

농산물 소독과정에서 브롬화메틸에 노출된 근로자에게 발생한 신경병 2례

동아대학교병원 산업의학과, 신경과¹⁾,
동아대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업의학연구소²⁾

박태혁 · 김정일 · 손지언 · 김종국¹⁾ · 김형수²⁾ · 정갑열 · 김준연²⁾

— Abstract —

Two Cases of Neuropathy by Methyl Bromide Intoxication during Fumigation

Tae Hyuk Park, Jung Il Kim, Ji Eun Son, Jong Kuk Kim¹⁾,
Hyung Soo Kim²⁾, Kap Yeol Jung, Joon Youn Kim²⁾

Department of Occupational Medicine, Neurology, Dong-A University Hospital
Department of Preventive Medicine and Industrial Medicine Research Institute,
College of Medicine, Dong-A University***

Objectives : To report two cases of neuropathy due to methyl bromide intoxication.

Methods : Workers, engaged in the fumigating process, complained fatigue, general weakness, ataxia, and hypersomnia. We evaluated them with blood tests, neurophysiologic studies and MRI and investigated their occupational history.

Results : Increased signal intensities were found in the medulla oblongata and paravermian of cerebellum in MRI and after 11 days, high signal intensities were reduced in the following MRI. In the other case, polyneuropathy and right lower brainstem lesion were observed in the NCV and BAEP studies.

Conclusions : We confirmed that worker's symptoms were related to methyl bromide exposure in the fumigation. It is necessary that we should evaluate present condition of fumigating process and prepare appropriate methods to protect workers engaged in the fumigation.

Key Words : Methyl bromide, Neuropathy, Fumigation

서 론

브롬화메틸(methyl bromide)은 상온에서 무색의 기체이고 3℃에서 응결된다(Torkelson와 Rowe, 1981). 각종 곡물과 열매의 소독, 창고, 전동차 또는 빌딩의 훈증소독 그리고 살충제 등으로 인체에 노출되며, 인체 침입은 주로 호흡기와 피부를 통해서이다(Zwaveling 등, 1987). 브롬화메틸 증기는 호흡기계에 작용하여 점막 자극 및 폐수종을 유발하고 신경독성물질로도 작용하여 발작을 유발하고(Kantarjian 등, 1963; Greenburg, 1971) 만성 노출시에는 말초신경병을 유발하기도 한다(Kantarjian 등, 1963). 또한 브롬화메틸은 유전자독성이 있고(Yang 등, 1995) 인간에 대한 발암성에 대하여는 아직 완전히 규정짓지는 못하고 있는 실정이다(IARC, 1999).

브롬화메틸의 급성 중독은 대개 30분에서 수시간의 잠복기를 거친 후, 초기 증상으로 기면, 두통, 오심, 구토, 시력장애 등이 나타나고 일부에서는 눈 자극감, 어지럼증, 상지의 긴장성 진전 등도 관찰된다(Kantarjian 등, 1963; Greenburg, 1971; Chavez 등, 1985). 심한 브롬화메틸 중독에서 회복중인 환자들에게 어지럼증, 불안감, 우울증, 환각, 집중력 결여와 같은 지속적인 중추신경계 장애가 나

타나기도 하고(Hine 등, 1969), 3달 동안 반복적으로 브롬화메틸 증기에 노출된 환자들에서 말초신경병이 발생하였고 노출을 중지한 지 6개월 이내에 모두 회복되었다는 보고(Kantarjian와 Shaheen, 1963)도 있었다.

저자들은 피로감, 전신 무력감, 근력저하, 어지럼증 등을 주소로 내원한 ○○방역업체의 임시직 근로자 2명에 대하여 의학적 검사를 실시한 결과 훈증소독에 사용되는 소독제인 브롬화메틸 중독이 의심되었기에 문헌고찰과 함께 보고한다.

증례 보고

1. 증례 1

환 자 : 임○○, 남자, 20세.

