

상지의 고압 전기화상의 혈관조영술 및 자기공명영상 소견: 증례 보고¹

최미봉 · 이경규 · 서경진² · 강익원 · 황대현 · 이일성 · 민선정 · 전 욱³

전기화상은 인체와 전기접촉으로 발생하는 조직의 손상으로 손상부위의 광범위한 응고성 괴사와 내부장기, 신경계, 심혈관계, 근골격계 등 거의 모든 장기에 심각한 합병증을 일으킨다. 국내 문헌에 고압 전기화상 환자에서 뇌의 MRI 소견에 대한 증례보고가 있으나 아직 사지에 발생한 고압 전기화상 환자의 MRI 소견에 대한 국내보고는 없다. 이에 저자들은 고압 전기화상 환자에서 발생한 상지의 근육 손상을 경험하여 혈관조영술과 자기공명영상 소견을 문헌 고찰과 함께 보고한다.

전기화상은 인체와 전기접촉으로 발생하는 조직의 손상으로 손상부위의 광범위한 응고성 괴사와 내부장기, 신경계, 심혈관계, 근골격계 등 거의 모든 장기에 심각한 합병증을 일으킨다 (1). 전기화상은 일반화상과 달리 상대적으로 적은 표면의 상처부위 밑에 근육에 광범위한 손상을 줄 수 있으며 숨겨진 근육 손상은 점차 진행되어 결국은 패혈증이나 광범위한 사지 절단 같은 합병증을 가져온다(2). 전기화상 후 빠른 치료를 시행하여 가능한 조직손상과 합병증을 줄여야 하고 이를 위해 근육 손상의 위치와 정도를 정확히 평가하여야 한다. 근육 손상부위를 평가하는 방법으로 핵의학검사와 혈관조영술이 사용되고 있으나(2-5) MRI는 핵의학검사나 혈관조영술보다 공간 해상 능이 뛰어나고 조영증강영상에서 손상을 받은 근육에 괴사부위와 생존부위의 정확한 해부학적 위치를 구별할 수 있어 손상 부위 정도, 위치, 범위 등의 평가에 유용하다(2, 6, 7). 국내 문헌에 고압 전기화상 환자에서 뇌의 MRI 소견에 대한 증례보고가 있으나(8) 아직 사지에 발생한 고압전기화상 환자의 MRI 소견에 대한 국내보고는 없다.

이에 저자들은 고압 전기화상 환자에서 발생한 상지의 근육 손상을 경험하여 혈관조영술과 자기공명영상 소견을 문헌 고찰과 함께 보고한다.

증례 보고

38세 남자 전기공이 전진주 작업도중 22,900 volts에 감전되어 우측 손목관절에서 좌측 발목관절로 나가는 직접 접촉 화

상을 입고 다음 날 전원 되었다. 환자는 우측 전완부는 3도 화상이 관찰되었고 좌측 하지에도 3도 화상이 보였으며 전원 당시 우측 전완부는 근막 절개술이 되어 있는 상태였다. 환자의 의식은 정상이었고 신경학적 검사상 이상소견은 없었다. 검사실 소견상 백혈구(white blood cell, 이하 WBC), 적혈구침강 속도(Erythrocyte Sedimentation Rate, 이하 ESR), C 반응성단백질(C - reactive protein, 이하 CRP), 글루탐옥살로산트랜스아미나제(glutamic oxalacetic transaminase, 이하 GOT)/글루탐피루빈산트랜스아미나제(glutamic pyruvate transaminase, 이하 GPT) 및 락트산탈수소효소(lactate dehydrogenase, 이하 LDH)/크레아틴인산활성효소(creatine phosphokinase, 이하 CPK)의 수치가 증가하였고 미오글로빈뇨(myoglobinuria)가 있었다. 기타 검사에서는 이상소견이 없었다.

수상 후 7일째 시행한 혈관조영술에서 우측 전완부 원위부에서 요 척골동맥의 완전한 폐쇄가 관찰되었다(Fig. 1). 수상 후 16일째 시행한 우측 주관절 MRI에서 주로 상완근에 T1 강조영상에서 근육의 미만성 종창이 관찰되었고, T2 강조영상에서 고신호 강도로, 조영증강영상에서 상완근의 거의 전체가 조영증강이 되지 않는 광범위한 근육 괴사부위로 관찰되었다(Fig. 2A-D). 그리고 상완이두근과 삼두근의 일부 부위에서도 조영증강이 되지 않는 괴사 부위가, 전완부의 굴근에도 광범위한 괴사 부위가 관찰되었다.

