

기고
업무상 질병 인정기준

도장작업과 암발생

정리: 김수근 / 기고: 김진영, 김진영, 김진영, 김진영, 김진영, 김진영 / 김수근

서론

도장작업은 제품을 더러움이나 부식으로부터 보호하거나 아름답게 보이기 위하여 도료를 제품표면에 얇게 칠하고 굳히는 과정을 말한다. 이러한 보호 및 미장을 위해서 뿐만 아니라 전기전도, 반전도, 오염방지, 방화, 온도변화를 표시하는 도장, 자기도장 등의 특수한 목적을 위하여 도장작업을 하기도 한다.

도장공은 도료에 포함된 수많은 화학물질에 노출된다. 도료는 안료, 결합제¹⁾, 용제의 세 가지 주요 화합물로 구성된다.

안료는 도료 무게의 20~60%를 차지한다. 이들 안료 성분 중에는 국제암연구기구(IARC)에서 1군 발암물질로 분류하고 있는 것들이 있다. 안료는 결합제(또는 수지)에 퍼지며 이는 도료가 건조될 때 표면에 부착되게 한다. 크롬화합물은 밝은 색 도료의 색소로 사용되며 스프레이 도장 작업 시에 흡입노출로 인하여 폐암에 걸릴 수 있다.

결합제는 도료 표면을 방어하고 광택을 결정한다. 초기의 결합제는 아마나 콩기름과 같은 자연물질로

1) 고분자물질은 보통 중합유, 수지, 섬유소, 고무유도체 등의 성분으로 이루어지는데 도료의 용도나 도장법에 따라 다른 종류의 성분을 함유하게 되며 그에 따라 사람에게 미치는 건강장해도 달리 나타나게 된다.

만들어진 것으로 어떤 유성 도료에는 여전히 존재한다. 요즈음 결합제의 대부분은 산, 무수물, 알코올의 알키드수지, 아크릴산 결합제, 비닐, 에폭시, 그리고 우레탄 수지와 같은 중합물질로 구성된다. 폴타르 함유도료나 타르에폭시 도료 등 폴타르를 함유하는 도료를 장기간 다루면 폐암에 걸릴 수 있다.

도료의 사용 목적에 따라 포함되는 부가물로는 두껍게 하는(진하게 하는) extenders, 건조 약품, 살충제, 살균제, 평평하게 하는 약품, 방취제, 부식을 방지하는 약품, 화염방지물질 등이 있다. 또한 도료의 성질에 따라 가소제, 경화제, 피막방지제, 방부제 등의 첨가제를 넣게 된다.

도장공과 도료 제조업 근로자에게 암의 위험성이 증가한다는 증거가 있다. 도장공에게는 방광이나 다른 비뇨생식기계 암, 다발성 골수종, 폐암, 위암의 위험이 증가한다. 그러나 도료 성분의 복잡성과 다양성 때문에 어떤 물질이 원인인지 밝혀내는 일이 쉽지 않다.

2013년 2월에 고용노동부는 새로운 업무상 질병인정기준을 입법예고하면서 스프레이 도장작업²⁾에 의한 폐암과 방광암을 새롭게 채택하였다. 이에 도장작업에 의한 암 발생에 대한 구체적인 연구결과를 고찰하여 암 인정기준을 구체화하는 데에 활용하고자 한다.

도료의 구성성분

도장 공정에서 사용되는 페인트의 종류는 서로 다르기 때문에 발생하는 유해인자의 성분도 약간씩 다르다. 그러나 대부분의 유해인자는 지방족탄화수소, 방향족탄화수소, 알코올류, 케톤류, 글리콜, 에스테르, 염화탄화수소 등의 유기용제와 안료와 각종 첨가제 속에 포함되어 있는 납, 크롬, 카드뮴, 니켈 등의 중금속, 그리고 기타 수지 및 첨가제 속에 들어 있는 합성수지 계통의 성분들이 문제되고 있다.