현병력 : 3월 하순부터 방역업무의 단순 보조업무를 하던 중 4월 중순부터 피로감, 시력장애, 언어 어둔감 등을 보인 후 4월말부터는 전신 무력감, 과다수면, 심한 피로감, 어지럼증을 호소하였고 증상들이 점점 더 심해져 5월 8일에는 식욕이 떨어지고 수면만 취하려고 하였으며 이때부터 회사에 결근하였다. 5월 12일에 보행장애, 손떨림 등이 발생하여 수저를 다루기도 어려워 인근 병원에서 치료받았으나 증상의 호전이 없었고 오히려 악화되어 5월 15일

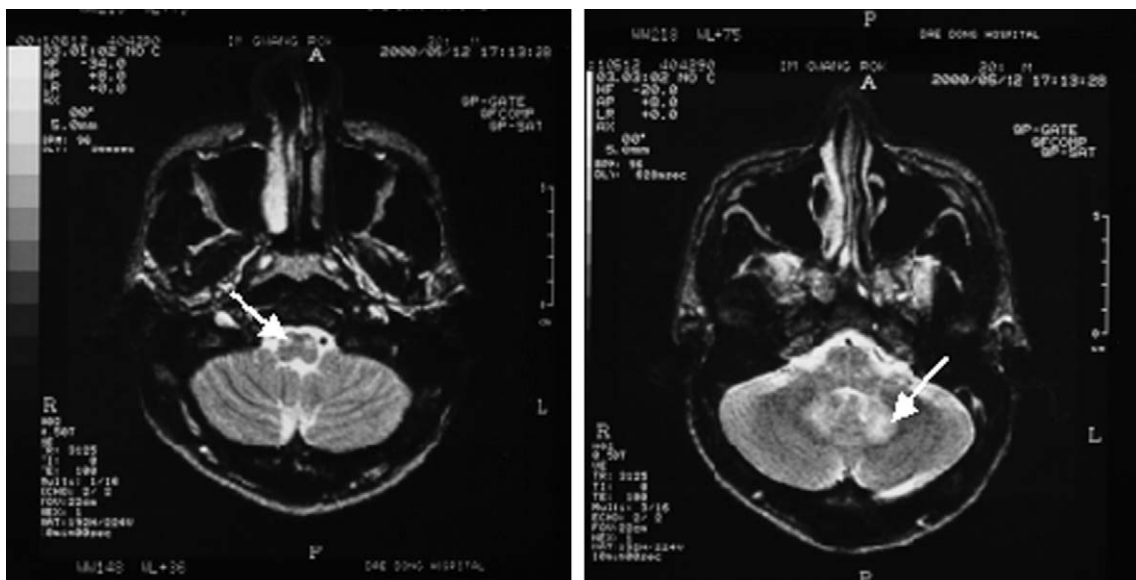


Fig. 1. T2 weighted and FLAIR axial MRI on May 12, 2000. High signal intensity in the medulla oblongata area(left) and paravermian area of cerebellum(right).

에 보행불능 상태로 본원으로 전원되었다.

과거력 : 5세 때 두부외상으로 전두정골의 뇌출혈로 수술을 받았다.

개인력 및 가족력 : 음주는 잘 하지 않는 편이고 담배도 하루 1~2개피 피우며 아버지가 고혈압으로 치료받고 있었다.

직업력 : 환자는 다른 직업을 가진 적이 없었으며 3월 하순부터 5월 8일까지 ○○방역회사에서 임시직으로 하루 8~9시간 근무하였다. 주로 브롬화메틸을 사용하여 수입 농산물을 훈증소독하는 업무의 보조 일을 담당하였다. 소독이 실시되는 컨테이너에 소독에 사용되는 송풍기를 설치하고 소독이 끝난 후 송풍기를 다른 컨테이너로 옮기는 단순 작업이었으며 작업중에 특별한 개인보호구는 착용하지 않았다.

인근병원 소견 : 5월 12일 인근병원을 방문할 당시 의식은 자극을 주지 않으면 수면을 취하려는 모습을 보였고 지남력 및 기억은 정상이었고 발음이 다소 어눌하였다. 신경학적 검사에서 동공반사는 정상이었고 양측으로 자발적인 안구진탕이 관찰되었다. 사지의 근력이 감소되어 있었으며 심부건반사는 항진되어 있었다. 소뇌기능 검사상 양상지의 운동실조 현상이 관찰되었고 보행실조 현상이 관찰되었으며 좌측이 더 심한 양상을 보였다. 뇌자기공명영상에서 연수와 소

뇌의 양측 측충부에 고신호강도가 관찰되어 종합적으로 뇌간과 소뇌의 이상이 의심되었다(Fig. 1).

