

## 불화수소산에 의한 화학화상 2례

계명대학교 의과대학 동산의료원 응급의학교실

장성원 · 손유동 · 주명돈 · 최우익

— Abstract —

### Two Cases of Chemical Burns by Hydrofluoric Acid

Sung-Won Jang, M.D., You-Dong Sohn, M.D., Myung-Don Ju, M.D., Woo-Ik Choi, M.D.

*Department of Emergency Medicine, School of Medicine, University of Keimyung,  
Dongsan Medical Center, Daegu, Korea*

Hydrofluoric acid is a colorless gas or fuming liquid with a strong, irritating odor. Hydrofluoric acid burns are uncommon; however, if severe burn occur, they caused death from systemic effects, such as fatal cardiac arrhythmia. We experienced two cases of hydrofluoric acid chemical burns on digits. These patients had typical clinical features of hydrofluoric acid chemical burns, such as pulsating pain at the burn site, as well as ischemic and necrotic skin changes. The hydrofluoric acid chemical burn was confirmed by a history of exposure. Subsequently, we made a calcium gluconate gel by mixing 20% calcium gluconate, an antagonist against hydrofluoric acid, with lubricant, and we injected 10% calcium gluconate subcutaneously when they complained of pain rated at higher than 5 on the pain scale. Simultaneously, we monitored the patients' electrocardiographs and checked their serum total calcium, ionized calcium, and magnesium levels serially. Clinical presentations and the emergency management of hydrofluoric acid chemical burns were reviewed along with the current literature. These patients were discharged without any significant complications. (J Korean Soc Traumatol 2006;19:173-177)

**Key Words:** Hydrofluoric acid, Calcium gluconate, Chemical burn

#### I. 서론

불화수소산(Hydrofluoric Acid, HF)은 가정에서는 물론 여러 산업 분야에 널리 쓰이는 강력한 비유기성 산의 일종으로 매우 위험한 물질이다. 불화수소산은 심각한 피

부화상의 발생 및 전신적이며 치명적인 독성 유발이라는 두 가지 측면에서 독특한 성질을 보인다. 심한 불화수소산 화상에 의한 사망의 원인은 이미 알려진 바와 같이 국소적 혹은 전신적 불소 독성에 의한 직접적 혹은 간접적 효과로 유발되는 치명적인 부정맥이다. 이러한 부정맥의 기전은

\* Address for Correspondence : **Woo-Ik Choi, M.D.**

Department of Emergency Medicine, School of Medicine, University of Keimyung Dongsan Medical Center,  
194 Dongsan-dong, Jung-gu, Daegu, Korea  
Tel : 82-53-250-7609, Fax : 82-53-250-7028, E-mail : emtaegu@dsmc.or.kr

접수일: 2006년 8월 17일, 심사일: 2006년 10월 11일, 수정일: 2006년 10월 26일, 승인일: 2006년 11월 14일

\* 본 증례는 제 21차 대한외상학회 춘계 학술대회에서 발표된 내용임.

불소이온 중독과 관련된 일련의 과정들, 즉 고칼륨혈증, 저칼슘혈증, 그리고 저마그네슘혈증등과 같은 전해질 이상에 기인하며, 이로 인해 치명적인 부정맥이 발생하고 사망한다.(1)

불화수소산에 의한 손상의 치료는 응급상황에서 일관된 치료 방침이 없을 정도로 광범위하다.(2) 따라서 저자들은 도금공장 근로자 및 치과기공사에게 발생한 불화수소산에 의한 화학화상 2례에 대해 장갑을 이용한 칼슘 글루콘산 젤 도포와 피하 주입을 이용한 중화제의 치료 경험을 보고하는 바이다.