우리들이 흔히 말하는 페인트(도료)의 구성성분을 보면(표 1), 주로 착색도막의 두께, 도막의 강인성, 내구성 등을 목적으로 첨가되는 각종 수지와 안료(표 2), 그리고 기타의 각종 특수한 용도를 목적으로 첨가되는 보조제(첨가제) 등으로 구성되어 있다. 이와 같은 도료를 이용하기 위해서는 흔히 말하는 신나와 같은 용제를 이용하여 적당한 점도 상태를 가지는 도료로 희석하여 사용하게 되는데 바로 이러한 용제에 각종 유기용제를 첨가하게 된다(표 3).

2) 여러 가지 도장작업 중, 스프레이 도장작업은 노즐을 통해 압축된 공기를 사용하여 공기-도료 미스트를 생산한다. 분사(spray) 방식의 도장 방법에서 유기 용제와 미스트가 가장 높은 농도로 발생한다.

<표 1> 도료(페인트)의 주요 구성성분

구분	주요 구성성분	
안료	착색안료	백색안료, 황색안료, 청색안료, 흑색안료, 적색안료 등
	방청안료	연단, 크롬산염, 징크크로메이트, 산화철, 염화칼슘 등
	체질안료	탈크, 클레인, 규조토 등
전색제 (결합제)	유성계	아민류, 대두유 등
	천연수지계	로진
	합성수지류 (바나수)	프탈산수지, 페놀수지, 비닐수지, 멜라민 수지, 요소수지, 에폭시수지, 폴리에스테르수지, 폴리우레탄수지, 아크릴수지, 기타 합성수지
	니트로셀룰로오스	
	역청	
보조제	고무유도체	
	건조제	납, 망간, 코발트, 수지산, 나프텐산염 등
	침전방지제	
	피막방지제	
	경화제	이소시아네이트 류
	촉진제	
	살균제	포르말린, 페놀, 석탄산 등
	방염제	염화파라핀, 탄산안티몬 등

보통 안료는 페인트의 색깔을 내기 위하여 첨가되는데 특히 분체 도장이나 스프레이 도장을 할 경우 작업자에게 문제될 수 있다. 안료에서 문제되는 중금속은 납화합물, 크롬화합물, 아연화합물 등이 대표적인 유해인자다(표 2).

색을 내기 위해 첨가되는 안료는 유기안료와 무기안료로 나누어지는데, 이 중 무기안료(납, 크롬, 아연화합물 등의 중금속과 흑연 등)는 내후성, 은폐력 등이 뛰어나 널리 사용된다. 이러한 중금속 안료들은 도장이 되어있는 상태에서는 유해성이 거의 나타나지 않지만 도장을 하는 과정에서는 안개상태로 떠다니며 작업자들의 입이나 코를 통해 몸 안에 흡입될 수 있다.

<표 2> 각종 안료의 종류에 따른 유해물질

안료의 종류	발생 가능한 유해물질
백색안료	납, 탄산염, 황산염, 규산염, 산화아연, 이산화티타늄, 산화안티몬
녹색안료	산화크롬, 프탈로시아닌

적색안료	산화철, 카드뮴, 수은, 툴루이딘
황색 및 오렌지색 안료	크롬, 몰리브덴산염, 카드뮴, 아연
광택성 및 형광성 안료	알루미늄, 구리, 아연, 납

시너와 같은 희석제 속에 포함된 유해인자는 방향족 계통의 유기용제가 가장 많이 함유되어 있다<표 3>.

<표 3> 페인트 용제(희석제)의 종류

구분	주요 구성성분
방향족 용제	벤젠, 툴루엔, 크실렌 등
염화계 용제	메틸렌클로라이드, 사염화탄소, 이염화에틸렌, 트리클로르에틸렌, 퍼글로르에틸렌 등
알코올류 용제	메탄올, 에탄올, 이소프로필알코올, 아밀알코올, 이차부틸알코올, n-프로필알코올, n-부틸알코올 등
케톤류 용제	아세톤, 메틸에틸케톤, 메틸아세테이트, 메틸이소부틸케톤, 디아세틴, 사이클로헥산, 2-이소부틸케톤 등
아세테이트류	에틸, 이소프로필, 아밀, n-프로필, n-부틸 등

도장작업자의 노출상황

도료를 제조하는 과정에는 안료, 증량제, 결합제, 유기용제 및 첨가제 등 수많은 화학물질을 사용한다. 주로 사용되는 유기 용매는 툴루엔, 자일렌, 지방족 화합물, 케톤, 알코올, 에스테르, 글리콜에테르 등이다. 비록 자유 방향족아민(free aromatic amines)은 양적으로 중요하지 않지만, 3,3'-디클로로벤지딘(3,3'-dichlorobenzidine)을 함유하고 있는 아조안료가 가장 일반적으로 사용된다.

