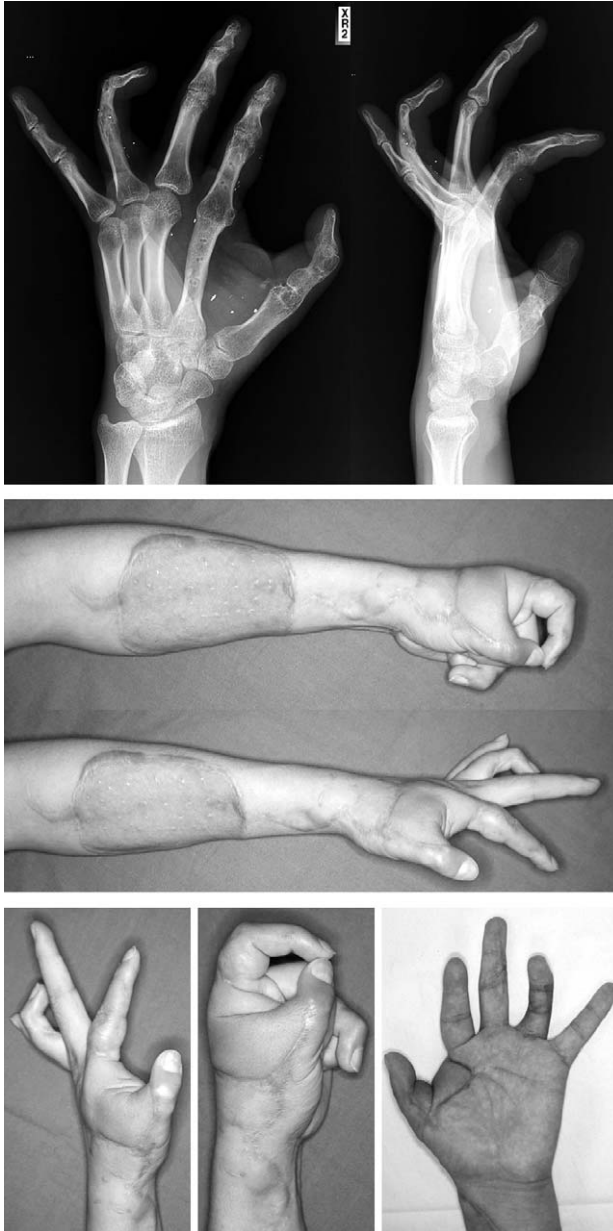


Fig. 4. 손상 1년 6개월 후, 관절고정술 부위의 완전한 유합 상태가 확인되어 금속판 제거술을 시행하였으며, 환자는 제 1, 2 수지의 대립이 가능하였고 컴퓨터 자판을 원활히 사용할 수 있었다.

