

탄소 섬유에 노출된 포장 작업자들의 피부질환 집단 발생 사례

서울대학교 보건대학원 산업의학과, 가좌성모병원 산업보건센터¹⁾, 한림대학교 한강성심병원 산업의학센터²⁾,
가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업의학센터³⁾, 가톨릭대학교 의과대학 예방의학 교실⁴⁾,
ASE Korea 환경안전보건부⁵⁾

이혜은 · 변창범 · 임신예 · 전승호¹⁾ · 오상용²⁾
김형렬³⁾ · 최 순⁴⁾ · 백도명 · 박미진⁵⁾

— Abstract —

Case Series for Occupational Skin Disorders in Carbon Fiber Exposed Packing Workers

Hye Eun Lee, Chang Bum Byun, Sinye Lim, Seung Ho Jeon¹⁾, Sang-Yong Oh²⁾,
Hyoun-Ryoul Kim³⁾, Soon Choi⁴⁾, Domyung Paek, Mijin Park⁵⁾

*Department of Occupational & Environmental Medicine, School of Public Health, Seoul National University
Occupational Health Center, KajwaSungmo Hospital¹⁾*

*Department of Occupational & Environmental Medicine, Hangang Sacred Heart Hospital, Hallym University²⁾
Dept. of Preventive Medicine, Industrial Medical Center, The Catholic University of Korea³⁾*

Department of Preventive Medicine, The Catholic University of Korea⁴⁾

Department of Environmental, Safety & Health, ASE Korea, Inc⁵⁾

Objectives: We report an outbreak of skin disorder in semiconductor packing workers. Through an evaluation of the degree of work-relatedness in this case, we aim to develop a method to overcome such health problems in the workplace.

Methods: A questionnaire investigating the job characteristics and skin symptoms was administered to 51 packing workers working in a semiconductor production factory and 49 questionnaires returned. The 16 subjects in the exposure group and 12 in the non-exposure group underwent doctor's examination and patch test. Two of 28 subjects were excluded in patch test. We investigated the work environment and carbon fiber level which was the potential causative agent.

Results: Forty-five (91.8%) of 49 packing workers complained of itching and stinging. Three of 14 (21.4%) in the exposure group and 3 of 11 (27.3%) in the non-exposure group were positive at 48hr reading of patch test for carbon fiber and carbon fiber paper. None was positive at 96hr reading of patch test. Prominent carbon fibers were microscopically observed on the surface of the packing box and the fiber diameter, measured up to 6.0~7.5 μ m, was likely to induce skin irritation to skin. To avoid worker's direct contact with to carbon fiber, carbon fiber paper box was substituted by a wax coated carbon fiber paper box was substituted for the original carbon fiber paper box, which caused and the workers' symptoms to of workers disappeared.

Conclusion: The probably cause of this outbreak of skin disorder was mild irritant contact dermatitis for carbon fiber. To prevent outbreaks of such occupational skin disorder like this, workers should avoid direct contact with carbon fiber.

Key Words: Carbon fiber, Irritant contact dermatitis, Occupational skin disorder

서 론

직업성 피부질환의 규모와 중요성을 정확히 파악하고 있는 국가는 거의 없으나 대체적으로 그 발생 규모에 있어서 직업성 질환의 상당한 비율을 차지할 것으로 인식되고 있다. 많은 서구 국가들에서 직업성 피부질환이 직업성 질환 중 가장 많이 보고되고 있으며, 보상되는 직업성 질환의 30% 정도를 차지하고 있다(Diepgen, 2003). 그러나 진단률과 보고율이 낮아 실제 직업성 피부질환의 발생률은 통계에서 나타난 수치의 10~50배에 이를 것으로 추정된다(Lushniak, 2003). 국내의 경우 Ahn 등(2005)이 1999년부터 2003년까지 5년간 직업병으로 요양 승인된 피부질환에 대해 보고한 바로는 총 216건의 피부질환이 승인되었고, 연도별로 1999년 30건, 2000년 48건, 2001년 64건, 2002년 37건, 2003년 37건으로 2001년이 가장 많았다. 질병별로 분류하면 피부염과 습진이 121건으로 가장 많았으며 이를 다시 세분류하면 알레르기성 접촉 피부염이 76건, 자극성 접촉 피부염이 22건을 차지하고 있다. 일반적으로는 자극성 접촉 피부염이 80%정도로 직업성 피부질환의 가장 흔한 형태로 알려져 있다(Lushniak, 2004).

직업성 피부질환은 대부분 생명에 직접적인 영향이 없다고 인식되며 질병이 일과성이고 가역적인 경우가 많아 제대로 보고되지 않는 경향이 있다(Eun, 1988). 그렇지만 발생빈도가 높고 일의 능률을 떨어뜨림으로써 사회적, 경제적인 손실을 야기할 수 있다. 더욱이 삶의 질에 대한 강조가 높아지는 현대사회에서 직업성 피부질환은 산업 보건에 있어서 그 중요성이 크다고 할 수 있다.

2003년 2월, 모 반도체 제조 공장의 포장작업을 하는 근로자들이 산발적인 피부가려움증을 호소하였다. 환기구 점검 및 청소, 토시 지급 등 몇 가지 조치를 시행하였으나 3개월이 지난 이후에도 근로자들의 피부가려움증 호소는 지속되어 이에 대한 본격적인 조사가 이어졌다. 조사 결과 근로자들의 피부가려움증의 원인은 작업 중 접촉하게 되는 포장용 박스의 탄소섬유(Carbon fiber)로 밝혀졌으며 곧 이에 대한 작업환경 개선이 이루어졌다. 현재로서 탄소섬유의 건강 영향에 대해 알려진 바는 거의 없다. 탄소섬유를 피부에 노출시킨 쥐에서 피부종양이 발생한 실험결과가 보고되었으나 이에 대해서는 논란이 있으며 지금까지의 동물실험과 역학연구에서 인간에게 발암성이 있다는 증거는 없다(Thomson, 1989; Meek, 1993). 호흡기에 대한 영향 역시 증거가 없으며 탄소섬유 제조업체의 근로자를 대상으로 한 연구에서 호흡기와 관련한 특이한 소견을 보이지 않았다(Jones et al, 1982). 다만 탄소섬유에 노출되는 경우 피부와 눈에 경미한 자극증상을 일으킬 수 있으나 이는 적절한 보호구를