석면은 1990년대 초반까지 페인트 및 장식 코팅 충전제로 사용되었다. 그것들은 여전히 일부 국가에서 사용되고 있지만, 벤젠, 다른 용제, 프탈레이트(가소제), 크롬과 납 산화물 등 여러 가지 유해 화학 물질들은 페인트 내에서 양을 줄이거나 다른 것으로 대체되고 있다. 수성 페인트와 분말 코팅의 사용 증가는 이러한 경향을 촉진하고 있다. 새로운 페인트 제법에서는 독성이 낮은 용매, 중화제(neutralizing agents), 아민 등과 살균제가 포함된다.

도장공들은 페인트를 제조할 때에 사용된 화학 물질에 노출될 가능성이 있다. 디클로로메탄(dichloromethane)에는 목재나 금속 제품의 표면으로부터 페인트를 제거할 때 노출된다. 디이소시아네이트는 결합제의 한 성분이므로 도장작업을 할 때 노출될 수 있다. 실리카는 표면 처리에

사용된다. 도장공은 건축공사를 할 때 주변 작업자로서 석면 또는 결정형유리규산에 노출될 수 있다. 페인트를 제거할 때에는 안료나 충전제에 노출되거나 도장작업을 할 때에는 주로 유기용제에 노출된다. 과거의 노출수준은 자주 노출기준을 초과하였지만, 시간이 지남에 따라 많이 감소하였다.

흡입은 가장 주요한 흡수 경로이고 다음으로 피부이다. 도장공은 호흡보호구와 보호 장갑 등 피부보호구를 적절하게 선택하여 착용하여야 실질적인 흡수를 줄일 수 있다. 페인트 구성성분에 대한 생물학적 모니터링은 혈액이나 소변에서 이들의 대사산물이 증가한 것을 보여준다.

도장작업의 발암성

도장작업자는 안료, 확장제, 결합제, 용제 및 첨가제 등 다양한 화학물질과 결정형유리규산 및 석면 등에도 노출될 수 있다. 코호트나 자료 결합 연구 등에서 일반인구집단에 비하여 도장공에서 폐암의 증가가 일관되게 관찰되었다. 흡연을 통제한 코호트 연구는 없었지만 흡연을 통제한 환자-대조군 연구에서도 일관되게 폐암 발생이 증가하였다.³⁾

도료에 포함되어 있는 화학물질 중의 일부는 발암물질 또는 돌연변이 물질로 알려져 있다. 벤조피렌(Benzo[a] pyrene)은 carbon black 염료에 들어있는 불순물로 영국의 굴뚝 청소부에게 음낭암을 일으킨 발암물질로 알려져 있는 물질이다. 카본 블랙 그 자체에 관한 연구에서는 발암 위험이 증가하지 않았다. 도장공에 대한 탄화수소의 노출은 비록 소량이지만, 벤젠이나 염소계 탄화수소(사염화탄소, 클로로포름, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌)등의 유기 용제는 발암물질로 밝혀졌다.

인간을 대상으로 한 연구결과

최근 연구에 따르면, 페인트에 대한 직업적 노출은 폐, 방광, 췌장, 림프조혈계 암 등 여러 종류의 암 발생 위험의 원인이 될 수 있다.⁴⁾ 이러한 연구 결과는 1989년 국제암연구기구(International Agency for Research on Cancer)의 보고서에서 도장작업을 발암인자로 분류한 것과 일치하며, 이러한 근거를 추가하는 것이다.

폐암

폐암은 전 세계적으로 가장 흔한 암이고 남자에게는 사망원인 1위의 암이다. 국제암연구기구

3) Straif K, Baan R, Grosse Y, Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Altieri A, Benbrahim-Tallaa L, Cogliano V. Carcinogenicity of shift-work, painting, and firefighting. *Lancet Oncol* 2007;8(12):1065-6.

