



그라우팅 방수작업 근로자의 아크릴아미드 중독사건

서론

2015년 초 의정부 근로복지공단 지사에서 하지말초신경장애로 진단 받은 근로자가 산업재해보상급여 신청을 하였다. 기존 건물의 균열이 간 부분을 메우는 그라우팅(grouting) 방수작업을 2009년부터 하였다고 한다. 그런데 발병하기 약 6개월 전부터 사용하던 그라우트재를 다른 것으로 바꿔 사용하기 시작하였으며, 그 이후 손과 발의 저린 느낌과 감각저하, 팔다리 근력저하 증상으로 계단을 오를 때 발을 헛디더 넘어지는 일이 자주 있었다고 한다.



성균관대 강북삼성병원
직업환경의학과 교수
김수근

이 근로자에게 나타난 말초신경장애는 무엇 때문일까? 근로자가 처음 알려준 것은 수년 이상 사용해오던 그라우팅 방수제가 최근에 바뀌고 나서 나타난 증상이라는 것이었다. 그런데 과거에 사용하던 그라우트재나 지금 사용하는 화학물질을 정확하게 알고 있지 못하였다. 기존 건물의 균열된 부분만 메우는 방수작업이라 소규모로 진행되어 사용하는 화학제품의 물질안전보건자료(MSDS)는 한 번도 본 적이 없다고 하였다. 더군다나 최근에 사용하던 방수제는 화학제품 소매상에서 빈 드럼통에다 별도로 혼합하여 아무런 상표도 없는 것을 그라우팅용 방수제라고 하여 구매해서 사용하였다는 것이다.

일단, 화학제품 소매상에 가서 어느 회사에서 제품을 사다가 혼합했는지 알아보도록 하였다. 약 3개월 정도 걸려서 OO산업에서 그라우팅제로 제조한 것을 사다가 다른 화학물질과 혼합하였다는 것을 알 수 있었다. 그동안 증상은 조금씩 호전되고 있었다.

OO산업을 검색해보니 홈페이지가 있었고 자사의 제품소개에 그라우트용 제품을 찾을 수 있었다. 회사에 연락하여 MSDS를 받아볼 수 있었다. MSDS에는 아크릴아미드가 주성분이라는 것을 확인할 수 있었다. 수년 전에 아크릴아미드를 이용하여 합성 섬유를 제조하는 공장에서 말초신경장애가 보고된 것을 회상하여 관련 문헌을 찾아 이 사례도 아크릴아미드의 노출로 인한 하지말초신경장애라는 점을 충분히 입증할 수 있다고 보았다.

아크릴아미드에 의한 말초신경장애라는 의심을 가지고 자료를 보완하여 주치의인 OO대학교 병원 신경과 교수에게 보내고, 기존의 사례들과 동일한 소견이라는 것을

확인하고 근로복지공단 의정부 지사에서 해당 소견을 제출하였다. 업무상 질병 판정 위원회를 거쳐서 바로 업무상 질병으로 인정될 수도 있는 특징적인 질병이었지만 국내에서 방수용 그라우팅에서는 처음 발생한 것이라 역학조사가 진행되었다.

이러한 과정을 거쳐서 확인된 사례를 다시 정리하면서 지속적으로 매년 발생되고 있는 화학 중독 사례들을 예방하고, 조기 진단하여 적절한 대응을 할 수 있도록 하는 점들을 모색하고자 한다.

질병의 확인

근로자 정○○(남, 1970년생)은 2009년부터 2015년 12월경까지 방수작업 등 건축물 하자보수 작업을 하고 있었다. 주로 균열이 된 콘크리트를 메워서 방수를 하는 그라우팅 작업을 하였다고 한다. 그런데 2014년 6월 평소 그라우트재로 사용하던 화학제품을 바꾼 이후부터 작업 후 양손의 부종과 발진 및 손바닥 피부 박리가 생겼고, 곧이어 발기부전 증상이 나타났다고 하였다. 그라우팅 작업을 계속했으며 피부염은 악화되고 발기부전 증상도 수개월 동안 지속되었다. 6개월 후인 2014년 12월 초부터 손가락과 발가락의 저린 느낌과 감각저하가 나타났다고 하였다. 12월 중순부터는 양손가락의 감각이 완전히 사라지고 팔다리의 힘이 빠져 잘 걷지 못하고 넘어지는 일이 자주 생겼다고 하였다. 2015년 1월 2일 작업 중 다리에 힘이 풀려 주저앉아 일어나지 못하는 증상으로 ○○대병원 신경과에 입원(2015. 1. 2~2015. 1. 6)하였다.