이용해 막을 수 있는 것으로 인식되고 있다(Meek, 1993). 지금까지 이와 관련되어 보고된 것으로 비행기 추락 현장의 청소작업자 2명에서 발생한 피부염(Formisano, 1989)과 비행기 공장 근로자의 자극성접촉피부염(Eldy & David, 1996)이 있으며 국내에서는 탄소섬유에 의한 피부질환이 보고된 사례는 없었다. 이에 본 연구는 상기 피부질환의 집단 발병 사례 및 대응과정을 보고함으로써 탄소섬유의 피부에 대한 영향을 평가하고 직업관련성의 평가 및 사업장에서의 보건문제에 대한 문제 해결 방법의 일례를 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

경기도 지역의 일개 반도체 제조 공장의 포장작업자를 대상으로 하였다. 본 사업체의 전체 근로자는 1700여명이며 이 중 생산직은 1200여명이다. 설문조사는 전체 포장작업자 51명을 대상으로 하였으며 이에 응하지 않은 포장작업자 2명은 분석에서 제외하였다. 피부 진찰 및 첩포 시험은 포장작업자 16명과 비 포장작업자 12명을 대상으로 시행하였다.

2. 설문 조사

연구 대상자들에 대해 직업적 특성과 피부 증상에 대한 자기기입식 설문을 시행하였다. 직업적 특성으로 근무기간, 포장작업을 한 기간, 근무 중 포장작업 시간, 보호구 착용 여부 등을 물었으며 피부 증상에 대해 주요 증상의 종류, 증상 시작시간 및 지속시간, 증상 부위, 증상에 대한 대처 행동에 대해 물었고 과거 질병력에 대해 조사하였다.

3. 작업환경 조사

1) 포장작업자들의 작업 내용 및 작업장 환경 조사
2003년 2월 포장작업자 4인이 처음으로 건강관리실을 방문하여 가려움증을 호소하여 바로 사내 환경안전보건부에 의해 작업장 실사가 이루어졌으며 작업내용 및 취급 물질, 환기 여부, 공기 중 먼지 농도 등에 대한 조사를 시행하였다.

2) 포장용 종이 박스에 대한 성분 분석
연구대상자들이 접촉하게 되는 포장용 종이 박스는 최종생산물인 반도체의 안전성을 위해 정전기 발생을 방지하는 Static shielding paper로 되어 있으며 그러한 특

성은 종이에 포함된 탄소섬유에 의한 것이었다. 물질안전보건자료 (MSDS)에서 탄소섬유가 피부에 자극을 줄 수 있다는 것을 확인하고 이에 대한 접촉으로 피부 가려움증이 발생하는지 평가하기 위해 박스 종이의 성분 분석과 광학현미경(Olympus® SZ6045)을 이용한 관찰을 시행하였다. 또한 포장용 박스를 납품하는 업체에 의뢰하여 원료로 사용되는 탄소섬유 자체를 입수하여 전자현미경을 이용하여 그 구조를 관찰하였다.

3) 공기 중 탄소섬유 농도 조사

포장용 종이 박스의 탄소섬유가 공기 중으로 비산되는 정도를 평가하기 위해 NIOSH 공정시험법 7400 (NIOSH Manual of Analytical Methods 7400)에 의해 위상차 현미경법 (Positive Phase-contrast Microscopy, PCM)을 이용하여 공기 중 탄소 섬유 농도를 측정하였다. 이 분석은 미국산업위생학회(American Industrial Hygiene Association, AIHA)의 정도관리를 받고 있는 석면분석기관에 의뢰하여 시행하였다.

4. 피부 진찰 및 첩포 시험

전체 포장작업자 51명 중 우선적으로 1개 교대 근무조에 해당하는 16명과 동일 사업체의 포장작업을 하지 않는 근로자 12명에 대해 피부 진찰과 함께 피부 첩포시험이 이루어졌다. 이후 단계적으로 모든 포장작업자들에게 첩포시험을 확대할 계획이었으나 대부분 음성반응을 보여 전체 포장작업자로 대상을 확대하지 않았다. 첩포시험은 산업의학과 전문의 2인, 산업의학과 전공의 1인에 의해 수행되었으며 대상자들의 피부증상이 알레르기성인지 자극성인지를 감별하고 추정 원인물질과의 연관성을 파악하고자 시행하였다.

첩포시험에 사용된 시료는 원료 탄소섬유, 현재 노출되고 있는 탄소섬유 종이, 왁스 코팅된 탄소섬유 종이, 우레탄 코팅된 탄소섬유 종이였고 음성 대조를 위해 1개의 Finn chamber에는 아무 시료를 넣지 않은 채 검사하였다. 코팅된 탄소섬유 종이는 탄소섬유의 비산을 방지하고 피부에의 직접 접촉을 막기 위해 표면을 코팅 처리한 것으로 작업자들에게 증상을 일으키지 않을 것이라는 가설하에 사용되었다.

첩포시험 방법은 위의 4가지 시료 2 mg을 습기를 주어 축축하게 한 후 부착재료로 Finn chamber on Scanpor® tape을 사용하여 대상자들의 등에 부착하였다. 부착이 효과적으로 지속될 수 있도록 Scanpor® tape 가장자리에 한 번씩 더 반창고를 붙였다.

첩포시험의 판독은 만 48시간 후에 모두 제거하고 첫 번째로 이루어졌으며 이후 만 96시간째에 두 번째 판독이

이루어졌다. 반응의 판독은 국제접촉피부염연구회 (International Contact Dermatitis Research Group; ICDRG)의 추천에 따라 - : 음성, ± : 의심스러운 반응으로 미약한 홍반성 반, + : 약한 양성반응으로 홍반, 침윤, 구진이 있을 수도 있음, ++ : 강한 양성반응으로 홍반, 침윤, 구진과 소수포, +++ : 매우 강한 양성반응으로 대수포, IR : 자극반응으로 분류하여 판독하였다 (Wilkinson, 2004).