4) Brown LM, Moradi T, Gridley G, Plato N, Dosemeci M, Fraumeni JF, Jr. Exposures in the painting trades and paint manufacturing industry and risk of cancer among men and women in Sweden. *J Occup Environ Med*. 2002;44:258-64.

(IARC)에서는, 남성에게 매년 90만 건 이상, 여성에게는 33만 건 이상의 폐암이 발생한다고 추정하였다.⁵⁾ 선진국에서는 폐암 부담의 약 90%가 흡연에 기인하고, 흡연은 다른 폐암 인자와 독립적 또는 상승적인 작용을 한다.^{6,7)} 사업장에서 노출되어 폐암을 일으키는 발암인자로는 석면, 다환 방향족 탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons), 비소, 베릴륨, 카드뮴, 크롬(VI) 및 니켈 화합물 등이 있다.⁸⁾

1999년 Steenland 등⁹⁾이 도장공 57,000명을 대상으로 한 연구와 2002년 Bouchardy 등¹⁰⁾이 스위스 암 등록 자료를 이용하여 직종별 암발생을 분석한 대규모 연구를 포함하여 메타분석을 실시하였을 때, 폐암의 초과위험이 약 20%였다.

도장공에 대한 17건의 코호트와 연계 연구(linkage studies)를 보면, 폐암에 대해서 중등도의 강도(36%)로 일관성 있게 증가하는 것을 보여준다. 이들 연구 중에서 3건은 흡연을 보정하고도 일관성 있게 폐암의 증가를 보여준다.¹¹⁾ 이와 같이 도장공에게서 발생한 폐암 발생률과 사망의 증가는 국제암연구기구(IARC)로 하여금 1989년에 도장작업을 1군 발암인자로 분류하게 하는 근거가 되었다.¹²⁾ 도장공은 아직까지 특정 발암성에 대해서 확인되지는 않았지만, 호흡기와 피부를 통해서 석면이 함유된 활석, 6가 크롬, 염화 유기 용제류(chlorinated solvents) 및 카드뮴 등 이미 알려진 많은 발암인자에 노출된다.¹³⁾

이러한 초과발생은 흡연을 보정한 환자-대조군 연구결과와 일치한다. 도장공의 폐암에 관한 29건의 환자-대조군 연구결과 평가에서 폐암의 초과 위험은 일관성을 보였다. 이 중에 3건을 제외하고는 교차비가 2 이상이었고 14건은 통계적으로 유의하게 증가하였다. 흡연을 보정한 환자-대조군 연구에서는

-
- 5) IARC (International Agency for Research on Cancer). 2003. World Cancer Report (Stewart B, Kleihues P, eds). Lyon, France:IARC Press. Available: [http:// www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/2003/ index.php](http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/2003/index.php)
 - 6) Peto R, Lopez AD, Boreham J, Heath C, Thun M, eds. 1994. Mortality from Tobacco in Developed Countries, 1950-2000. Oxford, UK:Oxford University Press.
 - 7) Boffetta P, Trichopoulos D. 2002. Cancer of the lung, larynx and pleura. In: Textbook of Cancer Epidemiology. New York:Oxford University Press, 248-280.
 - 8) IARC (International Agency for Research on Cancer). 2008. World Cancer Report (Boyle P, Levin B, eds). Lyon, France:IARC Press, 9-510. Available: [http:// www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/2008/ index.php](http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/2008/index.php).
 - 9) Steenland K, Palu S. Cohort mortality study of 57,000 painters and other union members: a 15 year update. Occup Environ Med 1999;56:315-21.
 - 10) Bouchardy C, Schu"ler G, Minder C, Hotz P, Bousquet A, Levi F, Fisch T, Torhorst J, Raymond L. Cancer risk by occupation and socioeconomic group among men—a study by the Association of Swiss Cancer Registries. Scand J Work Environ Health 2002;28:1-88.
 - 11) IARC (International Agency for Research on Cancer). In press. Shift-work, painting and fire-fighting. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 98.
 - 12) IARC (International Agency for Research on Cancer). 1989. Occupational exposures in paint manufacture and painting. IARC Monogr Eval Carcinog Risk Hum 47:329-442.
 - 13) Straif K, Benbrahim-Tallaa L, Baan R, Grosse Y, Secret-an B, El Ghissassi F, et al. 2009. A review of human carcinogens—part C: met als, arsenic, dusts, and fibres. Lancet Oncol 10:453-454.