제출한 의무기록과 진단서에서, 입원 시 심부건반사 Biceps reflex와 Babinski reflex가 오른쪽과 왼쪽 모두에서 나타나지 않았다. 상지근력과 하지근력 검사 결과 전반적으로 grade 2로 감소되어 팔과 다리가 중력을 이기지 못해 수직운동이 불가능하고 수평운동만 가능한 상태였다. 한쪽발로 뛰기, 웅크려 앉기, 걷기는 수행 불가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

입원 당일 시행한 하지의 신경전도·근전도 검사 결과 양측 posterior tibial nerve에서 motor NCV 정상, CMAP amplitude가 우측은 감소, 좌측은 knee level에서 감소되어 양측 tibial neuropathy가 의심되는 소견을 보였다. 입원 4일째에는 상지와 하지에서 시행한 신경전도 검사결과 감각운동 다발성신경병증(sensorimotor polyneuropathy, mixed type demyelinating dominant)을 시사하는 소견을

보인다는 결과를 얻었다.¹⁾

신경병증은 신경계의 질병인데 뇌나 척수 밖에서 일어날 경우 말초신경병증이라고 한다. 단일신경병증은 하나의 신경만 침범되며 다발성신경병증은 여러 곳의 신경이 침범된다. 감각운동다발성 신경병증은 신경세포, 신경섬유, 신경뿔개의 손상으로 비롯된다. 신경뿔개의 손상이 있을 경우 신경신호의 속도를 떨어뜨리게 되고, 신경섬유나 신경세포에 손상이 있을 경우 신경계가 작동을 멈추게 된다.

말초신경은 독성물질에 가장 취약하며 전신에 퍼져있는 신경에 영향을 끼친다. 직경이 크고, 길이가 긴 축삭의 원위부부터 변성이 일어나서 근위부로 진행되는 양상을 보인다. 즉, 다발성 말초신경병증은 ‘원위부부터 시작되는 미만성 대칭성 양상의 말초신경병증’이다.

임상 양상은 대부분의 경우 아급성(subacute)으로 발생하여 발에서부터 시작하여 스타킹으로 감싼 것처럼 감각저하 소견이 나타나며, 진행되면 손에서 장갑을 낀 형태의 감각저하(symmetric stocking-and-glove distribution)가 나타난다. 초기에는 발목 반사의 감소로부터 시작하여 근위부로 진행하며, 질병이 진행하여 운동신경이 침범되면, 원위부 근육위축 소견이 나타난다. 심한 경우 하지근육의 위축으로 손목 떨어짐, 발목 떨어짐과 같은 증상이 생길 수 있다.

발병요인의 확인

근로자가 종사한 작업은 그라우팅 방수작업이었다. 이 작업과 사용하는 화학제품을 이해하는 것이 정○○에게 발생한 말초신경병증의 원인을 밝히는데 가장 우선적으로 필요하였다. 따라서 MSDS를 확인하기 전까지는 그라우팅 방수작업과 그 때에 사용하는 화학물질에 대한 조사를 하였다. 그 결과를 소개하고자 한다.

일반적으로 그라우팅은 시멘트와 같은 충전재를 건축물이나 석축의 틈, 암석의 균열, 투수성 지층 등에 강제로 주입하는 공법을 말한다.²⁾ 주입한 후 고형화시켜 구조적 안정성 증가, 지반의 고결화, 지반의 지지력 증가, 투수성 감소, 지반과 구조물과의 일체화를 꾀하는 공법이다.

문제가 된 근로자가 종사한 그라우팅은 콘크리트 건물의 균열이 간 부분으로 누수가 되는 것을 방지하기 위한 것이다. 소위 그라우팅 방수라고 한다. 균열 부분에 그라우팅 주입제를 가장 효과적으로 균열 안으로 밀어 넣는 작업이며 기계에 의한

공법과 수작업으로 시공하는 방법이 있다.

이 작업은 균열·절리·공동·공극 등의 틈새를 그라우트재로 채우기 위해 천공기로 벽에 구멍을 뚫은 후 주입펌프로 그라우트재가 더 이상 들어가지 않을 때까지 틈새에 집어넣어서 고결되게 하는 일련의 과정을 말한다. 이 과정은 어렵고 복잡하여 많은 경험과 기술이 필요하다.³⁾ 일반적으로 사용하는 것은 에폭시 그라우팅으로 알려져 있다.