이학적 검사 : 5월 15일 본원 내원 당시의 체온은 36.5 °C, 맥박은 80회/분, 혈압은 160/95 mmHg, 호흡수는 20회/분이었다. 내원 당시의 의식이 기면 상태이었기에 상당 부분의 이학적 검사가 불가능하였다. 환자는 발음장애를 보였으며, 사지의 근력이 grade IV로 감소되어 있었다. 심부건반사는 다소 항진되어 있었으며 구강이나 피부, 그리고 성기 부위에는 어떠한 병변도 관찰되지 않았다.

검사실 소견 : 입원기간 중 백혈구 증다증($19.8 \times 10^3/\mu$, $12.9 \times 10^3/\mu$)이 관찰되었고 신기능 검사와 일반화학검사는 정상범위이었으며 간기능 검사에서 ALT 54 U/L 소견을 보였고 뇌척수액 검사에서는 Ig G index 0.553, 총 단백 32.0 mg/dl, 당 70 mg/dl, 클로라이드 110 mEq/L 적혈구 0개, 백혈구 0개 그리고 pH 7.5로 이상소견이 관찰되지 않았다. 혈중 antinuclear antibody (-), anti-ds DNA antibody (-), ANCA(anti-neutrophil cytoplasmic antibody) (-), anti-Sm (-), anti-RNP (-), LE cell (-), 혈중 Cryoglobulin (-), Lactic Acid 18.8 mg/dl, Anti cardiolipin Ig G 3.0 GPL, Anti cardiolipin Ig M 2.2 MPL, Lupus anticoagu-

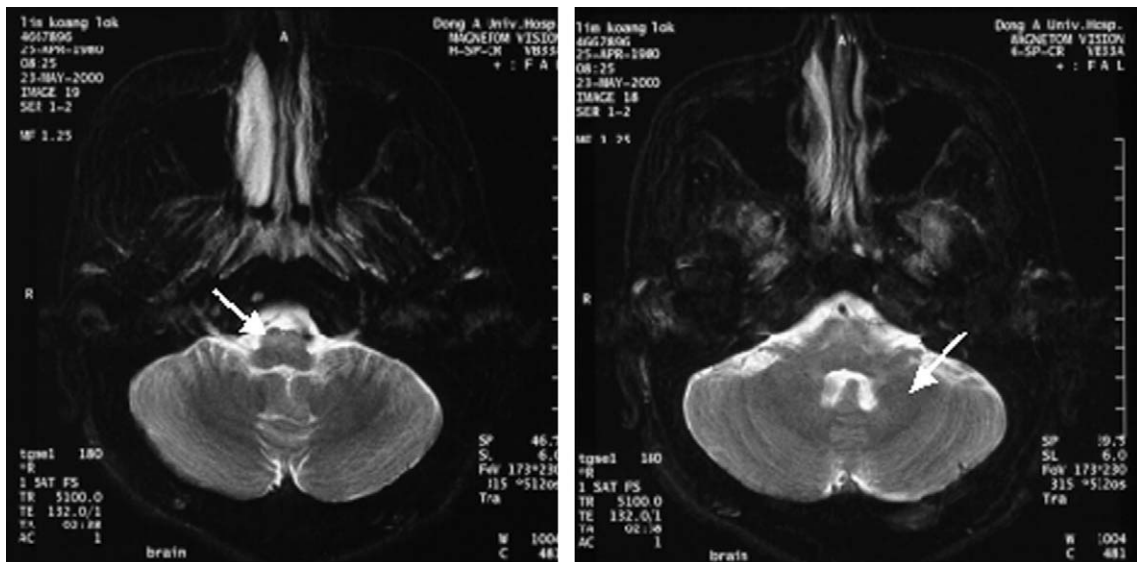


Fig. 2. T2 weighted and FLAIR axial MRI on May 23, 2000. High signal intensity in the medulla oblongata area(left) was decreased than Fig. 1. and that in the paravermian area of cerebellum was nearly not seen.

lant (-), Protein C Ag, Protein C Activity, Protein S Ag Free, Total, Activity 등은 정상이었다. 기생충 검사에서도 특이소견 없었고 말초혈액도말검사 및 뇌파검사도 정상이었다.