## Ⅱ. 증 례

### 1. 증례 1

41세 남환은 내원 5시간 전 도금공장에서 왼쪽 두 번째 손가락 끝이 따끔거리는 느낌이 들어 손을 보니 장갑에 구멍이 난 상태로 불화수소산에 노출되었으며, 즉시 물로 씻어 보았으나 지속되는 통증을 주소로 타원을 경유하여 본

원 응급센터로 내원하였다. 환자의 과거력상 당뇨, 고혈압, 결핵의 과거력은 없었고, 내원 시 활력징후는 혈압 140/80 mmHg, 맥박 분당 84회, 호흡수 분당 20회, 체온 36.4°C였다. 신체검사에서 왼쪽 두 번째 손뼉부위는 전체적으로 창백하며, 일부분은 검게 변한 모습을 보였다 (Fig. 1).

내원 당시 실시한 전혈구계산치는 정상이었으며, 혈청 전해질검사서 나트륨 146 mmol/L, 칼륨 4.0 mmol/L, 염소이온 106 mmol/L였다. 혈중 전체 칼슘은 9.3 mg/dL, 혈중 이온화 칼슘 2.25 mEq/L였으며, 혈중 이온화 마그네슘 2.25 mg/dL였다. 심전도 검사상 의미 있는 ST-T절의 변화나 U 파, 연장된 QT 간격은 관찰되지 않았다. 불화수소산에 의한 손상을 의심하여 응급 치료로 20% 칼슘 글루콘산 용액을 윤활제와 섞어서 만든 젤을 비닐장갑의 수상 부위 손가락 부분에 채워 넣은 후 환자에게 착용시키고 일정한 간격으로 장갑을 교환해 줌으로써 지속적으로 글루콘산 칼슘 젤이 피부에 도포될 수 있도록 하였으며, 주관적 통증 평가에서 환자가 통증을 호소할 때마다 통증 숫



**Fig. 1.** The picture of case 1. There is a hydrofluoric acid burn on left second finger tip. The burned skin shows ischemic and necrotic changes in part of burned skin.



**Fig. 2.** The picture of case 2. There is a hydrofluoric acid burn on left second finger tip. The skin which may be burned is seen more erythematous than other skin.

자 척도를 평가하여 0(무통)에서 10(극심한 통증)구간 중 5 이상의 통증에서는 10% 칼슘 글루콘산의 피하주사도 동시에 시행하였다. 또한 심전도상의 변화를 관찰하기 위한 심전도 감시 장치를 부착하였다.

내원 당일부터 다음날까지 6시간 간격으로 시행한 혈액 검사 결과는 정상범위였고, 응급실을 내원하여 12시간 경과 후 통증은 숫자 척도에서 거의 0에 가까운 정도로 소실되었으며, 병변도 더 이상 진행되는 모습은 보이지 않았다(Fig. 4). 이후 본원 성형외과에 입원하여 입원 1일째와 입원 3일째 변연절제술을 시행하여 괴사된 조직을 제거하였으며, 입원 10일째 특별한 합병증 없이 퇴원하였고 이후 성형외과 외래를 통하여 추적관찰 중 이다.

## 2. 증례 2

22세 여환은 내원 20여분 전 치과 기공소에서 고무장갑과 집게를 이용하여 불화수소로 치과보철물 이물질 제거 작업을 하던 도중, 오른쪽 세 번째, 네 번째 손가락 끝이 따갑고 화끈거리며 마비되는 듯한 느낌이 들어 본원 응급센터로 내원하였다. 환자의 과거력에서 특이소견은 없었으며, 내원 시 활력징후는 혈압 120/80 mmHg, 맥박 분당 78회, 호흡수 분당 12회, 체온 36.6°C였다. 신체검사서 오른쪽 세 번째와 네 번째 손가락 끝부분이 주변보다 다소 붉은 피부병변을 보였으나, 허혈이나 괴사는 보이지 않는 등 전반적인 피부 및 손톱상태는 양호하였다(Fig. 2).