1. 에폭시 그라우팅

그라우트재는 에폭시 제품과 발포우레탄 제품이 주로 시공된다. 콘크리트의 균열부분이나 주요 구조물의 균열부분에 시공하는데 보통 주사기를 이용한다. 시공방법(에폭시 그라우트에 의한 수작업)은 다음과 같다.

- 균열부분 소지 : 작업면을 와이어 브러쉬 등으로 소지한다.
- 싺링제 작업 : 에폭시 싺링제를 배합(그림 1)하여 주입기 좌대를 20 cm 간격으로 부착한다(그림 2). 부착 후 좌대와 좌대 사이를 싺링제로 메운다(1일).



<그림 1> 에폭시 싺링제 배합

(출처 : SG industry, 그라우트재, <http://www.sgmall77.com/shop/shopdetail.html?branduid=269>)



<그림 2> 좌대 부착

(출처 : SG industry, 그라우트재, <http://www.sgmall77.com/shop/shopdetail.html?branduid=269>)

조대부착 작업은 에폭시 씰링제를 좌대 가장자리 밑면에 돌려가면서 틈새가 발생하지 않도록 균일하게 바른다. 설치위치에 좌대를 약간 비틀면서 눌러 부착한다. 플라스틱 좌대가 콘크리트 면과 닿지 않을 정도로 윗면의 구멍으로 씰링제가 5 mm 정도 새어 나올 정도면 가장 좋은 상태이다. 경화시간은 25 ℃ 기준으로 약 24시간 소요된다.

- 에폭시 주입 : 그라우트재를 배합하여 주입기에 넣고 주입기 좌대를 통해 주입한다(그림 3). 주입기 내에 공기방울을 제거한다. 주입작업은 1개씩 건너서 실시한다(2일).



<그림 3> 에폭시 그라우트재 주입 작업

(출처 : SG industry, 그라우트재, <http://www.sgmall77.com/shop/shopdetail.html?branduid=269>)

에폭시 주입제를 교반통(동봉된 소형 대야)에 2:1 비율로 잘 섞어 충분히 혼합한 다음 건축용 주사기에 약 30 cc 정도 채운 후 좌대에 고무줄 2개를 걸어주며 고무줄 1개인 경우 대각선으로 걸어준다.

주사기를 고무로 걸을 때 다른 한쪽을 받쳐주어야만 다른 한쪽이 들고 일어나 새는 것을 방지할 수 있으며, 주사기 내 공기가 있으면 빼낸다. 주사기 내의 주입제가 소모되면 다른 것으로 신속하게 교체하여 재차 주입한다.

- 주입기 제거 : 주입이 완료되면 망치 등을 이용하여 좌대를 제거한다. 씰링제는 토치 등을 이용해 녹이면서 헤라로 끊어낸다. 표면 정리 후 페인트 도장 등을 한다.

균열 두께에 따라서 그라우팅재를 사용하는데, 0.8 mm 이하인 경우 저점도용 그라우트재를 사용하고, 0.8 mm 이상이면 고점도용 그라우트재를 사용한다.

이상과 같이 균열을 메워서 누수를 방지하는 방수 그라우팅 작업은 일반적으로 에폭시 그라우트재를 사용한다. 에폭시 그라우트의 경우 에폭시 수지(경화제+주제)에 실리카를 혼합하여 사용하며 내약품성, 내진동성, 내충격성이 우수하며 접착강도, 휨강도, 압축강도가 시멘트 그라우트보다 높은 결과를 나타낸다.

에폭시 그라우트재에는 자극성 물질인 레진을 함유하고 있다. 피부와 눈에 닿지 않도록 하고 증기를 흡입하지 않는다. 적절한 보호복 및 장갑, 눈/안면 보호구를 착용한다. 차단크림을 피부에 바르면 더욱 좋다. 피부에 접촉되는 사고 발생 시, 즉시 레진제거용 크림으로 제거하고, 비눗물과 깨끗한 물로 씻어낸다. 이때, 용제를 사용하지 않도록 한다. 눈에 접촉되었을 경우, 충분한 양의 깨끗한 물로 씻어내고, 의료진의 치료를 받는다. 삼켰을 경우, 억지로 구토하지 말고, 즉시 의사와 상담한다.

에폭시 그라우트재에 의한 말초신경병증 사례는 확인하지 못하였으며, 신청인에게 바뀐 그라우트재의 성분을 파악할 수 있도록 사용한 제품의 공급 경로를 파악하도록 하였다. 그 결과 그라우트재의 주 성분이 아크릴아미드라는 것을 알게 되었다.