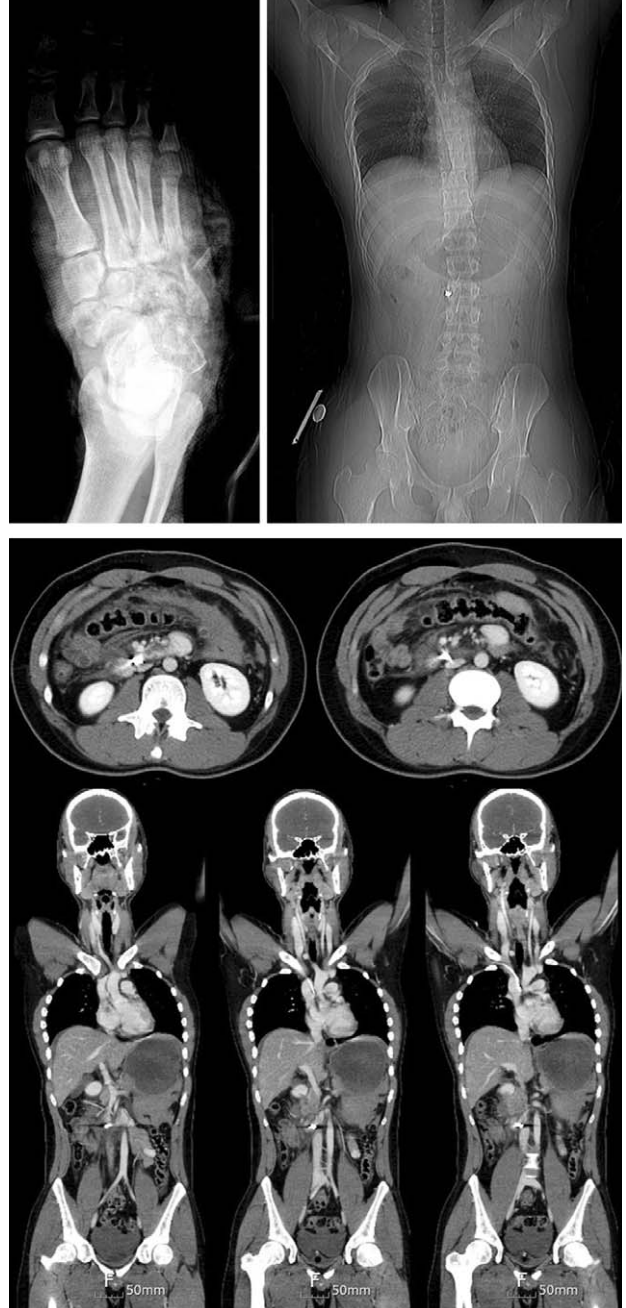


Fig. 5. 21세 남자로 2010년 11월 23일 연평도 포격에서 포탄 파편에 의해 복부와, 우측 족부를 수상하였다. 우측 족부는 관통상으로 족배부와 족저부의 피부를 포함해 설상골, 주상골, 거골 및 종골의 일부가 결손된 개방성 골절이었으며, 복부는 위 전벽부(antrum) 및 후벽부(pylorus), 십이지장 전방(2nd portion), 후방(3rd portion), 하대정맥의 손상이 확인되었다.

료가 진행되었다. 모든 예에서 환자는 야전병원을 거치지 않고 수상 즉시 군병원으로 후송되어 응급수술을 시행하였다. 첫 수술 시 정형외과적으로는 변연절제술 및 세척술과 임시 고정술을 시행하였고 이후 반복적인 변연절제술과 항생제 치료를 통해 창상 처치를 지속하였다. 동시에 집중관리시설을 이용한 중환자 관리가 이루어졌으며, 생체징후 및 창상의 상태가 안정된 후 확정적 치료를 위해 저자들이 속한 대학병원으로 후송되었다. 성공적인 치료 결과를 얻을 수 있었던 것은 손상 교정 수술(damage control surgery)을 응급으로 시행하여 초기에 생체 징후의 안정과 창상에 대한 처치를 시행하고, 이 후 적절한 항생제 치료와 창상 관리 후 확정적인 수술(definite surgery)을 시행하였기 때문이라고 볼 수 있을 것이다.

서론에서 언급했듯이 정형외과 영역의 전투손상 중 가장 문제가 되는 것은 개방성 골절이다.(4,5,18) 전투상황에서 발생한 개방성 골절은 대개 Gustilo and Anderson type III 이상에 해당하는 고에너지 손상으로, 골결손이 심하고 연부 조직 재건술이 필요한 경우가 많다.(2) 비전투 손상에 의한 개방성 골절에 대해서 최근에는 많은 학자들이 조기 연부 조직 재건술을 주장하고 있다. 그러나 전투손상에 의한 총상 및 폭발상은 환자의 내부 장기 손상으로 생명이 위급할 수 있을 뿐만 아니라, 비전투 손상에 의한 개방성 골절보다 오염이 극도로 심하여 감염의 가능성이 높다.(4) 또한 전투가 발생한 지역에서 야전병원이 아닌, 확정 수술까지 가능한 의료기관까지 후송하는데 시간이 소요될 수 있다는 특징을 지닌다.(19) 연부조직 재건술의 시기는 피판술의 성공여부에 큰 영향을 줄 수 있기 때문에, 이러한 특성을 고려해 연부 조직 재건술의 시기를 매우 신중히 결정하여야 한다는 의견이 많다.(19,20) 하지만, 전투손상에 있어서 연부조직 재건술의