결국, 수상 후 42일째에 우측 주관절 이단술(Elbow disarticulation)을 시행하게 되었다. 수술 소견상 우측 전완부는 근육 및 연부조직 대부분이 괴사하여 죽은 조직이 완전히 말라 비틀어버린 상태의 검은색으로 미라화(mummification) 되어 있었다.

¹한림대학교 의과대학 한강성심병원 영상의학과

²동국대학교 의과대학 경주병원 영상의학과

³한림대학교 의과대학 한강성심병원 화상외과

이 논문은 2009년 10월 26일 접수하여 2009년 11월 25일에 채택되었음.

고 찰

전기화상은 환부 및 전압에 따라 분류하는데 환부에 따라 직접 전기손상(direct electrical injury), 섬광화상(arc burn), 열화상(thermal burn)으로 구분하며 전압에 따라 1,000 volts 이상의 고압 전기화상과 1,000 volts 이하의 저압 전기화상으로 구분한다. 고압 손상은 화상을 입은 피부의 상처는 작으나 화상부위 밑의 피하조직이나 근육에 심한 손상이 나타난다(9, 10). 감전되면 전기는 가장 작은 저항을 따라 가장 짧은 경로를 택하여 흐르면서 체내에서 전기 에너지가 열 에너지로 바뀌어 따라 전류가 흐르는 길에 노출된 조직들은 열 손상을 받는다. 전류가 흐르는 양은 각 조직의 고유 저항과 깊은 관계가 있으며 척수, 말초신경, 혈관, 근육, 피부, 인대, 지방, 골의 순으로 커진다. 저항이 낮은 부위는 감전으로 인한 손상이 심하며 저항이 높은 부위는 상대적으로 손상을 적게 받는다(9, 10).

고압 전기손상 시 근육의 영양 동맥 같은 소동맥에 혈전이 형성되면서 근육이 점차 괴사하여 가며 이러한 변화가 2-3주까지 지속하므로 감전 후 약 2-3주가 지나야 죽은 조직과 살아 남은 조직과의 경계가 확실히 구분된다. 이를 적절히 치료하지 않으면 숨겨진 근육 손상은 점차 진행되어 결국은 패혈증이나 광범위한 사지 절단 같은 합병증을 가져온다(9, 10).

전기화상 후 빠른 치료를 시행하여 가능한 조직손상과 합병증을 줄여야 하고 이를 위해 근육 손상의 위치와 정도를 정확히 평가하여야 하는데 평가방법으로 임상소견과 검사실소견, 핵의학검사, 혈관조영술 및 MRI 등이 사용되고 있다. 화상부위의 부종, 압통, 맥박의 감소나 검사실 소견상 GOT, GPT 증가, 미오글로빈뇨, CPK, LDH의 증가는 심한 조직 손상이 있음을 시사하지만, 조직손상의 위치나 정도를 알 수 없다(9). 저자들의 증례에서 임상소견 및 검사실 소견은 이전 보고와 비슷하였으며 조직손상의 위치나 정도는 임상소견 및 검사실 소견만으로 알 수 없었다.

고압 전기화상 환자에서 수술이나 치료계획을 세우는데 동맥손상의 정도를 평가하는 것이 매우 중요하며 혈관조영술은 동맥손상을 평가하는데 유용한 방법이다(4, 5). 장 등(5)은 고압 전기화상은 대부분 산업현장에서 손으로 작업하는 도중 발생하기 때문에 동맥손상은 주로 전기 입력부인 상지의 요 척골동맥에서 발생하고 동맥손상의 형태는 느린 혈류, 협착, 폐쇄로 나타나며 이중 폐색이 가장 흔하게 발생한다고 보고하였다. 저자들의 증례에서도 우측 전완부 원위부에서 요 척골동맥의 완전한 폐쇄가 있었으며 이는 직경이 비교적 적은 혈관이 전기에 의한 열 분산이 드물게 발생하기 때문에 응고괴사가 발생하기 때문이다(5).

99mTc-PYP 스캔은 근육 괴사를 진단하는데 유용하다고 보고되었다(2, 3). Timmons 등(3)은 22명 환자 중 16예에서 99mTc-PYP scan 결과와 병리소견과 상관관계에서 87%의 민감도(sensitivity), 100%의 특이도(specificity)를 보였다고 보고하였다. 그러나 핵의학 검사는 공간해상능이 낮으며 손

상을 받은 근육 내에 괴사 부위와 생존부위의 정확한 해부학적 위치를 구별하는데 어려움이 있다(2).