국내에서도 이미 말초신경병증 발병 사례가 보고된 적⁴⁾이 있었고, 외국에서 터널공사에 아크릴아미드 그라우트재를 사용한 근로자들에게서 집단적으로 말초신경장애가 발생하였다는 사실을 기억하고 바로 아크릴아미드에 의한 말초신경병에 대한 조사가 필요하다고 판단할 수 있었다. 아쉬운 것은 아크릴아미드를 사용하였다는 것을 3개월 정도 걸려서 알 수 있었다는 것이다. 산업용으로 유통되는 화학물질에 대한 MSDS를 쉽게 찾아볼 수 있도록 하는 것과 근로자들이 자신이 사용하는 화학물질이 무엇인지를 알 수 있게 하는 기본적인 조치가 이루어져야 하겠다.

2. 아크릴아미드 그라우팅

에폭시 그라우트를 다른 그라우트재로 바꾼 후에 말초신경병변이 생겼다. 바뀐 것은 아크릴아미드 그라우트재였다. 아크릴아미드(C_3H_5NO)는 단량체 용액으로 촉매, 활성제 및 억제제를 함께 혼합하여 그라우트 중합체 용액을 얻는다. 아크릴아미드 단량체가 중합되거나 겔화되기 시작하면, 아크릴아미드 단량체는 물에 영향을 받지 않는 유연한 젤로 응고된다. 주입된 아크릴아미드가 경화되기



위해서는 활성화제인 트리에탄올아민(triethanolamine)과 촉매제인 과황산암모늄(ammonium persulfate) 등이 첨가되어야 한다. 아크릴아미드 단량체가 활성제 및 촉매제와 적절하게 혼합되면, 그것은 예측 가능하고 다루기 쉬운 방법으로 경화되거나 겔화되기 시작한다. 겔화 시간은 촉매를 첨가하여 시간을 줄이거나 겔 시간 억제제를 첨가하여 느려질 수 있다. 일단 겔화 시간에 도달하면 그라우트 용액은 물의 움직임을 방지하는 겔과 토양의 불 침투성 매트릭스를 형성한다. 아크릴아미드 그라우트는 60년 이상 건설 및 건축물 재생 산업에 사용되어 왔으며,⁵⁾ 나트륨 실리케이트(sodium silicate) 및 시멘트 그라우트와 같은 부유 고품 그라우트보다 비싸고 다른 아크릴 또는 폴리우레탄 그라우트보다 저렴하다.

1) 아크릴아미드의 건강영향

아크릴아미드는 신경계, 피부 및 눈에 건강영향을 줄 수 있다. 과다 노출로 인한 증상으로는 운동 실조증, 무감각한 팔다리, 피부 따끔거림, 근육 약화, 손의 발한, 발부리에 걸리는 걸음걸이, 흔들림, 느린 말소리, 피로, 혼수 및 눈과 피부의 자극이 있다. 신경 독성 외에도 다른 건강 영향에는 발암성, 유전독성, 생식 영향 및 발달 영향이 포함될 수 있다.

① 급성독성

신경계 영향은 환각, 혼돈, 진전, 간대성 근경련, 활모양강직, 발작, 이상 다행증, 말초신경증, 자율신경계 영향과 조화운동 불능 등이 나타난다. 중증의

중독 혹은 지속적인 직업적 노출에 의해 영구적인 말초 및 중추신경성 후유증이 유발될 수 있다.

36세 남성에서 고농도 아크릴아미드를 함유하는 미네랄 물을 마신 후 24시간 내에 신부전이 발생하였다. 횡문근용해증도 보고되었다. 이 환자는 고농도 N-아세틸시스테인 치치로 치유되었다.⁶⁾ 급성 노출 후 아미노기 전이효소 농도 증가가 보고되었다.^{7,8)} 급성으로 아크릴아미드를 흡입한 1건의 사례에서 고혈당과 아밀라제 수치 증가가 동반된 췌장 손상이 보고되었다.⁹⁾ 교감신경계에 미치는 영향이나⁹⁾, 도파민의 반응에 미치는 영향¹⁰⁾으로 인해 저혈압이 발생할 수 있다. 손과 발에 과도한 발한, 냉감, 청색증이 나타날 수 있다.¹⁰⁾ 급성 또는 아급성으로 노출된 환자에서 중증의 저혈소판혈증과 반상출혈이 보고되었다.^{8,10)}