적절한 시기에 대해서는 많은 논란이 있어 정해진 것은 없다. Godina 등은 532례의 전투손상 재건에 대한 연구에서 급성기(72시간 이내)에 연부조직 재건술을 시행한 경우 1%의 피판 실패율과 2%의 감염율만을 보여, 20%의 실패율과 29%의 감염율을 보였던 아급성기(3일~3개월)보다 매우 우수한 결과를 보였다고 보고했다.(21) 마찬가지로 Fischer 등도 43례를 대상으로 한 연구에서 급성기에 재건술을 시행하는 것이 유리하다고 주장했다.(22) 그러나 최근에 연구들에서는 연부조직 복구술을 아급성기에 실시해도 결과에 큰 차이가 없다고 보고되고 있다. Pollak 등은 195례를 대상으로 연구를 시행하였는데, 재건 시기별 합병증의 발생율은 유의한 차이를 보이지 않았으며, 개방성 골절의 형태와 피판술의 종류가 합병증 발생의 중요한 요소였다고 했다.(5) Tintle 등도 아급성기(7일~3개월)에 재건술을 시행한 75례를 대상으로 한 연구에서 97%의 피판 생존율과, 13.9%의 감염율을 보고했다.(20) Godina 등의 초기 연구에 비해 재건술 성공율의 향상된 결과는 그간의 미세수술기법과 손상교정 수술의 발전에 의한 것으로 이해되고 있다.(19) 따라서 무조건적으로 조기 재건술을 시행하기 보다는, 감염이 완전히 조절되고 난 후 깨끗하고 건강한 창상이 만들어지면 지연 복구를 하는, 피판술의 고전적 원칙을 준수하는 것이 권장된다.(19,23) 위의 세 층류 중 연부조직 피복이 필요했던 2례에서도 충분한 창상 관리와 항생제 치료가 이루어지고 난 후, 건강한 창상 조직에 피판술을 시행했기 때문에 성공적인 결과를 얻을 수 있었던 것으로 생각된다.

개방성 골절의 치료에 있어 감염은 피판술의 실패를 유발하는 요인일 뿐 아니라 골절의 유합을 지연시키고, 일부에서는 절단에 이르는 원인이 될 수 있다.(23) 일반 개방성 골절을 대상으로 한 연구들에 따르면 Gustilo and Anderson

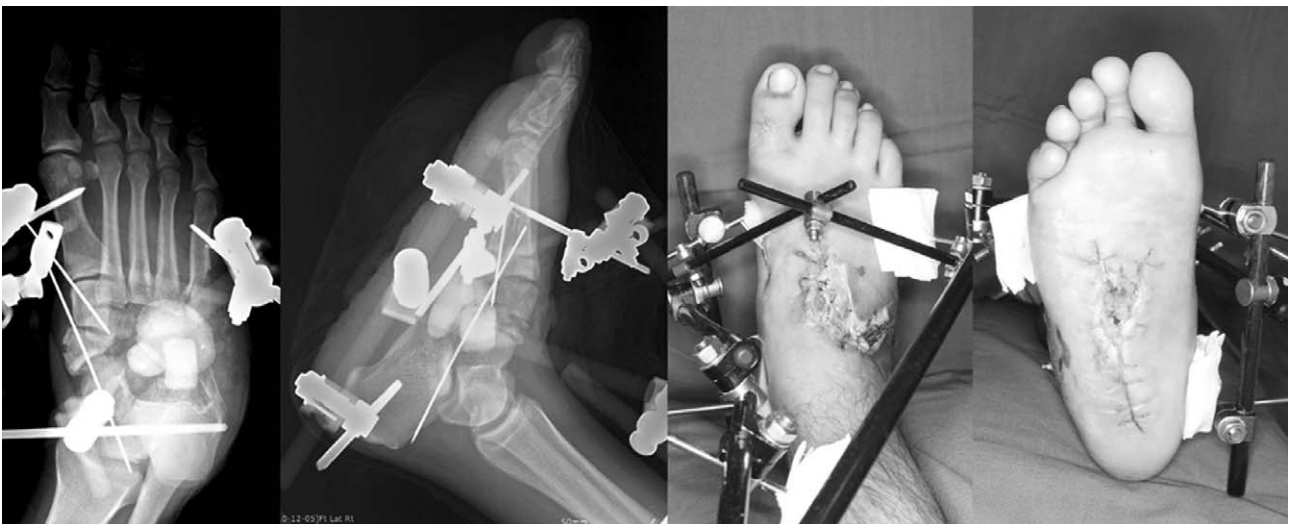


Fig. 6. 군병원에서 우측 족부의 손상에 대해서 변연절제술 및 세척술, 임시 외고정술을 시행하고, 골 결손부에는 항생제 혼합 시멘트 구슬(antibiotics bead pouch)을 삽입하였다. 이 후 지속적인 항생제 사용과 창상관리를 시행하였다.