50% 이상 증가하였다. 메타분석을 한 결과 초과위험은 35%였다. 중피종 사망은 석면이 페인트에 함유된 페인트를 사용한 도장공에서 경계역의 초과위험이 일관성 있게 관찰되었다.¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾

방광암

도장공 코호트 연구에서 방광암도 약 20~25% 일관되게 증가하였고, 흡연을 통제된 환자-대조군 연구에서도 유사한 증가가 관찰되었다.¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾

국제암연구기구(IARC)는 방광암을 전 세계적으로 9번째로 흔한 암으로 평가하고 있다. 매년 33만 건의 새로운 방광암이 발생하고 13만 명이 사망한다.²⁰⁾ 흡연은 방광암의 가장 대표적인 위험인자이고, 선진국에서 남자에게 발생하는 새로운 방광암 중에 66%와 여성의 30%가 흡연 때문이라고 하였다.²¹⁾²²⁾ 이러한 위험도는 담배에 2-나프틸아민(2-naphthylamine), 4-아미노바이페닐(4-aminobiphenyl), 4-클로로-오르토-톨루이딘(4-chloro-ortho-toluidine)과 같은 방향족 아민이 존재하기 때문일 가능성이 있다.²³⁾

방광암의 위험 증가는 담배 연기에서 발견되는 것과 같은 방향족 아민(예를 들어, 2-나프틸아민, 4-아미노바이페닐)에 대한 노출을 포함하는 고무제조 및 도장작업에 종사하는 근로자들에게서 보고되었다.²⁴⁾²⁵⁾

IARC는 ‘인간에 대한 발암성’으로 도장공의 직업적 노출을 분류하였으며, 처음에는 폐암의 유의한

-
- 14) IARC (International Agency for Research on Cancer). In press. Shift-work, painting and fire-fighting. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 98.
 - 15) Peto J, Hodgson JT, Matthews FE, Jones JR. Continuing increase in mesothelioma mortality in Britain. *Lancet* 1995;345:535-39.
 - 16) Brown LM, Moradi T, Gridley G, Plato N, Dosemeci M, Fraumeni JF Jr. Exposures in the painting trades and paint manufacturing industry and risk of cancer among men and women in Sweden. *J Occup Environ Med* 2002;44:258-64.
 - 17) Steenland K, Palu S. Cohort mortality study of 57,000 painters and other union members: a 15 year update. *Occup Environ Med* 1999;56:315-21.
 - 18) Bouchardy C, Schueller G, Minder C, Hotz P, Bousquet A, Levi F, Fisch T, Torhorst J, Raymond L. Cancer risk by occupation and socioeconomic group among men? a study by the Association of Swiss Cancer Registries. *Scand J Work Environ Health* 2002;28:1-88.
 - 19) Silverman DT, Levin LI, Hoover RN, Hartge P. Occupational risks of bladder cancer in the United States: I. White men. *J Natl Cancer Inst* 1989;81:1472-80.
 - 20) IARC. World cancer report. In: Stewart B, Kleihues P, eds. Lyon, France: IARC Press, 2003.
 - 21) Brennan P, Bogillot O, Cordier S, et al. Cigarette smoking and bladder cancer in men: a pooled analysis of 11 case-control studies. *Int J Cancer* 2000;86:289-94.
 - 22) Brennan P, Bogillot O, Greiser E, et al. The contribution of cigarette smoking to bladder cancer in women (pooled European data). *Cancer Causes Control* 2001;12:411-17.
 - 23) IARC. World Cancer Report 2008. In: Boyle P, Levin B, eds. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2008.
 - 24) IARC. Occupational exposures in paint manufacture and painting. 47, 329-442. Lyon: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Human. International Agency for Research on Cancer, 1989.
 - 25) Siemiatycki J, Richardson L, Straif K, et al. Listing occupational carcinogens. *Environ Health Perspect* 2004;112:1447-59.