5. 작업환경 개선 및 추후 관리

포장용 박스의 재질을 정전기의 발생을 막아주면서 또한 탄소섬유가 피부에 닿지 않도록 왁스 코팅된 탄소섬유 종이를 단계적으로 대체한 후 포장작업자들에게 가려움증 발생 시 증상부위를 씻지 말고 사내 건강관리실을 방문하도록 권유하였다. 포장용 박스가 전량 대체된 후 3개월째에는 앞서 시행한 것과 똑같은 증상 설문을 포장 작업자들을 대상으로 시행하였다.

결 과

1. 연구대상자들의 일반적 특성 및 직업적 특성

모든 포장작업자들은 3조 3교대의 교대근무를 하고 있으며 하루에 8시간 근무를 하고 있었다. 설문에 응답한 포장 작업자 49명의 평균 나이는 38.4세였으며 여자가 46명, 남자가 3명이었다. 포장작업을 한 기간은 3개월 이하가 6명 (12.2%), 3개월~6개월이 11명 (22.5%), 6개월~1년이 6명 (12.2%), 1년~10년이 11명 (22.5%), 11년 이상이 15명 (30.6%)이었다. 하루 작업 중 박스에 손이나 팔이 직접 접촉하는 시간은 하루에 2~3시간이 9명 (18.4%), 3~4시간이 7명 (14.3%), 4~5시간이 31명 (63.3%)이었다(Table 1).

2. 피부질환에 대한 설문조사 결과

포장용 박스를 접거나 물건을 담을 때 피부에 가려움이나 따가움을 느끼는지에 대한 조사에서 설문에 응답한 49명 중 45명 (91.8%)에서 증상을 느낀다고 대답하였다. 이들을 대상으로 증상의 특성에 대해 조사하였다(Table 2).

증상의 시작은 2003년 1월 이전에 6명 (13.3%), 1월~5월 23명 (51.1%), 5월 이후 4명 (8.9%)으로 대부분 2003년 초에 비슷하게 증상이 시작되었다. 주요 증상은 중복 응답하여 가려움증 42명 (93.3%), 따가움 44명 (97.8%), 발진 17명 (37.8%), 통증 1명(2.2%)으로 대부분 가려움증과 따가움에 대해 호소하였다. 포장용 박스

와 접촉 후 증상이 시작되는 시간은 '즉시 시작된다'가 24명(53.3%), 30분 이후 13명 (28.9%), 1시간 이후 1명 (2.2%)으로 54명(82.2%)에서 접촉한지 1시간 이내에 증상이 시작되었다. 주요 증상부위는 중복 응답하여 손 33명 (73.3%), 팔 38명 (84.4%), 얼굴 8명 (17.8%), 그 외 기타부위 2명 (4.4%)으로 주로 노출부위에 증상이 있었다. 노출 중단 이후 증상의 지속시간은 1시간 미만이 10명 (22.2%), 1시간~2시간이 14명 (31.1%), 2시간~4시간이 4명 (8.9%), 4~8시간이 5명 (11.1%)으로 24명(53.3%)에서 2시간 이내였다. 증상 완화를 위해 하는 행동으로는 중복 응답하여 물로 씻기가 39명 (86.7%), 피부과 방문 3명 (6.7%), 자가 연고 도포가 9명 (20%)이었다. 과거에 알레르기 질환이나 피부 문제가 있었던 경우는 4명(8.9%)에서 있었다.

3. 작업환경 조사 결과

1) 작업 내용 및 작업장 환경 조사

포장 작업자들이 처음 증상호소를 하기 시작한 2003년 2월에 첫 번째 작업장 실사가 이루어졌다. 본 사업체는 반도체 제조업체로 주요 생산공정은 Assy Front-end (전공정)-Assy Back-end (후공정)-Test (검사)로 이루어지고 있었다. 주요 생산품은 기지국 및 모바일 제품에 사용되는 RF power module, 카메라모듈, 주로 의료기기에 사용되는 Sensor, 자동차에 사용되는 Power IC's (Integrated Circuits) 등으로 제품에 따라 세부공정은

약간씩 다르지만 모든 생산 공정을 거친 제품이 검사를 마친 후 포장단계에 들어가게 된다.

포장 공정은 최종 생산품에 따라 4개 부서에서 각각 이루어지고 있었으나 모든 부서에서 동일한 형태로 이루어지고 있었다. 포장 작업은 작업대 위에서 이루어지고 있었으며 반도체 제품을 습기로부터 보호하기 위해 진공포장을 하거나 버블랩으로 싸는 내포장을 한 후 포장용 종이 박스를 접어 외포장 박스를 만들어 생산품을 넣는 작업으로 이루어져 있었다. 포장 작업자들은 다른 작업을 하는 근로자와 같은 긴팔의 방진복(Smock)을 입고 있었으나 대부분 팔을 걷고 작업을 하고 있었으며 그 외의 다른 보호구를 착용하지 않았다. 작업 시 포장 작업을 하는 작업대에 박스로부터의 종이 먼지를 발견하고 공기 중 먼지 농도 측정이 이루어졌으나 0.5~1.0 μm 크기의 먼지를 계수하여 6개/ft³ 미만으로 반도체 공정의 청정실 기준사항에 비취 양호한 상태였다. 첫 번째 포장실의 환기구 점검을 하여 6개의 환기구 중 1곳의 급기구가 막혀있는 것을 발견하고 이를 열고 기체확산기를 청소하였다. 작업자와의 면담에서 2003년 초부터 포장용 박스에서 먼지가 많이 나며 이에 닿으면 피부 증상이 생기는 것 같다는 내용을 들을 수 있었다. 보호구로서 토시를 지급하고 물걸레질을 독려했으나 3개월 후인 2003년 5월에도 가려움증 호소가 지속되고 토시의 효과가 없다는 문제제기가 있어 본격적으로 원인 파악을 위한 다각적인 조사를 시행하게 되었다.