type III에 해당하는 개방성 골절의 경우 6~39%의 감염을 보이는 것으로 알려져 있다.(23) 전투상황에서 발생한 개방성 골절의 감염율은 아직 밝혀져 있지 않으나, 대부분이 총상과 폭발창에 의한 손상임을 고려할 때 최소한 그 이상의 감염율을 보일 것으로 예상할 수 있다.(4) Johnson 등은 전

투손상의 의해 발생한 Gustilo and Anderson type III에 해당하는 경골 골절에 대한 연구에서 35례 중 27례에서 골수염이 발생했고, 이중 5례에서는 감염 조절을 위해 절단술을 시행했다고 보고했다.(24) 다른 연구에 따르면 미 군 병원에 7년간 입원했던 664명의 사지 손상 환자 중 103명이 골

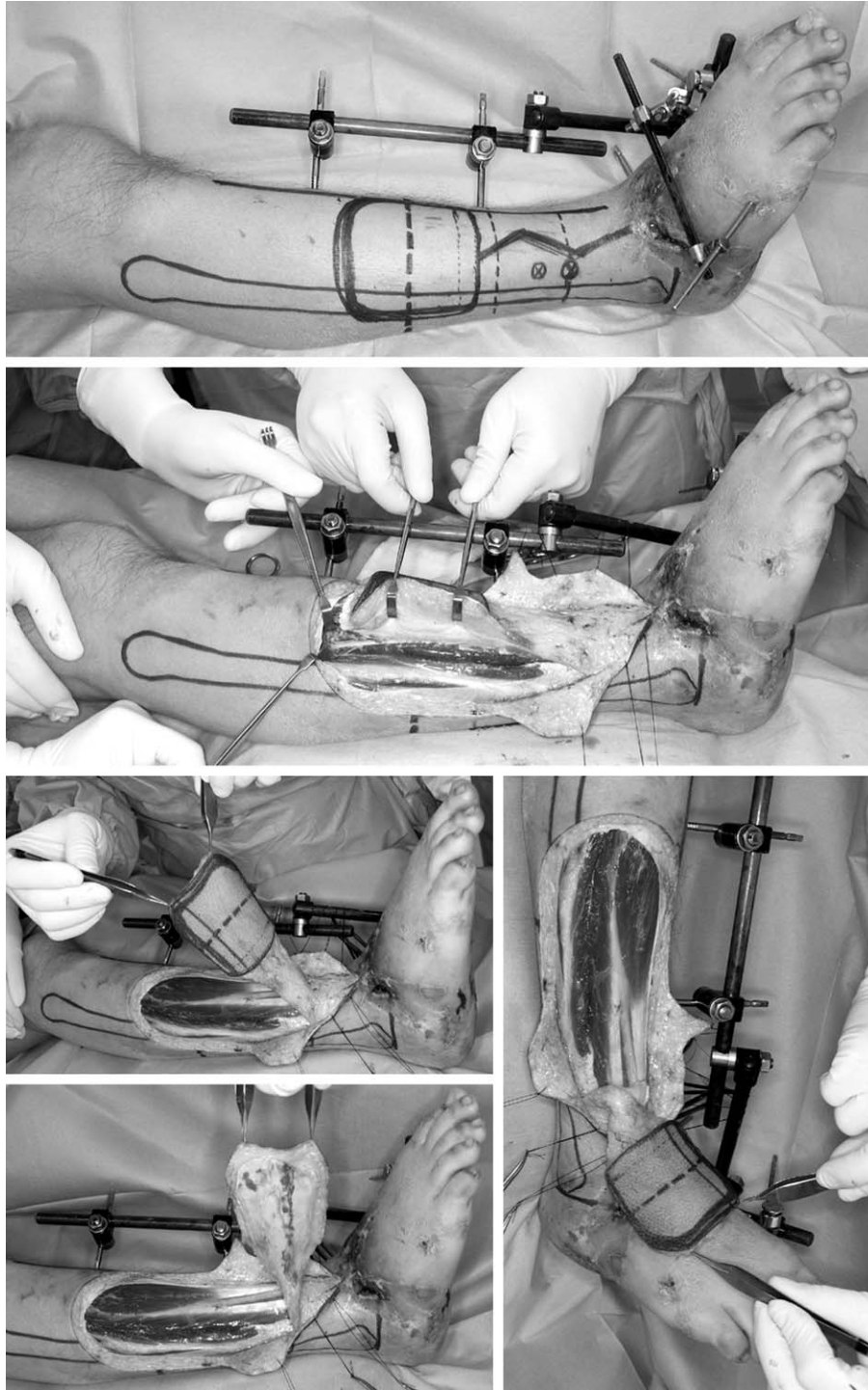


Fig. 7. 수상 후 6주째 저자중 한명이 피하근막 혈관경을 사용한 외측 과상부 피판술로 우측 족배부의 연부조직 결손을 복구하였다.