방사선학적 소견 : 단순 흉부 X-선 촬영, 복부 초음파 검사에서 특이 소견은 관찰되지 않았고 5월 23일 실시한 뇌자기공명영상에서 소뇌의 양측 측층부의 고신호강도는 5월 12일의 소견에 비하여 상당히 감소되었고 연수의 고신호강도는 다소 감소되었다 (Fig. 2).

치료 및 경과 : 대증요법으로 입원치료를 실시하였고 증상이 호전되어 5월 29일 퇴원하였다.

추적관찰 : 퇴원 후 외래에서 실시한 정액검사 및 성호르몬 검사에 특이 소견이 없었으며, 폐기능검사와 뇌유발전위검사는 정상이었다. 그러나 신경전도검사에서는 양측성 요-천추 신경근병 소견을 보였다. 환자는 일상 생활에 지장이 없을 정도로 회복되었지만 사지의 근력 및 보행실조가 완전히 회복되지 않아 현재까지 무거운 물건을 들지 못하고 달리지 못하는 상태여서 추적관찰 중이다.

2. 증례 2

환 자 : 박○○, 남자, 18세.

현병력 : 증례 1과 같은 방역업무를 2월 중순에 시작하였으며 4월 말부터 피로감, 어지럼증, 전신무력감, 보행장애 등이 발생하여 인근 병원과 한의원에서 치료를 받았으나 증상이 호전되지 않았다. 5월 1일 퇴사하여 15일 정도 지난 후 회복되기 시작하였으나 전신무력감이 지속되어 6월 16일 본원에 내원하였다.

과거력 : 특이 사항이 없었다.

개인력 및 가족력 : 음주는 잘 하지 않는 편이었고 담배는 하루 10개피 정도 피웠고 가족력상 특이 사항이 없었다.

직업력 : 다른 직업력은 없었고 증례 1과 동일한 작업에 2월 중순부터 5월 1일까지 근무하였다.

이학적 검사 : 6월 17일 내원 당시의 체온은 36.4℃, 맥박은 65회/분, 혈압은 120/80 mmHg, 그리고 호흡은 19회/분이었다. 신경학적 검사상 약간의 발음장애가 관찰되었고 심부건반사는 다소 항진되었고 가벼운 운동실조와 사지의 감각저하가 관찰되었다. 구강이나 피부, 그리고 성기 부위에 어떠한 병변도

관찰되지 않았다.

검사실 소견 : 말초혈액검사, 신기능검사, 뇨검사, 일반화학검사, 간기능검사 그리고 폐기능 검사는 정상이었다. 정액검사와 성호르몬 검사도 역시 정상이었다. 신경전도검사에서 다발성 신경병 소견이 관찰되었고 뇌유발전위검사서 우측 하부 뇌간부위에 병소가 의심된다는 소견이 관찰되었다.

방사선학적 소견 : 단순 흉부 X-선 촬영, 복부 초음파 검사, 그리고 뇌자기공명영상에서 특이 소견은 관찰되지 않았다.

치료 및 경과 : 환자는 회복 중이었고 일상생활에 큰 지장이 없는 정도로 특별한 치료를 하지 않았으나 사지의 근력 저하, 보행실조 및 지각이상 이 완전히 회복되지 않아 추적관찰 중이다.

고 찰

브롬화 메틸 (Methyl bromide)은 bromyl methane, embafume, isobram, 그리고 monobromomethane 등으로 알려져 있으며, 비가연성이고 휘발성이 매우 큰 할로겐화 탄화수소로서 아주 낮은 끓는점(3℃)과 높은 수증기압(1,824 mmHg at 25℃)을 가지며 상온, 상압에서 기체로 존재한다(Torkelson and Rowe, 1981). 주로 훈증소독제, 살충제, 소화제, 그리고 해열제로서 사용되며 다른 화학물질과 혼합되어 구서제로도 사용되었다. 1900년대 초에는 주로 소화제로 사용되었고 1932년부터 살충제로 사용되었다. 1980년대에 ethylene dibromide와 1,2-dichloropropane이 동물발암성물질로 규정되어 사용 금지된 이후 브롬화메틸의 사용은 더욱 더 늘어났다 (Sawhney, 1988). 1990년대에는 살충제로서 브롬화메틸의 연간 사용량이 66Gg(1Gg=10⁶g) 이상이었다 (Mano 등, 1994). 직업적 노출은 대부분 창고, 기타 저장지역, 열차, 혹은 빌딩의 소독과 토양의 각종 해충에 대한 구충작업에서 발생된다.