내원 당시 실시한 전해질구체산치는 정상이었으며, 혈청전해질검사서 나트륨 140 mmol/L, 칼륨 4.2 mmol/L, 염소이온 105 mmol/L였다. 혈중 전체 칼슘은 9.7 mg/dL 이었으며, 혈중 이온화 칼슘 2.45 mEq/L, 혈중 이온화 마그네슘 2.0 mg/dL였다. 심전도 검사에서도 정

상범위 내였다. 불화수소산에 의한 손상을 의심하여 응급 치료로 20% 칼슘 글루콘산 용액을 앞선 증례와 같이 윤활제와 섞어서 만든 젤을 비닐장갑의 수상 부위 손가락 부분에 채워 넣은 후 환자에게 착용시켰다. 주관적 통증 평가에서 환자가 통증을 호소할 때마다 통증 숫자 척도를 평가하여 5 이상의 통증에서는 10% 칼슘 글루콘산의 피하주사도 동시에 시행하였다. 또한 심전도 감시 장치의 부착도 시행하였다.

내원 당일에서 다음날 까지 6시간 간격으로 시행한 혈액 검사 결과는 정상범위였고, 응급실 내원하여 12시간 경과 후 통증은 소실되었으며, 병변도 더 이상 진행되는 모습은 보이지 않았다(Fig. 5). 이 후 응급실에서 퇴실하였고 성형외과 외래를 통한 추적관찰 중이며 본원 성형외과에서 병변의 회복을 확인하였다.



Fig. 3. The example picture of polyvinyl glove filled with calcium gluconate gel.

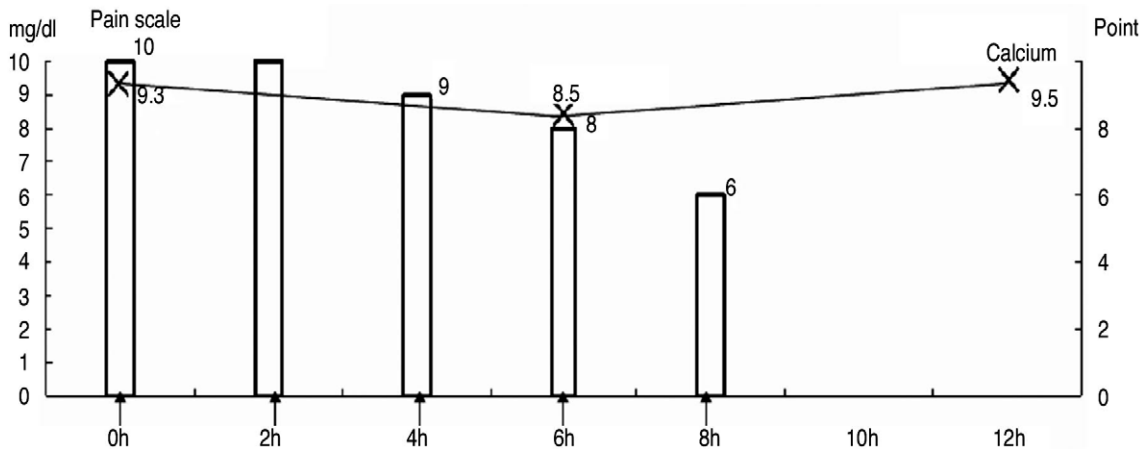


Fig. 4. Laboratory result and subjective pain scale change of patient in case 1. Serum level of total calcium and active calcium ion is within normal range. Subjective pain scale is decreased gradually. In case of more than 5 point in subjective pain scale, calcium gluconate is subcutaneously injected and calcium gluconate gel is continuously covered over burned skin.