MRI는 핵의학검사나 혈관조영술보다 공간 해상능이 뛰어나고 근육 괴사의 위치, 범위 등의 평가에 유용하여 사지 절단 위치를 결정하는데 도움을 준다(2, 6, 7). Fleckenstein 등(2)은 MRI에서 근육 괴사 소견을 3가지 형태로 분류하였다. T2 강조영상에서 고신호 강도를 보이고 조영증강영상에서 조영증강을 보이는 부종 부위는 손상된 근육이 생존부위임을 나타내는 소견이며(type 1) 반면에 T2 강조영상에서 고신호 강도를 보이며 조영증강영상에서 조영증강이 보이지 않는 부위는 손상된 근육이 혈류공급이 없는 괴사 부위임을 나타내는 소견이다(type 2). T2 강조영상에서 고신호 강도로 보이지 않으며 조영증강영상에서 조영증강이 없는 부위도 손상된 근육이 혈류공급이 없는 괴사 부위임을 나타내는 소견이다(type 3). 어떤 부위에서는 광범위한 근육 괴사부위로 나타나며 어떤 부위는 근육 괴사부위와 생존부위가 같이 공존하고 있다. 한가지 주의할 점은 근육 괴사부위가 T2 강조영상에서 고신호 강도로 보이지 않고 정상 신호강도로 보이면 조영증강영상을 시행하지 않으면 괴사 부위를 간과할 수 있어 주의를 요한다(2). Ohashi 등(6)은 전기화상 후 절단된 전완부의 MRI와 조직병리에 대한 연구에서 T1 강조영상에서 신호강도 증가가 거의

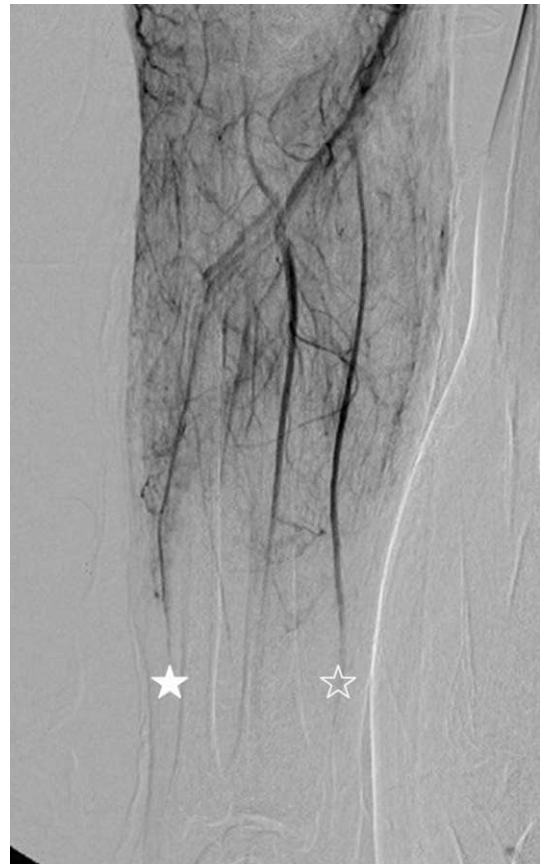


Fig. 1. A 38-year-old man with high-voltage electrical burn. Conventional angiography of the right upper extremity shows complete occlusion of ulnar (asterisk) and radial artery (open asterisk) in the distal one-third of the forearm.

없고, T2 강조영상에서 고신호 강도로 보이고, 조영증강이 되지 않는 부위는 응고괴사 부위에 해당한다고 보고하였다. 저자들의 증례에서 혈관조영술에서 우측 전완부 원위부에서 요 척골동맥의 완전한 폐쇄가 있어 주관절 주위의 근육은 정상일 것으로 생각하였다. 그러나 주관절 MRI에서 주로 상완근에 T2

강조영상에서 고신호 강도로 보이며, 조영증강영상에서 상완근의 거의 전체가 조영증강이 되지 않는 광범위한 근육 괴사를 보여 혈관조영술보다 정확한 근육 괴사 위치를 알 수 있어 사지 절단 위치를 결정하는데 도움이 되었다. 이런 경우 환자는 주관절 부위의 피부가 거의 정상적으로 보이기 때문에 전완부