호흡기계 및 피부를 통해서 체내에 들어온 브롬화메틸은 매우 급격한 양-반응 곡선을 보이며 알킬화 수황기(alkylating sulfhydryl)에 부착되어 복잡한 효소시스템을 억제시키는데 이러한 기전은 아마도 지용성 물질인 브롬화메틸이 신경의 수초와 같이 지질이 풍부한 세포막을 직접 파괴함으로써 나타난다 (Rathus 등, 1960; Torkelson와 Rowe, 1981;

Alexeeff와 Kilgore, 1983)고 하며, 체내의 bromide 이온의 생물학적 반감기는 10~12일 정도 (Soremark, 1960; Sangster 등, 1983)이고 부분적으로 폐와 신장을 통해 배설된다(Miller 등, 1943).

브롬화메틸의 증기는 폐와 점막의 자극제 그리고 신경독성물질로 작용하기에 이로 인한 급성 노출에서는 30분에서 수시간의 잠복기를 거친 뒤 기면, 두통, 쇠약감, 술취한 느낌, 시각장애, 눈 작열감, 어지럼증, 보행실조, 언어 어둔감, 그리고 혼란과 같은 중추신경계의 이상 증상과 오심, 구토 그리고 수부의 긴장성 진전, 근육통, 하지의 둔중감, 지각이상, 기침, 호흡곤란 등의 증상이 관찰된다(Kantarjian 등, 1963; Greenburg, 1971; Chavez 등, 1985). 또한 혈액학적 조건에서 백혈구증다증이 관찰될 수 있다. 고농도의 브롬화메틸에 노출되면 폐기종과 발작 그리고 신세뇨관의 손상이 초래될 수 있고(Marraccini 등, 1986) 지남력 상실, 환각, 망상증, 불안, 우울, 그리고 다행증과 같은 정신학적 이상 증상도 발생된다(Cavanagh, 1992).

저농도의 브롬화메틸에 만성적으로 노출되면 하지에서 혼몽, 쇠약감, 보행장애와 수부의 이완이 부자연스럽게 되며 원위부 하지 근육의 이완성 쇠약감과 중등도로 손상된 신경-운동 신경증이 발생되기도 한다(Kantarjian 등, 1963; Greenberg, 1971; Alexeeff와 Kilgore, 1983; Anger 등, 1986; Hustinx 등, 1993). 또한 원위부에 대칭적인 축삭돌기염이 발생하였다는 보고(Hine, 1988)도 있다. 저농도의 브롬화메틸에 만성적으로 노출되는 경우에 폐에 어떠한 손상도 유발하지 않는 경우도 있으며, 노출을 중지하면 1년 내에 완전회복이 가능하다. 고농도의 브롬화메틸에 만성적으로 노출되면 추체로, 소뇌 그리고 말초신경계를 포함한 여러 부위의 신경계 기능장애가 발생된다. 3달 동안 반복적으로 브롬화메틸 증기에 노출된 14명의 근로자 중 8명에게 말초 신경병이 발생하였고 노출을 중지한지 6개월 이내에 모두 회복되었다는 보고(Kantarjian 등, 1963)가 있었고 우울, 충동성, 착란, 그리고 성격장애를 포함하는 다양한 신경행동학적 이상 소견이 급성, 아급성, 그리고 만성 브롬화메틸 노출 후에 발생한다(Greenberg, 1971; Alexeeff와 Kilgore, 1983)고 보고하였다. 또한 심한 브롬화메틸 중독에서 회복된 환자에게 어지럼증, 불안감, 우울증, 환

각, 집중력 결여와 같은 지속적인 중추신경계장애가 발생한다(Hine, 1969)고 보고하였다. Alexeeff와 Kilgore(1983)은 1953년부터 1981년 사이에 혼증제로서 브롬화메틸을 사용하여 60건의 사망과 301건의 진신 중독증이 발생하였다고 보고하였다.

본 증례의 경우, 건강한 20세와 18세의 남자들이 브롬화메틸을 사용한 방역작업에 종사한지 한두달 후부터 피로감, 쇠약감, 어지럼증, 보행실조, 언어 어둔감, 지각이상과 같은 증상을 호소하였고 작업중에 증상이 악화되었다.