증가를 근거로 하였다. 그리고 2007년에는 방광암도 도장공에서 발생하는 역학적인 근거가 충분한 것으로 확인하고 그룹 1 발암인자로 분류하였다.²⁶⁾

담배 흡연에 의한 혼란 가능성을 이러한 코호트 연구에서 배제할 수는 없었지만, 도장공에게서 방광암은 일관성 있게 발생률과 사망률이 증가하였다. 환자-대조군에서도 도장공에게서 방광암의 위험도는 다소 덜 일관성을 보였지만 증가하였고, 흡연을 보정한 후에도 유의하게 증가하였다.²⁷⁾

도장공에 대한 11건의 코호트와 연계연구에서 방광암은 중등도의 강도(21%)의 초과 위험도를 일관성 있게 보였다. 이들 연구 중에서 2건은 흡연에 대하여 보정을 하였다. 이들 초과위험도는 흡연을 통제된 환자-대조군 연구결과와 일치하였다. 평가된 연구의 대부분은 교차비가 1을 초과하였다. 메타분석을 한 결과에서 통계적으로 유의한 28%의 초과위험도를 보였다.

림프조혈기계암과 기타

도장공에 대한 코호트 연구에서 통계적으로 유의하게 증가된 암으로는 인두암, 식도암, 간암 등이 있다. 이들은 흡연 및 음주와 관련이 강한 암들이다. 이들 암에 대해서는 강력한 교란인자를 보정할 수 있는 정보가 없어서 관련성을 판단하기에 적절하지 못하였다.

더 많은 도장공의 림프조혈기계암의 위험도를 평가한 환자-대조군 연구가 있었지만 일관성을 보이지 않아서 결론을 내릴 수 없었다. 그리고 코호트 연구에서는 어떤 초과발생도 보이지 않았다.

도장공에서 림프조혈기계암 발생에 대해서는 일관된 결과를 보이지 않지만, 5개 환자-대조군 연구 중 4개에서 어머니가 도장 작업에 노출된 경우 어린이에게 백혈병이 유의하게 증가하였다. 특히 임신 전이나 임신 중 노출이 임신 후 노출보다 백혈병 위험이 더 컸고, 2건의 연구에서는 노출이 증가함에 따라 발병 위험도가 증가하는 증거를 보여주었다.²⁸⁾²⁹⁾

26) Neela Guha, Nelson Kyle Steenland, Franco Merletti, Andrea Altieri, Vincent Coglianò, Kurt Straif. Bladder cancer risk in painters: a meta-analysis. Downloaded from oem.bmj.com on June 4, 2013 - Published by group.bmj.com

27) Neela Guha, Nelson Kyle Steenland, Franco Merletti, Andrea Altieri, Vincent Coglianò, Kurt Straif. Bladder cancer risk in painters: a meta-analysis. Downloaded from oem.bmj.com on June 4, 2013 - Published by group.bmj.com

28) Shu XO, Stewart P, Wen WQ. Parental occupational exposure to hydrocarbons and risk of acute lymphocytic leukemia in offspring. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 1999;8:783-91.

29) Schuz J, Kaletsch U, Meinert R, Kaatsch P, Michaelis J. Risk of childhood leukemia and parental self-reported occupational exposure to chemicals, dusts, and fumes: results from pooled analyses of German population-based case-control studies. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2000;9:835-8.

동물실험의 결과

도장작업의 발암성에 대한 이용할 수 있는 동물실험 자료는 없다.

유전독성연구

도장공은 복잡한 유기혼합물(지방족, 방향족, 염화), 금속(납, 크롬, 카드뮴) 및 많은 잠재적인 돌연변이 특성을 가진 화학물질에 노출된다. 그러나 도장작업과 도료의 구성성분들에 대한 독성기전에 대한 정보는 부족하다. 일부 선택된 화학물질에 대해서만 모니터링되고 있다.