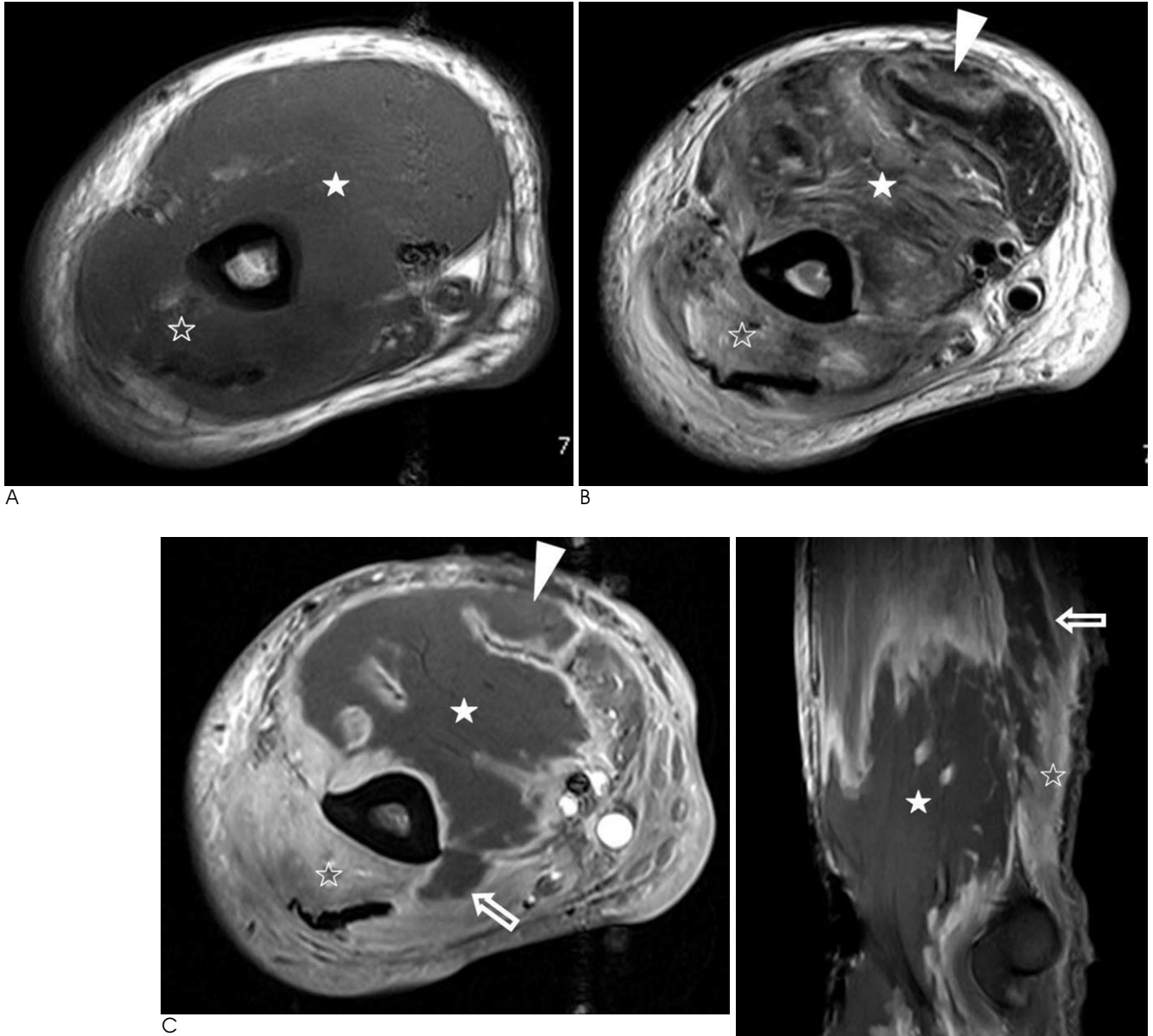


Fig. 2. A. Axial T1-weighted (500/10) spin-echo MR image shows enlargement of right brachialis (asterisk) and triceps brachii muscles (open asterisk) whose signal intensity are similar to that of normal muscle. B. Corresponding axial T2-weighted (3600/109) turbo spin-echo MR image shows a heterogenous high signal intensity in the entire brachialis (asterisk) and triceps brachii muscles (open asterisk) and a part of biceps brachii muscle (arrowhead). C, D. Gadolinium-enhanced axial (C) and sagittal (D) T1-weighted spin-echo MR images obtained with fat saturation show peripheral rim enhancement in the entire brachialis muscle (asterisk) and part of triceps brachii (open arrows) and biceps brachii muscles (arrowhead), representing coagulation necrosis. There is diffuse enhancement of triceps brachii muscle (open asterisk), representing perfused and viable area of edematous muscle.