↑ : Calcium gluconate infiltration

### Ⅲ. 고 찰

불화수소산(Hydrofluoric Acid)은 여러 산업분야에 활용되는 강력한 부식물질이다. 국내에서도 치과기공, 사진 현상 등의 여러 분야에서 활용되고 있으며, 최근에는 반도체 산업에 많이 이용되고 있다. 불화수소산의 발생빈도는 미국의 경우 매년 입원한 화상 환자 중 4%를 차지하며, 특히 사망률은 28%에 달할 정도로 높다고 보고하고 있다. (3) 국내의 보고는 최근 9년간 78명의 입원한 화학 화상 환자의 1.3%를 차지하며, 화학물질에 따른 발생빈도가운데 7번째로 보고하여 비교적 적은 발생을 보였다. (4)

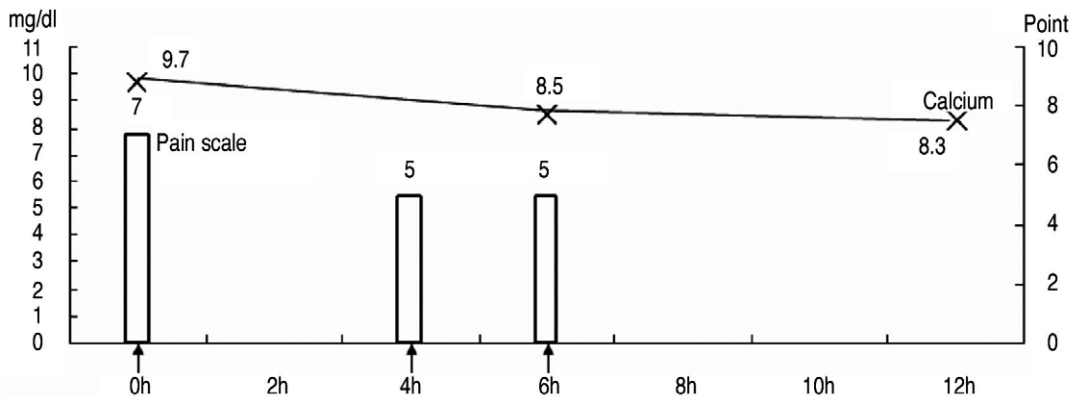
불화수소산은 다른 산들과는 달리, 높은 투과성 지수로 피부를 쉽게 침투하는 성질을 가지고 있어, 일단 표피에 침투한 불화수소산은 불소이온과 수소이온으로 나뉘게 되고 이 중 불소이온은 칼슘과 마그네슘에 쉽게 결합하며, 또한 피부를 뚫고 들어간 불화수소산은 세포막의 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> ATPase 펌프에 영향을 주어, 세포 안에서부터 세포 밖으로 칼륨의 배출을 유발하여 전해질 이상을 일으킨다. 따라서 불화수소산에 의한 화상 손상은 두 가지 분명한 기전에 의해 나타난다. 첫 번째는 염산이나 황산의 경우와 같이 고농도의 수소 이온에 의한 즉각적인 부식성 화상이다. 두 번째는 강한 지방 친화성을 가진 불소 이온에 의한 심부 조직 침투 및 심한 통증을 동반한 용해성 괴사이다. 따라서 불소 이온에 의한 괴사는 표면의 불소를 제거한다고 하더라도 칼슘이나 마그네슘염을 형성하여 중화되지 않는 한 계속된다. 이러한 중화는 천연의 칼슘 혹은 마그네슘 혼합물 혹은 의료용으로 주입되는 혼합물에 의해 이루어 질 수 있다. (1)

불화수소산 화상의 임상양상은 노출된 불화수소산의 농도와 노출된 피부 면적, 그리고 노출 시간에 따라 달라진다. 첫째, 불화수소산의 농도와 노출된 피부면적 사이의

관계에서 고농도의 광범위한 노출인 경우 치명적인 상황을 일으키는 것으로 알려졌지만, 고농도 광범위 노출이 아닌 고농도, 국소부위 노출 또는 저농도, 광범위 노출과 같은 경우의 예후에 대해서는 알려져 있지 않다. (1) 둘째, 농도와 노출 시간사이의 관계에서 불화수소산 화상의 양상은 불화수소산의 농도에 따라 다양하다. 50%이상의 고농도에 노출된 경우에는 항상 즉각적이고 분명한 조직 파괴를 동반한 통증이 나타나며, 20~50% 농도의 경우에는 노출된 지 수 시간 이내에 증상이 나타난다. 그리고 20% 이하의 농도에 노출된 경우, 증상이 나타날 때까지 24시간 정도 걸릴 수 있다. 따라서 금속 세척제에서 볼 수 있는 3% 정도의 저 농도의 경우에는 낮 시간 동안의 노출 이후, 다음 날 새벽녘에 환자에게서 노출부위의 심한 박동성 통증이 나타나기도 한다. 다행히도 이와 같은 저 농도 노출에 의한 불화수소산 화상이 가장 일반적인 경우이다. (1,5)