Table 1. Characteristics of packing workers (N=49)

| Characteristics | N (%) |
|--------------------------|------------|
| Age | |
| 21~30 | 6 (12.24) |
| 31~40 | 19 (38.78) |
| 41~50 | 22 (44.90) |
| 51~60 | 2 (4.08) |
| Sex | |
| Female | 46 (93.87) |
| Male | 3 (6.12) |
| Duration of packing work | |
| ~3 month | 6 (12.24) |
| 3~6 month | 11 (22.45) |
| 6month~1 year | 6 (12.24) |
| 1~10 year | 11 (22.45) |
| 11 year | 5 (30.61) |
| 1 Working time with box | |
| 2~3 hour/d | 9 (18.37) |
| 3~4 hour/d | 7 (14.29) |
| 4~5 hour/d | 31 (63.27) |

2) 추정원인물질에 대한 조사

포장 작업자들이 작업 중 접촉하게 되는 것은 최종 생 산품과 내포장용 진공비닐, 버블랩, 외포장용 종이 박스 였다. 이 중 피부 자극의 가능성이 가장 높은 종이 박스 의 성분에 대하여 먼저 박스 납품 업체에 의뢰하여 조사 한 결과 포장용 박스는 종이(Pulp)와 정전기 방지를 위 해 탄소섬유(Carbon fiber)를 섞어서 원지를 제조하며 박스 형태 가공에 소량의 접착제가 사용되고 있었다. 이 탄소섬유종이는 본 사업장에서 1990년대 말부터 반도체 제품의 안전성을 위해 포장에 사용하고 있었으나 조사 결 과 2003년 초에 박스 생산 업체가 해당 박스 제조를 외 주업체에 넘기면서부터 표면의 마감처리를 하지 않았던 것으로 밝혀졌다. 이 박스 종이의 유해물질 유무를 객관

적으로 평가하기 위해 종이 시료를 식품의약품안전청에 공인된 검사기관에 의뢰하여 검사하였다. 분석 결과 비소 불검출, 납 1.0 mg/l 이하, 증발 잔류물 23.34 mg/l, 포름알데히드 0.27 mg/l, 형광중백제 불검출로 기구 및 용기 포장의 기준 규격 중 종이 또는 가공지재 용출시 험에서 적합 판정을 받았다(The Food Sanitation Act, 1995).

박스의 표면에의 접촉이 피부에 자극을 가하게 될 가능 성을 평가하기 위하여 박스 표면을 광학현미경으로 관찰 한 결과 흑색의 가늘고 긴 탄소섬유가 박스 표면에 돌출 되어 있는 것이 관찰되었다(Fig. 1).

탄소섬유에 대한 보다 자세한 조사를 위하여 포장용 박 스 납품 업체에 의뢰하여 탄소섬유 원료를 입수하여 전자

Table 2. Characteristics of symptomatic packing workers (N=45)

| Characteristics | N (%) |
|--|------------|
| Onset of symptom | |
| Before 2003 | 6 (13.33) |
| Jan 2003~May 2003 | 23 (51.11) |
| After May 200 | 34 (8.89) |
| No answer | 12 (26.67) |
| Major symptom* | |
| Itching | 42 (93.33) |
| Stinging | 44 (97.78) |
| Rash | 17 (37.78) |
| Pain | 1 (2.22) |
| Developing time of symptom after box contact | |
| Immediately | 24 (53.33) |
| 30 minute later | 13 (28.89) |
| 1 hour later | 1 (2.222) |
| etc. | 5 (11.11) |
| Frequent site with symptoms* | |
| Hand | 33 (73.33) |
| Arm | 38 (84.44) |
| Face | 8 (17.78) |
| etc. | 2 (4.44) |
| Duration of symptom after stop exposure | |
| Less than 1 hour | 10 (22.22) |
| 1~2 hour | 14 (31.11) |
| 2~4 hour | 4 (8.89) |
| 4~8 hour | 5 (11.11) |
| How to relieve symptom* | |
| Washing | 39 (86.67) |
| Visit to dermatology clinic | 3 (6.67) |
| Topical onitment | 9 (20.00) |
| etc. | 5 (11.11) |
| History of allergy or skin problem | |
| Yes | 4 (8.89) |
| No | 41 (91.11) |

* Overlapping count

현미경으로 관찰한 결과 탄소섬유는 유리섬유처럼 날카롭고 끝은 섬유였으며 길이는 0.5~1.0 cm, 지름은 6.0~7.5 μm이었다(Fig. 2).

3) 공기 중 섬유 농도 조사 결과

포장용 박스의 표면에서 탄소섬유가 비산되는 정도를 평가하기 위해 석면 분석기관에 의뢰하여 두 개의 포장실에서 각각 공기 중 섬유 농도를 측정하였다. 측정 결과 첫 번째 포장실에서의 공기포집량은 1789.587 L였고 섬유농도는 <0.01개/cc이었으며 두 번째 포장실에서의 공기포집량은 1911.528 L였고 섬유농도는 <0.01개/cc로 매우 낮은 수준이었다.

4. 의사 진찰 및 첩포 시험 결과

포장 작업자 16명과 비 포장 작업자 12명에 대한 의사 진찰 결과 당시 피부에 병변이 있는 사람은 없었다. 그러나 포장 작업자 16명 중 5명(31.3%)이 문진 상 가려움증과 함께 발진이 나타난다고 대답하였다.