절단술이 아니라 주관절 이단술을 시행하자고 하면 동의하지 못하고 수술을 거부하게 되며 저자들의 환자도 처음에는 주관절 이단술을 거부하였다. 이런 환자들에게 MRI는 근육 손상을 객관적으로 보여줄 수 있어 치료계획에 도움이 된다.

결론적으로 MRI는 상지에 발생한 고압전기화상 환자의 근육 괴사의 해부학적 위치와 정도를 구분하므로 근육 괴사 진단과 사지 절단 위치를 결정하는데 유용한 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Rouse RG, Dimick AR. The treatment of electrical injury compared to burn injury: a clinical review of pathophysiology and comparison of patient management protocols. *J Trauma* 1978;18:43-47
2. Fleckenstein JL, Chason DP, Bonte FJ, Parkey RW, Hunt JL, Purdue GF, et al. High-voltage electric injury: assessment of muscle viability with MR imaging and Tc-99m pyrophosphate scintigraphy. *Radiology* 1995;195:205-210
3. Timmons JH, Hartshorne MF, Peters VJ, Cawthon MA, Bauman JM. Muscle necrosis in the extremities: evaluation with Tc-99m pyrophosphate scanning-a retrospective review. *Radiology* 1988;

- 167:173-178
4. Li L, Chai J, Sheng ZC, Guo Z, Chen Y, Ouyang Z. A comparative study on the predictive value of digital subtraction angiography and B-mode ultrasonography in evaluating arterial injury in high-voltage electrical burn of the forearm. *J Burn Care Res* 2006;27:502-507
5. 장태영, 조영규, 문재환, 김현철, 조진현. 고압 전기화상 환자의 혈관조영술 특징. *대한화상학회지* 2007;10:131-134
6. Ohashi M, Koizumi J, Hosoda Y, Fujishiro Y, Tuyuki A, Kikuchi K. Correlation between magnetic resonance imaging and histopathology of an amputated forearm after an electrical injury. *Burns* 1998;24:362-368
7. Nettelblad H, Thuomas KA, Sjöberg F. Magnetic resonance imaging: a new diagnostic aid in the care of high-voltage electrical burns. *Burns* 1996;22:117-119
8. 김정숙, 홍성환, 이명준, 조성희, 이일성, 강익원. 고압전기화상 환자에서의 뇌의 MRI 소견: 증례보고. *대한방사선의학회지* 2003;48:387-389
9. 문상운, 김현철. 전기화상의 절단분석. *대한화상학회지* 2002;5:38-56
10. 송상언, 김현철, 장영수, 이동락. 전기 화상의 역학적 고찰. *대한화상학회지* 2007;10:1-12

J Korean Soc Radiol 2010 : 62 : 389-392

Arteriographic and MR Imaging Findings of a High-Voltage Electrical Burn in the Upper Extremity: A Case Report¹

Mi Nyong Choi, M.D., Gyung Kyu Lee, M.D., Kyung Jin Suh, M.D.², Ik Won Kang, M.D., Dae Hyun Hwang, M.D., Eil Seong Lee, M.D., Seon Jung Min, M.D., Wook Chun, M.D.³

¹Department of Radiology, Hallym University College of Medicine, Hangang Sacred Heart Hospital

²Department of Radiology, Dongguk University College of Medicine, Gyeongju Hospital

³Department of Surgery, Burn Center, Hallym University College of Medicine, Hangang Sacred Heart Hospital

An electrical injury is defined as sequelae caused by accidental contact with human-made or generated electrical power. A high-voltage electrical burn can cause many complications of numerous body systems within an individual's body, including the cardiac, respiratory, musculoskeletal, and central nervous systems. The radiologic features of this rare and sometimes life-threatening injury have occasionally been described in the literature. However, to the best of our knowledge, there have been no reports in Korea on the arteriographic and MR imaging findings of high-voltage electrical burn involving the body's upper extremity. In this article, we describe the imaging findings of a case involving a high-voltage electrical burn in the upper extremity, with an emphasis on the arteriographic and MR imaging findings and a review of the literature.

Index words : Burns, Electrical
Muscle, Skeletal
Magnetic Resonance Imaging
Angiography
Upper Extremity

Address reprint requests to : Gyung Kyu Lee, M.D., Department of Radiology, Hallym University College of Medicine, Hangang Sacred Heart Hospital, 94-200 Yeongdeungpo-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-719, Korea.
Tel. 82-2-2639-5542 Fax. 82-2-2679-0121 E-mail: lgkhope@nate.com