증례 1의 경우는 의식의 기면상태와 상기 증상으로 인해 인근 병원을 거쳐 본원 신경과에서 입원치료를 받았다. 입원기간 중 백혈구증다증($19.8 \times 10^3/\mu$, $12.9 \times 10^3/\mu$) 이외의 각종 검사에서 특이소견이 관찰되지 않았다. 뇌척수액 검사에서 이상소견이 없었기에 바이러스성, 결핵성 혹은 세균성 뇌염을 감별할 수 있었고 각종 자가면역검사에서도 이상소견이 발견되지 않아 자가면역질환군도 감별할 수 있었다. 다만 인근 병원에서 노출이 중단된지 5일째인 5월 12일에 촬영한 뇌자기공명영상에서 연수와 소뇌의 양측 측충부에서 고신호 강도가 관찰되었는데 노출중지 15일째인 5월 23일에 본원에서 촬영한 뇌자기공명영상에서는 소뇌의 양측 측충부에서 관찰되었던 고신호강도는 거의 사라졌고 연수의 고신호강도 역시 조금 감소되었다. 브롬화메틸 중독으로 뇌자기공명영상에서 고신호강도가 발생하였다는 보고는 찾을 수 없었으나 증례 1의 뇌자기공명영상에서의 고신호강도를 병소로 가정한다면 첫째, 환자의 증상이 병소와 일치한다는 점, 즉 환자가 5월 12일 경에 보였던 자발적 안구진탕, 언어 어눌감, 사지 근력저하, 다른 뇌신경에 이상이 없는 점 등은 이상 부위가 하부 뇌간 근처임을 의미한다. 5월 12일의 뇌자기공명영상에서 고신호강도가 연수와 소뇌 양측 측충부에서 관찰되었다. 둘째, 5월 23일 재촬영의 경우 소뇌의 양측 측충부의 고신호강도는 거의 사라졌고 연수에서는 다소 감소되는 양상이었고 임상적으로 환자의 증상이 호전되었던 점, 셋째, 환자의 과거력상 5세 때 뇌출혈이 있었으나 이 부위와는 전혀 상관이 없었고 지금까지 후유증 및 증상이 전혀 없었고 다른 질병의 과거력이 없는 점, 넷째 환자의 직업력상 다른 중금속이나 유기화학물질에 노출된 적이 전혀 없는 점 등으로 보아 브롬화메틸 흡입에 의한 고신

호강도일 가능성이 높다고 하겠다. 추후 재촬영 및 동일 직종의 근로자들에 대한 역학조사를 실시하여 판명해야 할 것으로 생각된다. 환자는 브롬화메틸 중독(추정)에 의한 뇌병증으로 최종 진단되었다.

증례 2는 증례 1과 동일한 증상을 호소하였으나 증례 1보다 증상의 강도가 심하지 않았다. 인근 병원과 한의원에서 치료를 받고 퇴사 15일이 지나면서 증상이 호전되었으나 전신무력감, 감각저하, 보행실조 등의 증상이 남아 있어 퇴사한 지 약 45일만에 본원에 내원하였다. 이학적 검사상, 약간의 발음장애, 가벼운 보행장애와 감각저하가 관찰되었고, 신경전도검사에서 다발성 신경병 소견이 관찰되었고 뇌유발전위검사에서는 우측 하부 뇌간부위 병소가 의심되었으나 노출중지 3개월째에 실시한 뇌자기공명영상에서 특이 소견이 없었다. 환자는 브롬화메틸 중독(추정)에 의한 뇌병증 및 말초신경병으로 최종 진단되었다.

브롬화메틸의 시간가중 평균치 허용농도(threshold limit value-time weighted average: TLV-TWA)는 5 ppm이며(노동부, 1998), 체내 반감기가 11일 내지 12일이다. 환자들은 컨테이너 내 농산물의 소독 전후에 송풍기를 나르는 작업에 주로 하였고 보호구를 착용하지 않은 상태이므로 노출 시간은 컨테이너 문을 열고 송풍기를 옮기는 짧은 순간이나 브롬화메틸 증기의 농도는 비교적 고농도이었을 것으로 추측되지만, 제조업체가 아니어서 지금까지 작업환경측정을 실시하지 않았고 연구 중에도 여러 여건상 작업환경측정을 실시하지 못한 점과 환자들의 진단이 늦어져 체내 bromide 농도를 적절한 시기에 측정하지 못한 점은 본 연구의 제한점일 것이다. 노출의 정도를 평가하는데 혈중 bromide 농도를 측정하는 것은 타당하지 않고 혈중 bromide 농도는 직업적 노출의 일상적 모니터링에 추천되지 않는다(Hine, 1969; Verberk 등, 1979; Bradford, 1990)고 알려져 있기에 소독장소와 소독장소 근처의 지속적인 모니터링과 감독의 필요성이 제기되었다(Hine, 1969; Van den Oever, 1982; Herzstein, 1990).