검사 첫날 가려움 증상 때문에 검사물을 모두 떼어낸 2명과 Blank에도 양성 반응을 보인 1명을 제외한 25명에 대해 첩포시험을 판독한 결과 총 6명이 반응을 보였으며 이들의 첩포시험 결과를 Table 3에 제시하였다. 반응을 보인 사람들은 48시간째 판독에서 탄소섬유에 4명(16.0%)이 +, 1명(4%)이 ±, 탄소섬유 종이에 1명(4%)이 +, 2명(8%)이 ±, 우레탄 코팅된 탄소섬유종이에 1명(4%)이 + 결과를 보였으며 왁스 코팅된 탄소섬유종이에 반응을 보인 사람은 없었다. 96시간째 판독에서 양성반응을 보인 사람은 없었다. 48시간째 판독에서 양성반응을 보인 6명(24%) 중 포장 작업자는 14명 중 3명, 비 포장 작업자는 11명 중 3명으로 의미 있는 차이를 보이지 않았다.

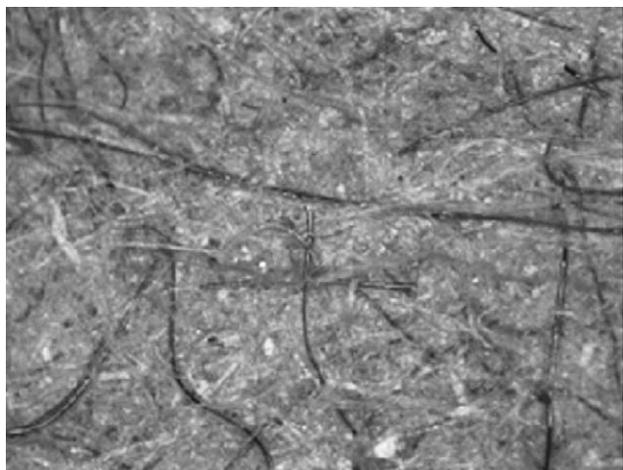


Fig. 1. Microscopic photograph of box surface

5. 작업환경 개선과 추구 조사 결과

1) 탄소섬유 종이박스의 교체

먼저 박스 코팅용 왁스 (Paraffin Wax, Polyethylene wax, Petroleum resin, Octadecanoic acid, Water)에 대한 물질안전보건자료를 확인한 결과 피부에 대한 영향으로 장시간 접촉시 피부 자극증상이 있을 수 있다는 기술이 있었다. 그러나 피부 첩포 시험에서 왁스 코팅된 탄소섬유종이에 반응을 보인 대상자가 없어 기존의 탄소섬유종이 박스를 왁스 코팅된 박스로 교체하기로 하였다. 2003년 7월 말부터 단계적인 박스 교체가 이루어졌고 2003년 9월 2일 본 연구 대상 사업장의 모든 포장용 탄소섬유 박스가 왁스 코팅된 탄소섬유 박스로 전량 교체되었다. 또한 박스 제작과정에서 생길 수 있는 표면의 먼지를 제거하기 위해 박스 제작 업체에서 출고 전 공기 샤워 (Air shower) 를 통해 박스 표면의 먼지를 모두 제거한 후 본 업체로 넘겨지도록 하였다.

2) 근로자에 대한 조치와 추구조사 결과

포장 작업자들의 복장과 보호구에 대해 보다 엄격한 규정을 만들어 방진복의 소매를 걷고 작업하는 것을 금지하고 반드시 장갑을 착용하도록 하였다.

왁스 코팅된 박스에도 증상이 나타나는 지에 대한 평가를 위해 박스의 교체 이후 3개월째에 앞서 시행한 것과 같은 피부증상 설문지를 포장작업자들을 대상으로 시행하였고 더 이상 피부증상을 호소하는 근로자들은 없었다.

고 찰

탄소섬유는 유기섬유나 수지, 피치 등의 유기원료로 방사한 섬유를 탄화 후 다시 1000~3000°C 이상의 온도에서 열처리하여 얻어지는 92~99.99%의 탄소를 포함하는 섬유를 말한다. 유리섬유와 비교할 때 비중이 가벼우며 내열성이 훨씬 우수하고 전기 전도성이 있다. 탄소섬유는 기계적 특성이 우수하고 무게가 매우 가벼운 특성으로 우주항공, 스포츠용품, 생체공학, 자동차산업, 화학공업 등 광범위한 영역으로 사용이 넓혀지고 있다. 본 연구 대상 사업체에서 탄소섬유는 최종 생산품인 반도체를 보호하기 위해 정전기 발생을 방지하려는 목적으로 포장용 박스에 사용되었다. 탄소섬유의 건강에 대한 영향은 거의 없는 것으로 인식되어 있으나 피부와 점막, 눈에 단순한 마찰과 자극을 줄 수 있다고 알려져 있다(Meek, 1993). 지금까지 이와 관련되어 보고된 것으로 탄소섬유의 공기 중 농도가 7개/ml였던 비행기 추락 현장의 청소작업자 2명에서 발생한 피부염(Formisano, 1989)과 비행기 공장의 근로자가 탄소섬유가 포함된 판을 절단, 연마하는

작업에서 탄소섬유먼지에 노출되어 생긴 자극성접촉피부염(Eldy & David, 1996)이 있으며 국내에서는 탄소섬유에 의한 피부질환이 보고된 사례는 없었다.

직업성 피부질환의 진단을 위해서는 1) 근로자의 피부 병변이 추정되는 요인에 부합되는 임상양상을 보여야 하고 2) 유해물질에 충분히 폭로된 과거력이 있어야 하고 3) 유해물질의 폭로와 질병의 발생 간에 논리적, 시기적인 관련을 보여야 하고 4) 원인물질을 제거할 경우 질환의 호전을 보여야 하며 5) 비직업성인 요인의 가능성을 전부 배제할 수 있어야 한다(Eun, 1988). 본 사례의 경우 연구대상자들은 가려움, 따가움 등 적합한 증상이 손, 팔 등 주로 노출되는 부위에 생겨 추정되는 요인에 부합되는 임상양상을 보였다. 작업장의 공기 중 섬유 농도는 낮았으나 포장 작업 중 근로자들은 많은 시간 포장용 박스에 직접 접촉된 과거력이 있다. 또한 포장용 박스에 노출되지 않은 포장작업을 하지 않는 근로자들은 이와 같은 피부 증상을 호소하는 사례가 없었다. 2003년 초 박스 제조업체가 제조공정을 외주업체로 넘기면서 박스 표면의

마감처리를 하지 않았고 이후 2003년 2월부터 포장작업자들의 집단적인 가려움증 호소가 이어졌으며 2003년 9월 왁스 코팅된 박스로 전량 대체하고 개인보호구를 강화한 이후 증상 호소는 더 이상 없었다는 점에서 노출과 질병 발생간의 논리적, 시기적인 관련성을 충족한다. 설문 결과 대부분 (91.8%)의 포장작업자가 피부증상을 호소하고 있었으나 이들 중 과거 알레르기 질환이나 피부문제 과거력이 있었던 경우는 4명(8.9%)에 불과했다. 이러한 근거들에서 대상 근로자들의 피부질환은 직업관련성이 충족된다고 할 수 있다.