② 만성독성

아급성 혹은 만성 노출 환자에서 식욕부진과 위장 장애가 나타난다.¹¹⁾ 말초 청색증과 수족냉증이 발생할 수 있다.¹²⁾ 망막신경 손상에 의해 시각장애가 유발될 수 있다.¹³⁾ 직업적 노출로 인해 심각하게 중독된 환자들은 소뇌와 안구 침범이 일어날 수 있다. 국내에서도 아크릴아미드를 이용한 방수 그라우트 작업을 한 근로자에게서 소뇌성 보행실조 및 말초신경병증으로 진단받은 사례가 있다.¹⁴⁾

권태, 졸림, 신경질, 자극, 과민성과 원위성 말초신경병증이 발생할 수 있다. 운동과 방향성 감각 장애가 감각 손상 정도를 넘어서 발치짐, 심건반사 소실, 근육 소모증과 지속적인 조화운동불능이 나타난다. 중추신경계 영향은 비가역적일 수 있다. 신경퇴행, 중추신경계 종양, 손 감각이상, 반사 소실, 혼돈, 조화운동불능, 뇌파 변화와 푸르키네 세포 손실이 보고되었다. 감정 불안정, 불면증, 불안, 흥분과 초조가 보고되고 있지만 원인은 규명되지 않았다.^{10,11)} 22주 이상 노출된 2명의 환자에서 근무력증과 사지의 감각 및 운동 장애가 나타났다. 1년 후 거의 회복되지 않았다.^{15~17)}

국제암연구소(IARC)는 아크릴아미드를 인간 발암 추정물질로 분류했다(그룹 2A). 미국 산업위생사협회(ACGIH)는 아크릴아미드를, 의심되는 인간 발암 물질로 기재하고 있다. 고용부에서는 1B로 분류하고 있다.

③ 신경독성

1953년 미국에서 아크릴아미드를 주재료로 한 약액을 개발하였는데 이 재료는 gel-time 시간이 길어져도 초기의 낮은 점성을 그대로 유지하며 겔의 안정성이 우수하여 전 세계적으로 약액주입공법을 확대시킨 기폭제 역할을 하였다. 국내에서도 아크릴아미드가 포함된 약액계 그라우트재가 사용되고 있다.

아크릴아미드 그라우트재를 사용한 근로자에서 나타난 신경병증은 여러 문헌을 통해 보고되었다. 1977년 영국의 건설현장에서 일하던 6명의 근로자¹⁶⁾와 1994년 중국의 신샹시 소재 공장의 41명의 근로자¹⁸⁾, 2004년 노르웨이 터널 공사현장의 근로자 24명이 방수액으로 사용한 아크릴아미드에 노출된 후 말초신경병증 소견을 보였다.¹⁹⁾ 아크릴아미드로 작업한 지 9개월 만에 체중감량, 피로회복, 식욕감퇴 및 비정상 보행이 보고되었다. 쓰시는 감각과 손의 장애 그리고 느릿한 말투가 발생하였다. 또한 근력 약화(손목과 발목의 사용과 관련 있음)는 근육의 색조 감소, 상지의 불일치, 손 떨림이 생겼다. 부분 통증, 온도 감각, 팔뚝 아래 및 중간 종아리 아래 접촉, 균형 조정의 상실 즉, 양성 Romberg 검사 및 건 및 발바닥 반사의 현저한 감소도 있었다. 미세 안진증은 측면 시선에서 관찰되었다.²⁰⁾

아크릴아미드 단량체 농도와 말초신경독성은 고분자를 생산하는 공장의 근로자들에게서 조사되었다. 단량체 농도는 미국 NIOSH(1988)의 권장 노출 한도의 0.07~2.5배 범위였다. 한도를 초과하는 근로자는 아크릴아미드 관련 이상 유병률이 증가했다. Logistic regression은 증상 노출, 비정상적인 감각, 운동 강도 감소, 비정상적인 보행 또는 rombergism, 피부이상과의 용량 반응 관계를 보여 주었다. 아크릴아미드 관련 이상 현상의 전체 유병률은 전체 노동력에서 32%, 한도를 초과한 사람들 중 67%가 한계치 이하로 노출된 사람들의 14%보다 높았다.²¹⁾

2) 노출평가

아크릴아미드 그라우트재를 사용하는 작업장소에서 근로자의 호흡기 위치에서 노출 평가한 결과는 <표 1>과 같다.²²⁾ 화학약품 주입작업 중 아크릴아미드에 대한 공기 노출 및 피부 접촉 평가에서 4개 사이트가 조사되었다. 부지 1과 2는 맨홀 씰링 작업(manhole sealing operations)이었다. 현장 3은 맨홀 하수도 정비작업(manhole sewer maintenance operation), 현장 4는 횡선 보수작업(ateral

line maintenance operation)이었다. 이들 4개 사이트 중 3개에서 화학 그라우트 혼합 작업이 관찰되었다.