수염으로 치료를 받았다고 한다.(25) 따라서 전투 상황에서 발생한 총상 및 폭발상은 고오염성의 손상으로 감염의 방지를 최우선시 하여야 하며, 이를 위해 초기의 반복적인 변연 절제술과 항생제 치료, 창상 처리, 지연 재건술이 권장된다. 피관술을 급성기가 아닌, 아급성기에 시행하는 것도 이와 같은 맥락에서 볼 수 있을 것이다.

골절의 고정도 감염의 조절을 위해 중요한 것으로 알려져 있다. 골절을 고정할 경우 연부조직의 추가 손상을 막고, 조직의 치유를 촉진시켜 감염방지를 위해 긍정적인 효과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.(1,18,23) 미국의 경우 손상 교정 수술(damage control surgery)에서는 임시 외고정 장치를 적용하여 골절 부위를 안정화 시키고, 확정적인 수술

(definite surgery)에서 내고정으로 바꾸는 방식이 흔히 쓰이고 있다. 위의 증례들 중 증례 2와 3에서도 이런 단계적 순서로 치료가 진행되어 성공적인 결과를 얻을 수 있었다. 증례1에서는 손상 부위가 수부였기 때문에 K-wire를 사용해 임시 고정하였다. 이는 상황에 따라 외고정기를 대체할 수 있는 방법이고, 궁극적으로는 외고정기와 같은 역할을 하며 이후 금속판을 이용한 내고정으로 전환하였다는 점에서 공통점을 지닌다. 외고정에서 내고정으로 전환할 때 감염이 발생할 수 있다는 것도 항상 염두에 두어야 한다. 대퇴골과 경골의 경우 외고정을 골수내 정으로 전환할 경우 3.6%의 감염율이 보고되어 있어,(23) 필요할 경우 외고정 장치를 유지하면서 재건술을 시행할 수 있다. 임시 외고정 장치 외에도 캐



Fig. 8. 수상 후 3개월 후 저자중 한명이, 우측 중족부의 골결손에 대하여 자가 장골 이식술로 이식해 결손부를 메우고 Steinman pin과 Kirschner wire로 고정하여 중족관절 유합술을 시행하였다.

스트 등을 이용한 고정방법을 이용할 수도 있다. 일반적으로 개방성 골절에서 조기 내고정술은 금기시 되고 있지만, 상완골이나 전완부의 경우 감염율이 하지에 비해 낮고, 최초 수술 시 변연절제술 및 일차 금속판 고정술로 좋은 결과를 얻었다는 보고들도 있어 부위에 따라 치료 방침을 달리 할 수 있을 것이다.

전투상황에서 발생한 총상 및 폭발창에 의한 개방성 골절은 감염이 해결되더라도 재건술 자체의 난이도가 매우 높은 편이다.(5) 총상과 폭발창은 주변의 복합 분쇄 골절이나 광범위한 연부 조직 결손을 동반하는 골절이 많기 때문이다. 위의 증례들 중 증례 1과 3에서는 관절주변의 대량 골결손으로 인해 골유합술이 불가피 했고, 증례 2에서 관절은 보존되었

으나 심한 분쇄를 보이는 골절상상으로 인해 불유합이 발생했다. 이러한 복합 손상에서 좋은 결과를 얻기 위해서는 손상부위의 해부학적인 특성과, 감염의 여부, 주변의 연부조직, 동반된 인대 또는 건 조직의 손상, 환자의 나이와 활동성 등을 충분히 고려해서 치료에 임해야 할 것이다. 특히 증례1은 전투손상에 의한 관절 주변골절의 대표적인 예로 볼 수 있다. 이 증례에서는 비록 골소실로 인하여 여러 관절의 골유합술이 불가피 했으나, 적절한 술전 계획을 통해 환자의 필요에 부합하는 기능적인 수부를 재건할 수 있었다.(11) 또한 피판에 감각능을 부여하여, 기능 회복에도 더 큰 도움이 되었을 것으로 사료된다.