불화수소산 화상에 있어 병원 전 단계에서 시행되어야 할 치료는 현장으로 부터의 즉각적인 구조, 오염된 의복의 제거 및 다량의 물을 이용한 세척이다. 칼슘 젤과 같은 중화제의 사용은 사고 직후 이루어지면 가장 이상적이지만, 중화제가 갖춰지지 않은 경우, 물 세척이 불화수소산에 의한 조직 투과와 전신증상의 과정을 최소화하는데 가장 중요한 응급 치료법이다. 물을 이용한 세척치료의 시간에 대해서는 아직 논쟁의 여지가 있지만, 오염된 피부의 경우 최소한 20분 이상의 세척이 권장된다. 병원 단계에서는 중화제의 치료와 동시에 모든 응급의료인들은 스스로가 오염에 노출되지 않도록 주의하는 것이 중요하며, 기본적인 수술용 장갑의 사용은 최소한의 보호를 위해 권장되지만 일회용 장갑은 이중으로 착용하지 않는 한 사용하지 않는 것이 좋다. 그 이유는 아주 미세한 구멍을 통한 이차적인 불화수소산 노출의 가능성이 있기 때문이다. (5)

이번 증례에서 시행한 불화수소산 화학화상에 중화제를



**Fig. 5.** Laboratory result and subjective pain scale change of patient in case 2. Serum level of total calcium and active calcium ion is within normal range. Subjective pain scale is decreased gradually. In case of more than 5 point in subjective pain scale, calcium gluconate is injected in subcutaneously tissue and calcium gluconate gel is continuously covered over burned skin.

↑ : Calcium gluconate infiltration

이용한 치료는 크게 중화제의 국소도포와 피하주입의 두 가지 방법을 이용하였다. 첫 번째 방법으로 피부 도포용 중화제의 목표는 비 용해성의 불소염의 생성을 촉진하는 유리 불소 이온 중 표피에 남아있는 것을 비활성화 시키는 것이다. 하지만, 모든 피부 도포용 물질들의 기본적인 단계는 피부를 뚫고 들어가서 심부 조직 층에서 활성화되어 버린 불소 이온에 대해서는 작용을 할 수 없다는 점이다. 이때 이용되는 칼슘 글루콘산 젤은 높은 효율성과 낮은 독성으로 인해 현재 쓰이는 도포용 중화제들 중 가장 널리 사용되고 있으며, 불화수소산에 노출된 지 3시간 이내에 사용될 경우 가장 효과가 좋다. 그러나 칼슘 글루콘산 젤을 모든 병원에서 상비하지 않아, 윤활제와 칼슘 글루콘산 가루 혹은 칼슘 글루콘산 용액을 섞어서 칼슘 글루콘산 젤을 만들어야 한다. (5) 두 번째 방법인 피하주입의 목표는 심부 조직층의 불소이온을 중화시키는 것으로, 칼슘 글루콘산의 피하주입이 가장 효과적이며, 손상 부위 1 cm<sup>2</sup> 당 5% 칼슘 글루콘산 용액 0.5 ml를 머리, 목, 몸통 부위의 불화수소산 화상에 사용하는 방법이지만, 이 방법은 손가락이나 발가락 같은 상하지의 말초부위에 주입하면 압력에 의한 괴사를 유발할 수도 있다. 반면, 칼슘 글루콘산에 비해 칼슘 클로라이드는 불소 이온과의 결합력이 더 강하기는 하지만, 생체 조직에 대한 자극성과 부식작용 때문에 이용해서는 안 된다. 피하 주사법은 작은 범위의 화상의 경우, 27 혹은 30 guage의 가는 바늘을 이용하여 피부를 포함한 얇은 깊이로 여러 부위에 피하 주사한다. 이때, 여러 부위에 피하 주사를 시도하는 경우, 상처 감염의 위험이 있어, 항생제 연고의 사용이 필요기도 한다. (5)