브롬화메틸의 치명적 독성 때문에 경고용 물질인 클로로피크린이 대개 2 % 이상 첨가되는데 클로로피크린은 고약한 냄새를 발산하지만 기중 브롬화메틸의 독성 농도에서도 검출되지 않는데 이는 클로로피크린의 낮은 증기압에 의해서인 것 같다(20℃에서

브롬화메틸보다 75배 낮다). 브롬화메틸에 대한 이러한 안전장치보다도 브롬화메틸을 취급하는 근로자의 적절한 안전조치가 더욱 중요하다. 즉, 적절한 호흡 보호구를 착용하고 짝을 지어 근무하고 브롬화메틸의 노출이 5 ppm 이상으로 예상되면 자급식 호흡 마스크(self-contained breathing apparatus)를 이용하여야 한다. 또한 노출 근로자들의 주기적인 신체검사가 필요하고 특히 호흡기계와 신경계의 적절한 검사가 필요하다. 모든 오염된 의복은 즉시 제거되어야 하고 피부가 오염되었으면 즉시 씻게 한다. 특히 브롬화메틸은 고무장갑, 의복, 가죽 등을 쉽게 침투하므로 작업시에 침투되지 않는 다른 재질의 장갑과 의복이 지급되어야 한다. 브롬화 메틸에 관한 근로자 교육이 반드시 실시되어야 하고 기후조건에 따른 적절한 양의 사용과 소독기구의 제거 시에도 작업 후에 충분한 시간이 지난 후에 다음 작업을 실시하여야 한다.

현재 우리나라는 농산물 수입이 증가되는 경향을 보이고 이에 따른 소독작업의 증가는 당연하다. 따라서 훈증소독제의 대부분을 차지하는 브롬화메틸의 노출도 지속적으로 증가될 것으로 생각된다. 그러나 훈증소독과 방역작업에 종사하는 근로자들의 실태가 정확하게 파악되지 않았고 근로자의 안전에 대한 대책이 미비하며 작업환경관리와 모니터링이 미진한 상태이다. 지금까지 근로자 건강진단 및 작업환경측정에서 누락되어 왔던 많은 방역업체에 대한 체계적인 조사와 역학조사가 시급하다고 하겠다.

요 약

목 적 : 농산물 소독과정에서 브롬화메틸에 노출된 근로자에게 발생한 신경병 2례 보고.

방 법 : 피로감, 전신무력감, 어지럼증, 보행장애 등의 증상을 주소로 내원한 브롬화메틸을 사용하여 방역작업에 종사하는 건강한 20세와 18세의 근로자를 대상으로 혈액검사, 신경전도 및 근전도검사, 뇌자기공명영상 등의 임상검사와 작업력조사를 시행하였다.

결 과 : 1례에서 뇌자기공명영상에서 연수와 소뇌의 양측 측충부의 고신호강도가 관찰되었고 11일 후의 추적조사에서 동일 부위의 고신호강도가 감소된 소견이 관찰되었으며 뇌병증으로 최종 진단되었다.

다른 1례는 신경전도검사에서 다발성 신경병 소견과 뇌유발전위검사서 우측 하부 뇌간부위 병소가 관찰되었고 뇌병증 및 말초신경병으로 최종 진단되었다.

결론 : 근로자들의 증상은 소독과정에서 브롬화메틸 노출로 인한 신경병으로 판단되며 훈증소독과 방역작업에 종사하는 근로자들의 실태조사와 안전에 대한 대책이 시급하다고 하겠다.