〈표 1〉 아크릴아미드 그라우팅 작업 중 호흡기 위치에서 노출평가 결과(단위 : mg/m³)

| 장소 | 노출량(mg/m ³) | 측정 방법 | 작업 방법 |
|--------|-------------------------|-------------|---------------------------------|
| Site 1 | 0.120 | 8-hour TWA | Maintenance Superior |
| 1 | 0.003 | " | Utility Worker no. 1 |
| 2 | 0.010 | " | " " no. 1 |
| 3 | 0.060 | " | " " no. 2 |
| 3 | 0.040 | " | Grout Foreman |
| 3 | 0.050 | Area Sample | Near mixing tanks |
| 4 | 0.008 | 8-hour TWA | Utility Worker |
| 4 | 0.070 | Area Sample | Near mixing tanks |
| 4 | N.D. | " | Approx. 20 ft. from service van |

3) 개인보호구 및 작업환경관리

아크릴아미드 그라우팅 작업자는 아크릴아미드의 위험성을 인식하고 있어야 하며, 잠재적 위험을 피할 수 있어야 한다. 보호복은 폴리에틸렌-에틸렌 비닐 알콜-폴리에틸렌으로 만들어진 것을 입고 장갑, 고글, 앞치마, 부츠 및 안면 보호대를 착용하고 작업을 한다.

관리감독자는 예상되는 노출 및 환경 조건에 근거하여 적절한 개인보호구를 선택할 수 있어야 한다. 적절한 공학적 관리, 작업지침, 오염 제거 절차를 준수해야 한다. 공학적 통제는 적절한 경우 일반적인 환기 및 국소배기 장치를 포함해야 한다.

이런 작업 중에는 심각한 피부 접촉이 발생할 수 있다. 피부에 접촉할 가능성이 있는 경우 적절한 보호복을 착용하고 피부 흡수를 최소화하기 위해 피부보호용 크림을 사용해야 한다.²³⁾

미국에서는 아크릴아미드 화학 그라우트 사용에 대하여 2002년 12월 2일에 환경청(EPA)은 아크릴아미드와 아크릴아미드 유도체 N-메틸 아크릴아미드(NMA)를 함유한 그라우트를 금지하는 제안을 철회한다고 발표했다.²⁴⁾ EPA는 이러한 제품의 안전성과 유용성에 대해 교육받은 후 특정 근로자 안전보건교육이 가능하며, 이를 통해서 건강장해를 예방할 수 있다는 사실을 알고 제안을 철회했다. 따라서 아크릴아미드 그라우트를 사용할 때 SOPP(Safe Operating

Practices Program) 교육을 지속적으로 제공하여 제품을 취급하는 사람들이 안전하게 취급하도록 보장하는 것이 필요하다.

아크릴아미드 그라우팅 작업을 할 때 근로자들은 피부접촉, 공기 중 분진이나 증기의 흡입 등으로 아크릴아미드에 노출된다. 고용노동부위 작업환경 중 노출 기준은 0.03 mg/m³이다. 이 값은 1989년 3월에 미국산업안전보건청(OSHA)에서 근로자 건강보호를 위하여 기존의 0.3 mg/m³이던 PEL(Permissible Exposure Limits)을 0.03 mg/m³으로 변경한 것이다.²⁵⁾

국내에서 아크릴아미드에 의한 직업병 발생 사례

국내에서도 아크릴아미드 그라우팅 작업 중 2명의 근로자에게서 말초신경 장애가 발생한 사례가 있다. 1명의 사례는 앞에서 경험한 사례로 소개한 것이다. 이 사례는 진단받은 질병이나 수술력, 약물 복용력이 없어 노출된 유해물질 외에 말초신경병증의 원인이 될 만한 질병은 없었다. 개인력에서 음주는 안하고 흡연력은 25갑년이었다. 입원치료와 동시에 아크릴지수제에 노출이 중단되면서 증상이 호전되어 2개월 후에는 근력저하와 감각이상 증상이 사라졌다. 다른 1명의 사례는 다음에 제시한 소뇌성 보행실조가 발생한 경우이다.