많은 세포유전연구에서 염색체 변이, 미소핵 형성, 자매염색분체교환 및 DNA의 한 가닥 손상(DNA single-strand breaks) 등 유전적 손상이 증가하는 것으로 보고되었다. 몇몇 연구에서는 유전적 손상이 작업기간과 관련하여 용량-반응관계가 있는 것으로 나타났다. 흡연자와 비흡연자를 증화하여 분석하였을 때도 두 집단에서 유사한 결과를 보여주었다.³⁰⁾

그러나 페인트 노출 관련된 유전독성효과에 대해 사용할 수 있는 정보가 부족하고, 긍정적인 것과 부정적인 결과가 혼재하고 있다. 염색체 이상(chromosomal aberrations), 자매염색분체교환(sister chromatid exchange, SCE), 립프구와 구강 점막 세포에서 소핵(MN), 그리고 백혈구의 Comet assay에 의해 감지된 DNA 손상 등은 자동차 도장코팅과 도장공에서 일반적으로 증가하였다. 또한 최근의 생체 내 유전독성연구에서, 납 성분 페인트의 먼지와 흠(fumes)이 도장공에게 유전적인 염색체 이상(chromosomal aberrations)의 증가를 유의할 정도로 높게 초래한다는 사실이 증명되었다.

결론

국제암연구기구(IARC)는 도장공으로서의 직업적 노출이 폐암 및 방광암 발생의 원인이 된다는 충분한 증거가 있다는데 근거하여 도장작업을 Group 1 로 분류하였다. 또, 어머니가 임신 전이나 임신 중 도장작업을 한 경우 태어난 어린이에게 백혈병이 증가한다는 제한적 증거가 있다는 결과도 제시하였다.³¹⁾

30) Testa A, Festa F, Ranaldi R. A multi-biomarker analysis of DNA damage in automobile painters. *Environ Mol Mutagen* 2005;46:182-8.

31) Straif K, Baan R, Grosse Y, Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Altieri A, Benbrahim-Tallaa L, Cogliano V. Carcinogenicity of shift-work, painting, and firefighting. *Lancet Oncol* 2007;8(12):1065-6.

도장공의 직업적 노출이 폐암과 방광암을 일으킨다는 평가결과는 흡연이라는 교란인자에 의해서 초과 발생하는 것이 아니다. 그러나 역학적 연구에서 폐암과 방광암의 유발인자를 특정하게 밝히지는 못하였다. 도료에 석면이 존재하여 폐암이 증가한다면 아울러 중피종의 증가도 동반되어야 할 것이나 그렇지 않았다. 따라서 석면만으로 도장공에게서 폐암 발병이 증가하는 것을 설명하기에는 부족하였다. 또 다른 발암물질로 6가 크롬과 카드뮴 같은 것이 알려졌으나 역학연구에서는 이러한 물질이 페인트에 존재한다는 정보를 충분히 제공하는 경우가 거의 없었다.

벤젠, 안료 및 납 크로메이트(lead chromates)등 페인트의 성분이 바뀌면서 암 발생 위험이 감소하는 것을 보여주는 연구는 부족하였다. 연구의 대부분은 페인트의 구성성분이 많이 바뀌기 전인 1960년대와 70년대에 노출된 도장공을 대상으로 한 것들이기 때문이다.

우리나라는 도장공에게 발생한 암이 다수 업무상 질병으로 인정되었는데, 도장공의 방광암 인정사례는 없으며, 폐암은 몇 건이 있었는데 주로 6가 크롬, 다환방향족탄화수소 등의 노출에 의한 것으로 추정하였다.³²⁾ IARC는 도장공과 백혈병 발생의 관계는, 노출된 어머니를 통해 어린이 백혈병이 증가하는 제한적 증거만 있다고 하였지만, 우리나라는 도장공에 대한 벤젠 노출을 확인하거나 과거 노출을 추정하여 업무상 질병으로 인정한 사례가 다수 있는데, 1996년부터 2006년까지 10년 동안의 자료를 분석하였을 때도 전체 백혈병 환자 50명 중 도장 작업자가 10명이었다.³³⁾ 안연순³⁴⁾은, 우리나라에 많은 도장공이 있는 만큼 관련하여 코호트를 구축하여 폐암, 림프조혈기계암 등 다양한 암과 관련한 최근의 쟁점 등에 대한 연구를 수행하여 학문적으로 발전을 도모할 필요가 있다고 하였다.