직업성 피부질환의 80%를 차지하는 자극성 접촉 피부염은 명확한 진단방법이 없으며 보통 노출 양상에 대한 과거력과 첩포시험에서 음성인 것으로 진단하게 된다(English, 2004). 대상 근로자들은 추정원인물질을 이용한 첩포 시험 상 포장 작업자 14명 중 3명에서만 48시간째의 판독에서 반응이 나타났으며 반응의 정도도 약했고 모두 96시간째의 판독에서 음성으로 전환되었다. 이러한 경우를 ‘소실반응(transient reaction)’이라고 하며 일

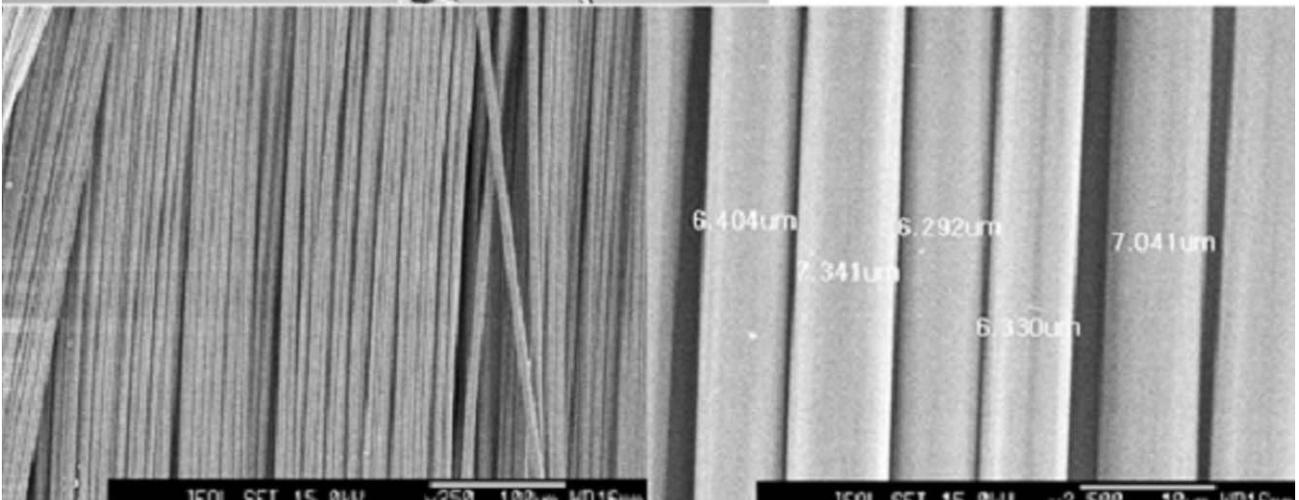


Fig. 2. Gross photograph (upper) and microscopic photograph of carbon fiber (lower : Lt. ×250, Rt. ×2500)

반적으로 자극에 의한 반응으로 생각된다(Kim et al, 1997). Rietschel(1989)은 자극성 접촉 피부염의 진단에 도움이 되는 기준을 마련하였는데 이는 노출 이후 수분에서 수 시간 내에 증상이 나타나고 주요 증상은 통증, 따가움 등이며 같은 환경의 대부분의 사람들에게 비슷한 문제가 나타난다는 것, 첩포시험에서 음성반응을 보인다는 것 등으로 본 연구 대상자들의 사례와 일치하는 점이 많다. 따라서 본 연구 대상자들의 피부가려움증은 탄소섬유에 의한 피부노출로 인해 자극성 접촉피부염이 발생한 것으로 추정할 수 있다. 또한 의사 진찰 상 대상자들은 뚜렷한 피부 병변을 보이지 않았으며 증상은 매우 일과적이고 가역적인 양상을 보였다. 따라서 자극성 접촉 피부염의 임상적 분류 중 병변이 뚜렷하지 않고 급성 발생과 매우 좋은 예후를 특징으로 하는 ‘주관적(감각성) 자극(Subjective irritation)’에 해당한다고 볼 수 있다(Chew et al, 2003).

탄소섬유와 같은 합성섬유에 의한 자극성 접촉 피부염으로 가장 많이 보고된 것은 유리섬유에 의한 것이다. 유리섬유는 기계적 자극을 일으키는 직업성 자극 접촉 피부염의 가장 흔한 원인으로 알려져 있다(Sertoli et al, 1992). 지금까지 주로 전자회사의 근로자들, 유리섬유 함유 레진의 가공작업자, 절연체에 환경적 노출 사례 등 유리섬유에 직접 접촉되는 경우에서 접촉피부염이 다수 보고되었다(Holness & Nethercott, 1989; Koh et al, 1992; Chen et al, 2000; Hsieh et al, 2001; Minamoto et al, 2002). 국내에서는 유리섬유가 함유된 차량 내장재에 노출된 증례 및 유리섬유를 취급하는 근로자 등에서 피부질환이 보고된 바 있다(Lim et al,

1994; Lim et al, 1997; Lim et al, 1999). 유리섬유에 노출된 근로자들의 피부질환의 특징은 유리섬유를 취급한지 1개월 미만에 증상이 발생하는 경우가 많으며 증상 부위는 팔, 손, 다리 등 노출부위가 흔하고 가장 흔한 증상은 소양감으로 발적은 있을 수도 있고 없을 수도 있다(Lim et al, 1999). 이러한 특징은 본 연구대상자들의 피부질환의 특성과 일치하는 점이 많아 탄소섬유가 피부질환을 일으키는 기전도 유리섬유와 비슷할 것으로 추정할 수 있다.