Fig. 9. 수상 후 2년 6개월, 추시 관찰에서 우측 중족관절의 골유합이 확인되었으며, 피판술 부위와 피부이식술 부위에 합병 증은 관찰되지 않았다. 환자는 보조기구 없이 자가 보행이 가능하였다.

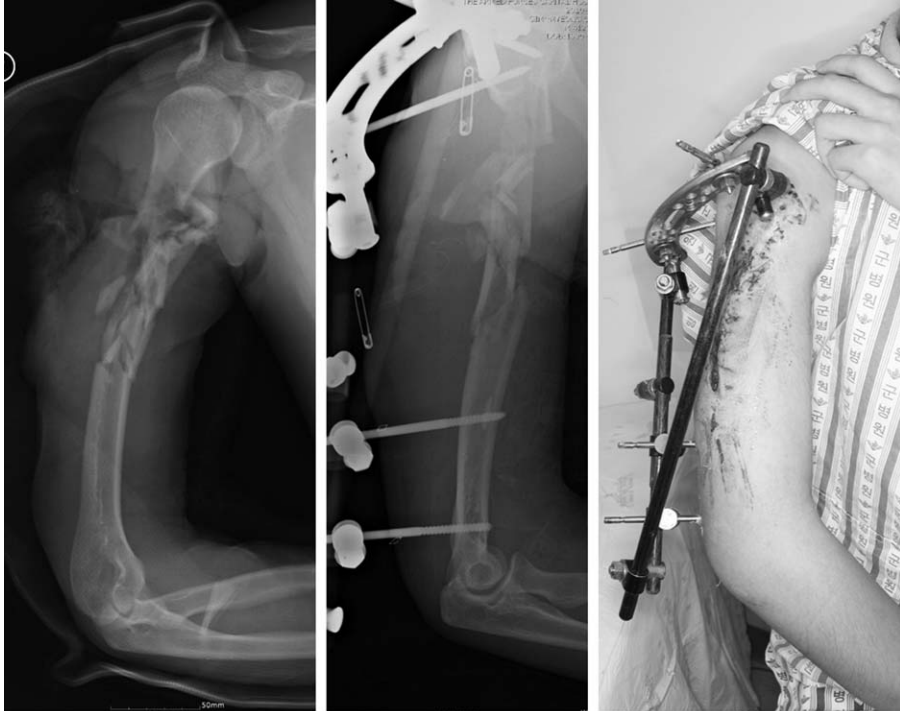


Fig. 10. 20세 남자 환자로 2010년 11월 23일 연평도 포격에서 포탄 폭발에 수상하였다. 우측 상완부의 피부조직을 포함해 삼각근의 외측 일부가 소실되었고, 상완골 간부 근위 절반 가량이 분쇄골절된 상태였다. 수상 직후 군병원에서 변연절제술 및 외고정술을 시행하였다.



Fig. 11. 수상 3개월 후 저자중 한명이, 우측 상완골 골절 부위에 자가장골 이식술을 시행하고 잠김 금속판을 이용해 내고정술을 시행하였다.



Fig. 12. 수상 후 2년 5개월, 추시 관찰에서 환자는 완전한 골유합을 얻었다.