1. 개요

근로자 ○○○는 2014년 6월 2일부터 7월 12일까지 △사업장에 근무하였다. 아파트 재도장 및 누수 방수공사 현장에서 방수공으로 근무 중 아크릴아미드가 주성분인 이액형 아크릴 수제를 혼합하여 이액형 아크릴 방수액 주입기를 사용하는 작업 중 방수액이 안면에 자주 노출되었고, 2014년 7월 11일부터 다리에 힘이 빠지는 증상 및 발음이 어눌해지는 등의 증상이 나타났다. 2014년 7월 18일 ~29일 대학병원에 입원하였으며 소뇌성 보행실조 및 말초신경병증을 진단받았다. 근로자는 아크릴아미드에 의해 소뇌성 보행실조 및 말초신경병증이 발생하였을 가능성이 있다고 생각하여, 2014년 11월 18일 근로복지공단에 업무상 질병을 인정해줄 것을 요청하였고, 산업안전보건연구원에 업무상 질병 인정여부의 결정을 위한 역학조사를 요청하였다.

2. 작업환경

근로자는 방수공으로 일하였고, 이전에는 보조로 일하다가 최근 4년 전부터 주입작업을 하었다고 하며 주로 했던 작업은 우레탄 방수, 발포 작업, 아크릴 아미드 작업이라고 한다. 근로자는 2014년 6월 2일부터 7월 12일까지 아파트 재 도장 및 누수방수공사 현장에서 방수공으로 근무하였다. 주로 아파트 지하 주차장에서 천장 및 벽의 방수 작업을 하였다. 하루 7시간 정도 한 달에 대략 20~25일 가량 근무하였다.

3. 유해인자

화학적 요인 - 아크릴아미드(Acrylamide)

4. 의학적 소견

근로자는 2014년 7월 11일 다리에 힘이 빠지고, 발음이 어눌해지는 등의 증상이 있었고, 2014년 7월 18일~29일 대학병원에 입원하였고 대뇌 SPECT 및 근전도 검사 등을 시행하여 소뇌성 보행실조 및 말초신경병증으로 진단받았다. 환자의 과거력을 보면 특이 소견이 없는 것으로 의무기록에 적혀 있지만, 건강 보험 수진 내역을 살펴보면 고혈압 및 고지혈증으로 진료를 본 기록이 있다. 음주는 거의 하지 않았고, 흡연은 24년간 하였고, 과거에는 한 갑 정도, 최근에는 2갑 정도 피웠다.

근로자는 2010년에 입사하여 약 4년간 아파트 재도장 및 누수 방수공사 현장에서 방수공으로 근무하였다. 근로자의 질병과 관련 있는 작업환경요인으로는 납, 비소, 노말핵산, 아크릴아미드 등이 있다. 아크릴아미드는 피부를 통한 흡수가 훨씬 높은 물질이다. 피부 및 호흡기로 노출된 아크릴아미드의 1일 흡수량은 미국환경보호청의 노출평가를 근거로 하여 4.27 mg ~ 36.05 mg으로 추정되며, 이는 현재 공기노출 기준을 고려한 흡수량의 최대 139배에 해당한다. 또한 제품 변경에 따른 아크릴아미드 조성 증가 및 피부손상에 의한 흡수 증가 등을 고려하면, 이보다 상회할 수 있는 수준이다. 따라서 근로자의 소뇌성 보행실조 및 말초신경병증은 업무관련성이 높다고 판단한다.

(출처 : 안전보건공단 직업병 사례¹⁴⁾)

결론

국내에서 아크릴아미드를 그라우트재로 사용하는 경우가 있으나 정확한 실태를 파악하지는 못하고 있다. 화학물질이나 중금속을 사용하거나 노출되는 직업력을 가진 근로자에게 말초신경장애가 나타났을 경우에는 사용하는 물질에 의한 발병을 의심하고 조사하는 것이 필요하다.

이에 산재보상급여를 신청한 근로자들을 면담하는 과정에서 말초신경장애 진단을 받을 근로자의 직업력을 조사하고 MSDS를 확보하여 취급하는 물질이 아크릴아미드라는 사실을 확인하여 업무상 질병으로 인정된 사례를 정리하였다.

아울러, 매년 반복해서 발생되고 있는 화학중독 사례들을 예방하고, 조기 진단하여 적절한 대응을 할 수 있도록 급성중독 사례를 정리하는 것이 필요하다. 🍷

화학물질이나 중금속을 사용하거나 노출되는 직업력을 가진 근로자에게 말초신경장애가 나타났을 경우에는 사용하는 물질에 의한 발병을 의심하고 조사하는 것이 필요하다.