유리섬유가 접촉피부염을 일으키는 기전은 유리섬유가 표피를 뚫고 들어가면서 히스타민이나 키닌과 같은 물질이 유리되고, 이로 인해 가려움과 따가움을 느끼게 되는 것으로 알려져 있다(Possick et al, 1970). 피부를 뚫게 되는 정도와 피부의 자극정도는 섬유의 직경에 비례하고 길이에 반비례한다고 알려져 있는데 일반적으로 직경 5.2 μm 이상일 때 자극을 일으키는 것으로 인식되고 있다(Heisel & Hunt, 1968). 이에 더하여 주사 전자현미경(Scanning electron microscope, SEM)을 이용하여 피부질환을 일으키는 유리섬유의 형태에 대해 연구한 논문에서, 잘라진 끝이 날카롭고 길이가 50~150 μm의 유리섬유가 가장 접촉피부염을 잘 일으키는 것으로 보고하였다(Hsieh et al, 2001). 본 연구에서 대상자들에게 노출된 탄소섬유 역시 끝이 날카롭고 직경이 6.0~7.5 μm로 피부 질환을 일으킬 수 있는 수준이었고 섬유의 길이는 원료 상태에서는 0.5~1.0 cm로 매우 길지만 박스 제조 시, 포장 작업 시에 잘라져 다양한 길이가 될 것을 예상할 수 있다. 탄소섬유도 유리섬유와 같이 화학적 특성보다는 이러한 물리적 특성에 의해 자극성 접촉 피부염

Table 3. Result of patch test

| Task | No. | Evaluation | | Sources on patch test | | | Blank | Symptom |
|-------------|-----|--------------------|----|-----------------------|------------|------------|-------|--------------------|
| | | time of patch test | CF | CF paper | W-CF paper | U-CF paper | | |
| Packing | 1 | 48hr 96hr | | | + | + | | None |
| | 2 | 48hr 96hr | | + | | | | Mild itching |
| | 3 | 48hr 96hr | | + | | | | Itching & stinging |
| Non-packing | 4 | 48hr 96hr | | | ± | | | None |
| | 5 | 48hr 96hr | | ± | ± | | | Itching |
| | 6 | 48hr 96hr | | + | | | | None |

CF: Carbon fiber, CF paper: Carbon fiber paper, W-CF paper: Wax-coated carbon fiber paper, U-CF paper: Urethane coated carbon fiber paper

을 일으킬 것으로 사료된다.

직업성 피부질환은 발생률이 높고, 이로 인한 경제적 손실이 크며, 예방가능하다는 측면에서 보건학적 중요성이 매우 크다(Lushniak, 1995; Lushniak, 1997). 만약 직업성 접촉피부염을 가진 근로자가 계속해서 자극원에 노출된다면 예후는 심각하게 나빠질 것이며 결국 사업체와 사회에 악영향을 주게 될 것이다(Morris et al, 2002). 직업성 접촉 피부염의 발생을 낮추는 가장 중요한 접근은 예방이며 그 방법들로는 유해 물질의 제거 혹은 대체, 유해 가능 물질에 대한 근로자와 고용주의 주의를 높이는 교육, 적절한 개인 보호구, 작업공정의 공학적 개선 등이 포함된다(Mahbub & Howard, 2004). 본 사례 보고는 그 심각도는 크지 않았지만 동일 작업자들의 집단적인 증상 호소에 대해 이를 간과하지 않고 심도 깊은 직업관련성 평가를 시행하고 실질적인 문제해결까지 이끌어 낸 대처과정을 보여주었다는데 의의가 있다. 더욱이 개인보호구와 같은 소극적인 대처뿐만 아니라 노출원에 대한 개입을 통해 노출 가능성을 낮추고 후속 모니터링을 시행하는 적극적인 대응을 하였다는 점에서 사업장의 보건문제 해결의 좋은 사례를 보여주었다.

지금까지 탄소섬유의 건강영향은 거의 알려져 있지 않았으나 탄소섬유에 접촉되는 근로자가 피부 증상을 호소한다면 먼저 이에 대한 노출을 피해야 할 것이다. 아울러 탄소 섬유의 사용이 광범위한 영역으로 확대되고 있는 바 이에 직접 노출되는 근로자들의 피부 및 호흡기 등의 건강영향에 대한 추가적인 연구의 필요성이 제기된다고 할 수 있다.

요 약

목적: 반도체 제조 공장의 포장작업자들의 피부질환 집단 발생 사례 및 대응과정을 보고함으로써 직업관련성의 평가 및 사업장에서의 보건문제에 대한 문제 해결 방법의 일례를 제시하고자 하였다.

방법: 포장 작업자 51명에 대해 작업관련 내용과 피부 증상에 대한 설문조사를 시행하고 노출군 16명과 비노출군 12명에 대해 의사 진찰과 피부침포시험을 시행하였다. 포장 작업자의 작업장 환경에 대해 조사하고 추정원인 물질인 포장용 박스의 탄소섬유에 대해 조사하였다.

결과: 포장작업자 49명중 45명 (91.8%)에서 가려움과 따가움 등 피부증상을 호소하였으며 피부침포 시험 결과 노출자는 14명 중 3명(21.4%), 비노출자는 11명 중 3명(27.3%)에서 48시간째 판독에 탄소섬유 혹은 탄소섬유 종이에 반응을 보였으나 96시간째 판독에서는 반응을 보이지 않았다. 포장용 박스 표면을 현미경으로 검사한 결과 탄소섬유가 관찰되었으며 탄소섬유의 직경은 자극을 줄 수 있는 범위인 6.0~7.5 μm 였다. 작업 중 탄소섬유

에 직접 접촉되는 것을 방지하기 위해 왁스 코팅된 탄소 섬유 종이로 박스를 대체한 결과 포장 작업자들의 증상 호소는 없어졌다.