따라서 이번 증례의 경우 수지의 불화수소산 화학 화상에 대해 효과적으로 불화수소의 심부 조직 침투를 막기 위해 칼슘 글루콘산 젤을 장갑에 주입하여 지속적인 효과를 나타내도록 하였으며 (Fig. 3), 피하주입법에 의한 압력괴사나 불필요한 반복 주입으로 인해 발생할 수 있는 감염을 줄이기 위해 수칙 척도를 이용한 주관적 통증 평가를 이용하였다. 본원에서 경험한 증례들은 수지부에 한정되어 전신 혹은 신체 다른 부위의 불화수소산 화학 화상에 대한 치료 경과를 알 수 없었지만, 두 증례 모두에서 병원 전 단계에서 다량의 세척과 병원 단계에서 적극적인 중화제 사용으로 전신 증상의 발현을 막을 수 있었다. 이번 증례로 미루어 볼 때, 불화수소산을 취급하는 사업장에서는 그

위험요인을 분명히 인식하도록 교육하고 중화제를 상비해야 하며, 환자 발생 시 병원 전 단계에서 적극적인 중화제 사용 혹은 다량의 물을 이용한 세척이 시행되도록 교육되어야 한다. 그리고 병원 단계에서는 적절한 중화제 사용이 중요하며, 특히 합병증 예방을 위한 주관적 통증 평가를 이용한 피하 주입이 효과적이라 사료된다.

## REFERENCES

- 1) Hatzifotis M, Williams A, Muller M, Pegg S. Hydrofluoric acid burns. *Burns* 2004;30:156-9.
- 2) Burd A. Hydrofluoric acid-revisited. *Burns* 2005; 30:720-2.
- 3) Kenneth JD. Hydrofluoric Acid Burns This liquid and its vapor can produce potentially fatal chemical burns. *Am J Nurs* 2001;101:24AAA-DDD.
- 4) Kim DC, Kim DH, Jang YC. A Clinical Study of Chemical Burns. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 1997;24:122-32.
- 5) Dunser WM, Ohlbauer M. Critical care management of major hydrofluoric acid burns: a case report, review of the literature, and recommendations for therapy. *Burns* 2004;30:391-8.
- 6) Kirkpatrick JJR, Enion DS, Burd DAR. An algorithmic approach to the treatment of hydrofluoric acid burns. *Burns* 1995;21:485-94.
- 7) Holstege C, Baer A, Brady JW. The electrocardiographic toxidrome: the ECG presentation of hydrofluoric acid ingestion. *Am J Emerg Med* 2005; 23:171-6.
- 8) Kim KJ, Park SH. The Effect of Topical Calcium Gluconate Jelly in Hydrofluoric Acid Burn. *Kor J Dermatol* 1997;35:744-51.
- 9) Kirkpatrick JJR, Enion DS, Burd DAR. Hydrofluoric acid burns : A review. *Burns* 1995;21:485-94.
- 10) Cho BH, Kim KJ, Kang HJ. Clinical Study of Hydrofluoric Acid Burn. *Kor J Dermatol* 1993; 31:672-80.
- 11) Wedler V, Guggenheim M, Moron M, Kunzj W, Meyer EV. Extensive Hydrofluoric Acid Injuries: A Serious Problem. *J Trauma* 2005;50:852-7.
- 12) Lin TM, Tsai CC, Lin SD, Lai CS. Continuous Intra-Arterial Infusion Therapy in Hydrofluoric Acid Burns. *J Occup Environ Med* 2000;42:892-7.