국제암연구기구의 평가에 따르면, 도장공의 폐암과 방광암에 대해서 업무관련성을 인정하고 있으나 1970년대 이전의 도료를 사용한 도장공들을 대상으로 한 연구들이라는 점, 특정 발암인자가 확인되지 않았다는 점, 그리고 초과 위험도가 중등도 정도(20~30%)라는 점을 고려하여 앞으로 도장공의 폐암과 방광암의 업무관련성 평가를 다시 실시할 필요가 있을 것이다.

32) Lim JW, Park SY, Choi BS. Characteristics of occupational lung cancer from 1999 to 2005. Korean J Occup Environ Med 2010;22(3):230-9. (Korean)

33) Ahn YS. Occupational malignant lymphohematopoietic diseases compensated under the Industrial Accident Compensation Insurance from 1996 to 2005. Korean J Occup Environ Med 2007;19(2):81-92. (Korean)

34) 안연순. 직업성 암의 최신 지견. 대한직업환경의학학회지 제 23 권 제 3 호 (2011년 9월) Korean J Occup Environ Med, 2011;23(3):235-252

도장 작업자에서 발생한 폐암

성별 : 남 | 나이 : 45세 | 직종 : 도장 작업자 | 업무관련성 : 낮음

1. 개요: 김○○(남, 45)은 1984년 4월 D버스에 입사하여 도장 작업을 하던 중 2003년 9월 G대학교병원에서 폐암으로 진단받았다.

2. 작업환경: 김○○은 입사 후 2인 1조로, 별도 건물에서 미리 색상이 배합된 도료를 spray gun에 담아 작업 현장에서 희석제 및 경화제를 첨가하여 에어호스를 연결한 후 버스 외부 창문틀 하부 이상 부위를 좌우로 1명씩 나누어 spray작업을 하였다. 이외에도 battery room 내부를 spray작업하고, 또 다른 동료 근로자는 창틀을 spray작업하였다. 이상의 작업은 입사 당시에도 설치되어 있던 도장 booth(국소배기시설이 4대 설치되어 있음) 안에서 하였고, 도장작업 대상 버스가 도장 booth 안에 체류하는 시간이 모델에 따라 대당 평균 34분이지만 실제 spray작업이 이루어지는 시간은 평균 12분으로 하루 약 17대 정도 버스를 도장하였고, 도장작업에 사용하였던 희석제(신나)로 spray gun을 세척하는 작업까지 하였다. 입사 당시부터 장갑, 안전화, 방독마스크 및 booth복을 착용하고 작업하였다.

3. 의학적 소견: 김○○은 22세 때부터 1999년까지 하루 1갑씩 흡연하였다고 하지만, 의무기록 및 소견서에 의하면 30년에 걸쳐 누적 흡연량이 최대 60갑년에 해당된다. 2003년 7월 말부터 복사가 나타났다가 2003년 8월 27일 갑자기 오른 손이 저리고 오른쪽 안면이 마비되고 말하기가 힘들어져 8월 31일까지 D의료원에 입원하여 촬영한 흉부 컴퓨터단층사진에서 양측 폐문부의 종양 및 뇌 컴퓨터단층사진과 자기공명영상에서 전이 소견이 나타나 G대학교병원으로 전원하여 실시한 기관지내시경검사상 선암으로 의심되는 폐암(Stage IV, T2N0M1)으로 진단되어 2차례 항암 화학요법 및 방사선요법을 받았다.

4. 결론: 김○○의 폐암은

- ① 원발성 폐암(선암 의심)으로 확진되었는데,
- ② 진단받기 직전 19년 4개월간 국소배기시설이 설치된 공간에서 방독마스크를 착용한 채 스프레이 도장작업을 하였으므로,
- ③ 과거 사용한 도료 중 폐암 유발물질이 포함되어 있었다 하더라도 그 노출 정도가 낮았을 것으로 보이며,
- ④ 가장 강력한 폐암 유발물질인 누적 흡연량이 최대 60갑년으로 많아,

업무와 관련하여 발생하였을 가능성이 낮다고 판단되었다. ☹