결론: 본 사례의 집단 피부질환은 탄소섬유 노출에 의한 경미한 자극성 접촉 피부염으로 추정된다. 이와 같은 피부질환을 예방하기 위해 탄소섬유에의 직접 접촉을 피해야 하며 앞으로 탄소섬유의 건강영향에 대한 추가적인 연구가 시행되어야 할 것이다.

참고문헌

- Ahn YS, Kim DH, Lee JY, Kim HO. Characteristics of Occupational Skin Diseases Compensated with the Industrial Accident Compensation Insurance from 1999 to 2003. *Korean J Dermatol* 2005;43(3):331-41. (Korean)
- Chen JY, Phillips R, Lewis AT, Quan LT, Hsu S. Irritant contact dermatitis secondary to fiberglass: an unusual presentation. *Int J Dermatol* 2000;39(5):372-4.
- Chew AL, Maibach HI. Occupational issues of irritant contact dermatitis. *Int Arch Occup Environ Health* 2003;76(5):339-46.
- Diepgen TL. Occupational skin-disease data in Europe. *Int Arch Occup Environ Health* 2003;76(5):331-8.
- Eldy, David J. Carbon-fibre-induced airborne irritant contact dermatitis. *Contact Dermatitis* 1996;35(6):362-3.
- English JS. Current concepts of irritant contact dermatitis. *Occup Environ Med* 2004;61(8):722-6.
- Eun H-C. The Occupational skin disease. *The Occupational Health* 1988;4:17-26. (Korean)
- Formisano JA. Composite fibre field study: Evaluation of potential personnel exposures to carbon fibres during investigation of a military aircraft crash site. *Appl Ind Hyg* 1989;12/89(Spec Issue):54-6.
- Heisel EB, Hunt FE. Further studies in cutaneous reactions to glass fibers. *Arch Environ Health* 1968;17:705-11.
- Holness DL, Nethercott JR. Occupational contact dermatitis due to epoxy resin in a fiberglass binder. *J Occup Med* 1989;31(2):87-9.
- Hsieh MY, Guo YL, Shiao JS, Sheu HM. Morphology of glass fibers in electronics workers with fiberglass dermatitis--a scanning electron microscopy study. *Int J Dermatol* 2001;40(4):258-61.
- Jones HD, Jones TR, Lyle WH. Carbon Fibre: Results Of A Survey Of Process Workers And Their Environment In A Factory Producing Continuous Filament. *Annals of Occupational Hygiene* 1982;26(1-4):861-8.
- Kim TY, Yoon DH, Lee JY, Kim HO, Kim CW. The Frequency of Irritant and Lost Reactions in the Standard Patch Test, *Korean J Dermatol* 1997;35(6):1095-100. (Korean)
- Koh D, Aw TC, Foulds IS. Fiberglass dermatitis from printed

- circuit boards. *Am J Ind Med* 1992;21(2):193-8.
- Lim HS, Jung HK, Kim JY, Cheong HK, Sung YO, Paik NW. A Case Report on Glass Fiber-induced Health Hazard due to Car interior Material. *Korean J Occup Environ Med* 1994;6(2):439-46. (Korean)
- Lim HS, Jung HK, Kim JY, Kim JR, Yun IG. A study on the health hazard of glass fiber workers. *J. Korean Public Health Assoc* 1997;23(2):128-43. (Korean)
- Lim HS, Jung HK, Kim SK, Kim JR. Health Hazards and Diagnostic Methods of Glass Fiber Workers. *Korean J Occup Environ Med* 1999;11(2):181-95. (Korean)
- Lushniak BD. The epidemiology of occupational contact dermatitis. *Dermatol Clinics* 1995;13:671-80.
- Lushniak BD. The public health impact of irritant contact dermatitis. *Immunol Allergy Clin North America* 1997;17:345-58.
- Lushniak BD. The importance of occupational skin diseases in the United States. *Int Arch Occup Environ Health* 2003;76(5):325-30.
- Lushniak BD. Occupational contact dermatitis. *Dermatol Ther* 2004;17(3):272-7.
- Mahbub MU Chowdhury, Howard I Maibach. Occupational skin disorder In: Joseph LaDou (eds) *Current occupational & environmental medicine*, 3rd ed. McGraw-Hill. 2004. p.305
- Meek ME. WHO. Selected synthetic organic fibres. *Environmental Health Criteria* 1993;151:100.
- Minamoto K, Nagano M, Inaoka T, Futatsuka M. Occupational dermatoses among fibreglass-reinforced plastics factory workers. *Contact Dermatitis* 2002;46(6):339-47.
- Morris-Jones R, Robertson SJ, Ross JS, White IR, McFadden JP, Rycroft RJ. Contact Dermatitis and Allergy Dermatitis caused by physical irritants. *Br J Dermatol* 2002;147(2):270-5.
- Possick PA, Gellin GA, Key MM. Fibrous glass dermatitis. *Am Ind Hyg Assoc J* 1970;31:12-5.
- Rietschel. Diagnosing Irritant Contact Dermatitis. In: Edward M Jackson, Ronald Goldner (eds) *Irritant Contact Dermatitis*. Marcel Dekker. New York. 1989. p.170.
- Sertoli A, Giorgini S, Farli M. Fiberglass dermatitis. *Clin Dermatol* 1992;10:167-74.
- The Food Sanitation Act [Hygiene Law] Article 9, Clause 1. South Korea 1995. (Korean)
- Thomson SA. Toxicology of Carbon Fibers. *Applied Industrial Hygiene* 1989;Special Issue:29-33.
- Wilkinson JD, Shaw S. Contact Dermatitis: Allergic. In : Burns Tony, Breathnach Stephen, Cox Neil, Griffiths Christopher (eds) *Rook's Textbook of dermatology*. 7th ed. Oxford. Blackwell. 2004. p.20.