참고문헌

- 노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준, 노동부고시 제 97-65호, 1998.
- Alexeeff BV, Kilgore WW. Methyl bromide. *Residue Reviews* 1983;88:101-153.
- Anger WK, Moody L, Burg J, Brightwell WS, Taylor BJ et al. Neurobehavioral evaluation of soil and structural fumigants using methyl bromide and sulfuryl fluoride. *Neurotoxicology* 1986;7:137-156.
- Behrens RH, Dukes DC. Fatal methyl bromide poisoning. *Br J Ind Med* 1986;43:561-2.
- Bradford JC. Methyl bromide and related compounds. In:Haddad LM and Winchester JF, eds. *Clinical management of poisoning and drug overdose*. 2nd ed. Philadelphia: W B Saunders Company, 1990.
- Cavanagh JB. Methyl bromide intoxication and acute energy deprivation syndromes. *Neuropathol Appl Neurobiol* 1992;18:575-8.
- Danse LHJC, van Velsen FL, van Der Heijden CA. Methylbromide: carcinogenic effects in the rat forestomach. *Toxicol Appl Pharmacol* 1984;72:262-271.
- Greenburg JO. The neurological effects of methyl bromide poisoning. *IMS Ind Med Surg* 1971;40:27-9.
- Herzstein J, Cullen MR. Methyl bromide intoxication in four field-workers during removal of soil fumigation sheets. *Am J Ind Med* 1990;17:321-6.
- Hine CH. Methyl bromide poisoning. *J Occup Med* 1969;11:1-10.
- Hustinx WNM, van de Laar RTH, van Huffelen AC, Verwey JC, Meulenbelt J, Savelkoul TJF. Systemic effects of inhalational methyl bromide poisoning: a study of nine cases occupationally exposed due to inadvertent spread during fumigation. *Br J Ind Med* 1993;50:155-9.
- IARC. Monographs programme on the evaluation of carcinogenic risk to humans. 1999;vol 71:p721.
- Kantarjian AD, Shaheen AS. Methyl bromide poisoning with nervous system manifestations resembling polyneuropathy. *Neurology* 1963;13:1054-8.
- Leeuwen FXR van, Sangster B. The toxicology of bromide ion. *Critical Reviews in Toxicology* 1987;18:189-213.
- Mano S, Andreae MO. Emission of methyl bromide from biomass burning. *Science* 1994;263:1255-8.
- Marraccini JV, Thomas GE, Ongely JP, Pfaffenberger CD, Davis JH et al. Death and injury caused by methyl bromide, an insecticide fumigant. *J Forensic Sci* 1983;3:601-7.
- Miller DP, Haggard J. *Indust Hyg Toxicology* 1943;25:423.
- Rathus EM, Landy PJ. Methyl bromide poisoning. *Br J Ind Med* 1960;18:53-7.
- Sangster B, Blom JL, Sekhuis VM, Loeber JG, Rauws AG et al. The influence of sodium bromide in man: a study in human volunteers with special emphasis on the endocrine and nervous system. *Food Chem Toxicol* 1983;21:409-19.
- Sawhney B. Why do fumigants remain in soil and ground waters for decades. *Front Plant Sci* 1988;40(2):2-3.
- Soremark R. Distribution and kinetics of bromide ions in the mammalian body. Some experimental investigations using Br 80M and Br 82. *Acta Radiol Suppl* 1960;190:1.
- Torkelson T, Rowe V (1981): Methyl bromide. In Clayton GD, Clayton FE (eds): "Patty's Industrial Hygiene and Toxicology". 3rd ed. New York: John Wiley and Sons, pp 3442-6.
- Van den Oever R, Roosels D, Lahaye D. Actual hazard of methyl bromide fumigation in soil disinfection. *Br J Ind Med* 1982; 39:140-4.
- Verberk MM, Rooyackers-Beemster T, de Vlieger M, van Vliet AGM. Bromide in blood, EEG and transaminases in methyl bromide workers. *Br J Ind Med* 1979;36:159-164.
- Zwaveling JH, de Kort WLAM, Meulenbelt J, Hezemans-Boer M, van Vloten WA et al. Exposure of the skin to methyl bromide: a study of six cases occupationally exposed to high concentrations during fumigation. *Human Toxicology* 1987;6:491-5.
- Yang RS, Witt KL, Alden CJ, Cockerham LG. Toxicology of methyl bromide. *Rev Environ Contam Toxicol* 1995;142:62-85.