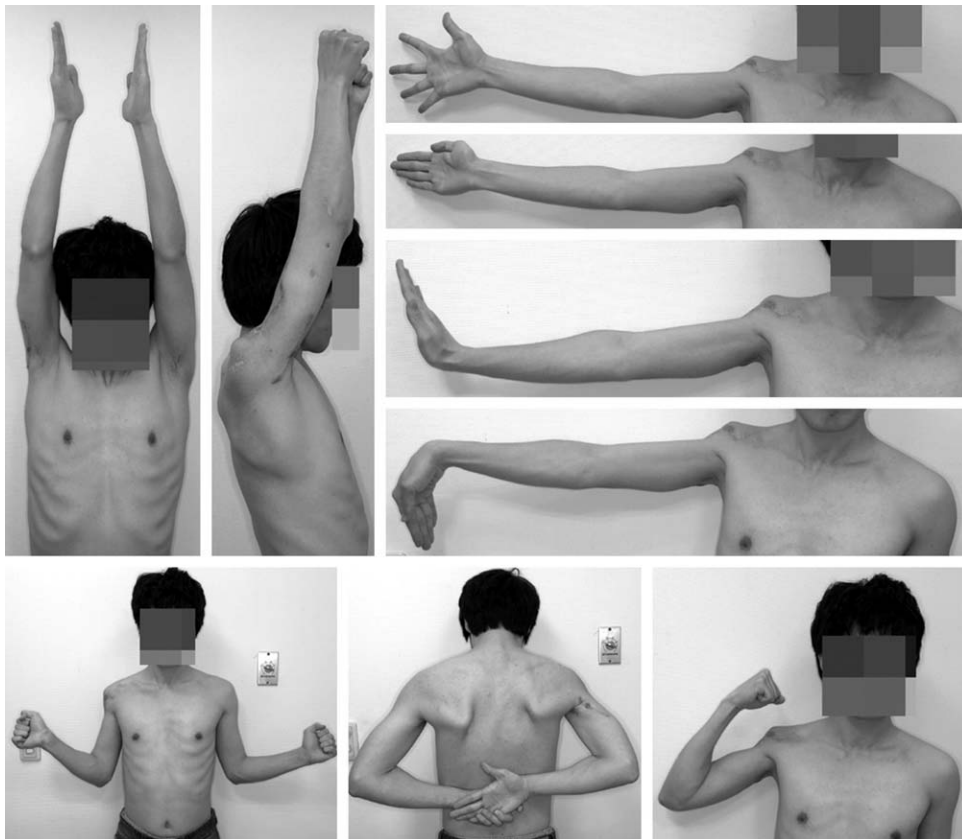


Fig. 13. 수상 후 2년 5개월, 우측 견관절과 주관절은 정상 운동 범위를 보였다. 삼각근의 결손으로 인해 견관절 외전력이 근력등급 4+로 감소되어 있었으나, 일상 생활에 지장 없이 활동이 가능하였다.

V. 결 론

전투 상황에서 발생한 총상 및 폭발상은 생명을 위협하는 내부 장기 손상과 더불어 각종 다발성 손상, 즉 개방성 골절과 이에 동반된 광범위한 연부조직 손상을 초래한다. 전투 손상에 대해서도 단계적 치료 원칙을 적용하여 치료하는 것이 권장된다. 즉, 초기에는 손상 조절 수술(damage control surgery)을 시행하는데, 이때는 내부 장기 손상으로 인한 불안정한 생체활력 징후를 안정화시키고, 개방성 골절 및 광범위한 연부조직 손상에 대해서는 출혈을 조절하고, 변연 절제술과 세척술, 골절부 안정화를 위한 외고정술 등을 시행한다. 이후 환자의 전신 상태가 호전되도록 집중 관리하고, 지속적인 창상 처치 및 항생제 치료 등을 시행하여 확정적 수술(definite surgery)의 적절한 시기와 방법에 대하여 계획하는 것이 필요하다. 이를 위해서 전통적인 고에너지 개방성 골절의 원칙을 따르는 것이 권장되는데, 초기에 내고정술이나 연부조직 재건술을 시행하기 보다는 반복적인 변연 절제술과 창상 처치, 항생제 사용 등을 통하여 감염을 방지하고, 창상이 충분히 깨끗해지면 확정적인 재건술을 하는 것이다. 확정적인 재건술에는 외고정의 내고정으로의 전환과 연부조직 재건술 등이 포함되며, 연부조직 결손을 복구하기 위해 피복술이 필요한 경우에도 아급성기에 시행하는 것이 더 성공율을 높일 수 있을 것이다.

저자들의 경험이 충분치는 않지만, 이 단계적 치료 원칙이 잘 적용되어 초기 처치가 적절히 되고 숙련된 수술자에 의해 재건술이 이루어진 경우 성공적인 치료 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Brown KV, Murray CK, Clasper JC. Infectious complications of combat-related mangled extremity injuries in the British military. *J Trauma* 2010; 69: S109-15.
- 2) Cross JD, Ficke JR, Hsu JR, Masini BD, Wenke JC. Battlefield orthopaedic injuries cause the majority of long-term disabilities. *J Am Acad Orthop Surg* 2011; 19: S1-7.
- 3) Moore EE, Knudson MM, Schwab CW, Trunkey DD, Johannigman JA, Holcomb JB. Military-civilian collaboration in trauma care and the senior visiting surgeon program. *N Engl J Med* 2007; 357: 2723-27.
- 4) Owens BD, Kragh JF, Jr., Macaitis J, Svoboda SJ, Wenke JC. Characterization of extremity wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *J Orthop Trauma* 2007; 21: 254-7.
- 5) Pollak AN, Ficke JR. Extremity war injuries: challenges in definitive reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg* 2008; 16: 628-34.
- 6) Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long

- bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58: 453-8.
- 7) Kaufman MR, Jones NF. The reverse radial forearm flap for soft tissue reconstruction of the wrist and hand. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2005; 9: 47-51.
- 8) Muhlbauer W, Herndl E, Stock W. The forearm flap. *Plast Reconstr Surg* 1982; 70: 336-44.
- 9) Yamauchi T, Yajima H, Kizaki K, Kobata Y, Fukui A, Tamai S. Sensory reconstruction in sensate radial forearm flap transfer. *J Reconstr Microsurg* 2000; 16: 593-5.
- 10) Rasmussen C, Roos S, Boeckstyns M. Low-profile plate fixation in arthrodesis of the first metacarpophalangeal joint. *J Hand Surg Eur* 2011; 36: 509-13.
- 11) Saldana MJ, Clark EN, Aulicino PL. The optimal position for arthrodesis of the metacarpophalangeal joint of the thumb: a clinical study. *J Hand Surg B* 1987; 12: 256-9.
- 12) Fatemi MJ, Jalilmanesh M, Dini MT. Evaluation of moving and static two point discriminations of volar forearm skin before and after transfer as a sensate radial forearm island flap in reconstruction of degloving injury of the thumb. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2007; 60: 356-9.
- 13) Lee YH, Rah SK, Choi SJ, Chung MS, Baek GH. Distally based lateral supramalleolar adipofascial flap for reconstruction of the dorsum of the foot and ankle. *Plast Reconstr Surg* 2004; 114: 1478-85.
- 14) Masquelet AC, Beveridge J, Romana C, Gerber C. The lateral supramalleolar flap. *Plast Reconstr Surg* 1988; 81: 74-81.
- 15) Lykoudis EG, Dimitrios P, Alexandros BE. One-stage reconstruction of the complex midfoot defect with a multiple osteotomized free fibular osteocutaneous flap: case report and literature review. *Microsurgery* 2010; 30: 64-9.
- 16) Sanli I, Hermus J, Poeze M. Primary internal fixation and soft-tissue reconstruction in the treatment for an open Lisfranc fracture-dislocation. *Musculoskelet Surg*. 2012; 96: 59-62.
- 17) Szendroi M, Antal I, Perlaky G. Mid-foot reconstruction following involvement of five bones by giant cell tumor. *Skeletal Radio* 2000; 29: 664-7.
- 18) Kumar AR, Grewal NS, Chung TL, Bradley JP. Lessons from the modern battlefield: successful upper extremity injury reconstruction in the subacute period. *J Trauma* 2009; 67: 752-7.
- 19) Sherman R, Rahban S, Pollak AN. Timing of wound coverage in extremity war injuries. *J Am Acad Orthop Surg* 2006; 14: S57-61.
- 20) Tintle SM, Gwinn DE, Andersen RC, Kumar AR. Soft tissue coverage of combat wounds. *J Surg Orthop Adv* 2010; 19: 29-34.
- 21) Godina M. Early microsurgical reconstruction of complex trauma of the extremities. *Plast Reconstr Surg* 1986; 78: 285-92.
- 22) Fischer MD, Gustilo RB, Varecka TF. The timing of flap coverage, bone-grafting, and intramedullary nailing in patients who have a fracture of the tibial shaft with extensive soft-tissue injury. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73: 1316-22.
- 23) Murray CK, Hsu JR, Solomkin JS, Keeling JJ, Anderson RC,

- Ficke JR et al. Prevention and management of infections associated with combat-related extremity injuries. *J Trauma* 2008; 64: S239-51.
- 24) Johnson EN, Burns TC, Hayda RA, Hospenthal DR, Murray CK. Infectious complications of open type III tibial fractures among combat casualties. *Clin Infect Dis* 2007; 45: 409-15.
- 25) Yun HC, Branstetter JG, Murray CK. Osteomyelitis in military personnel wounded in Iraq and Afghanistan. *J Trauma* 2008; 64: S163-8.