참고문헌

1. 산업안전보건연구원의 '정OO(남, 1970년생)에게 발생한 말초신경병증' 역학 조사 보고서를 이용하여 재구성하였음.
2. 네이버 지식백과, 그라우팅(grouting)(물백과사전, My Water) <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3391913&cid=58341&categoryId=58341> (2018. 1. 16 접속)
3. 김동석, 부성안, '그라우트재의 개발 역사와 그라우트재의 특성', 한국농어촌 공사.
4. 정해관, 김성순, 권용욱, 아크릴아미드에 의한 신경병증 조기발견을 위한 선별 검사의 평가. 대한직업환경의학회지 12(3) 2000.9, 367-383.
5. Karol, Ruben, 'Chemical Grouting and Soil Stabilization, 3rd Edition', Marcel Dekker, Inc., New York, NY, 2003.
6. Mehrhof F, Joerres A, Dietz R, et al: A message in a bottle: a case report. Crit Care 2008; 12(1):411-411.
7. McCollister DD, Oyen F, & Rowe VK: Toxicology of acrylamide. Toxicol Appl Pharmacol 1964; 6:172-181.

8. Donovan JW & Pearson TO: Ingestion of acrylamide with severe encephalopathy, neurotoxicity and hepatotoxicity (Abstract). *Vet Human Toxicol* 1987; 29:462.
9. Tilson HA: The neurotoxicity of acrylamide: an overview. *Neurobehav Toxicol Teratol* 1981; 3:445–461.
10. Igisu H, Goto I, & Kawamura Y: Acrylamide encephaloneuropathy due to well water pollution. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1975; 38:581–584.
11. Garland TO & Patterson MWH: Six cases of acrylamide poisoning. *Br Med J* 1967; 4:134–138.
12. Miller MS & Spencer PS: The mechanism of acrylamide axonopathy. *Ann Rev Pharmacol Toxicol* 1985; 25:643–666.
13. Eskin TA, Lapham LW, & Maurissen JPJ: Acrylamide effects on the macaque visual system. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985; 26:317–329.
14. 안전보건공단. 직업병 사례. <http://www.kosha.or.kr/www/boardView.do?menuId=547&contentId=365369&boardType=A2> (2018. 1. 16 접속)
15. Cavigneaux A & Cabasson GB: Poisoning by acrylamide. *Archives des Maladies Professionnelles* 1972; 23:115–116.
16. Kesson CM, Baird AW, & Lawson DH: Acrylamide poisoning. *Postgrad Med J* 1977; 53:16–17.
17. He F, Zhang S & Wang H: Neurological and electroneuromyographic assessment of the adverse effects of acrylamide on occupationally exposed workers. *Scand J Work Environ Health* 1989; 15:125–9.
18. Calleman C, Wu Y, He F, Tian G, Bergmark E, Zhang S, Deng H, Wang Y, Crofton K, Fennell T. Relationships between biomarkers of exposure and neurological effects in a group of workers exposed to acrylamide. *Toxicology and applied pharmacology*. 1994; 126(2):361–71.
19. Kjuus H, Goffeng LO, Heier MS, Sjöholm H, Øvrebø S, Skaug V, Paulsson B, Tömqvist M, Brudal S. Effects on the peripheral nervous system of tunnel workers exposed to acrylamide and N-methylolacrylamide. *Scandinavian journal of work, environment & health*. 2004:21–9.
20. European Chemicals Agency (ECHA): Registered Substances. Acrylamide (CAS Number: 79–06–1) (EC Number: 201–173–7) (Last updated: May 25, 2016). Available from, as of August 25, 2016: <http://echa.europa.eu/>
21. Myers JE, Macun I: *Am J Ind Med* 19 (4): 487–93 (1991).
22. Environmental Protection Agency (EPA). July 1987. Assessment of Airborne Exposure and Dermal Contact to Acrylamide Chemical Grouting Operations. No. 560/5–87–009, Office of Toxic Substances, EPA: Washington, D.C.
23. NIOSH/OSHA Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards on Acrylamide. January 1981. DHHS, NIOSH #81–123. NIOSH: Cincinnati.
24. <https://www.federalregister.gov/documents/2002/12/02/02–30470/acrylamide-and-n-methylolacrylamide-grouts-withdrawal-of-proposed-ban> (2018. 1. 16. 접속)
25. OSHA Hazard Information Bulletins: Acrylamide Exposure During Chemical Grouting Operations. July 27, 1990. https://www.osha.gov/dts/hib/hib_data/hib19900727.html