

## 유기용제 노출에 따른 신발제조업체 근무 여성근로자들에서의 후천적 색각이상

고신대학교 복음병원 산업의학과

변주현 · 이광영 · 김영기 · 고광욱 · 이용환

— Abstract —

### Acquired Dyschromatopsia in Women Workers in Shoe Manufacturing Who were Exposed to Organic Solvents

Joo Hyun Byun, Kwang Young Lee, Young Kee Kim,  
Kwang Wook Ko, Yong Hwan Lee,

*Department of Occupational & Environmental Medicine, Kosin University Gospel Hospital*

**Objectives** : This study was undertaken to investigate the relationship between color vision defects and occupational exposure to mixed organic solvents in women workers who were engaged in the shoe manufacturing industry.

**Methods** : A total of 173 women workers were involved in this study, 85 of whom were exposed to mixed organic solvents and were defined as the exposed group, and 88 workers comprised the non-exposed control group. The patients were questioned as to their drinking history, the year in which they were exposed and whether they had eye symptoms of blurred vision, eye fatigue, and eye irritation. The exposed workers in the shoe manufacturing factory were engaged in 3 work areas which were pasting, trimming, and cleaning. Their Color vision was assessed using the Hahn's double 15 hue test under standard illumination and their current and cumulative exposure levels were measured.

**Results** : The prevalence of color vision defect was 21.2% in the exposed group and 8.0% in the control group, and the blue-yellow defect was found to be 5.9 % in the exposed group. The logistic regression for the acquired dyschromatopsia and color confusion index showed that there were no variables that had significant relationships. Eye symptoms were more frequently developed in the exposed group.

**Conclusions** : There is a possibility of developing color vision defects when workers are exposed to mixed organic solvents. However, the results of the color confusion index showed that there was no significant relationship to the cumulative exposure level, because of the low exposure level and high occupational turn over rate of the workers. Because the workers in the present study were exposed to low level solvents it will be necessary to study workers exposed to higher levels of organic solvents.

**Key Words** : Color vision defect, Organic solvents, Cumulative exposure level

〈접수일 : 2001년 4월 27일, 채택일 : 2001년 6월 26일〉

교신저자 : 이 용 환 (Tel : 051-990-6459) E-mail : yhlee@ns.kosinmed.or.kr

## 서 론

유기용제는 여러 산업장에서 널리 사용되는 탄화수소화합물 계통으로 페인트, 잉크, 광택제, 접착제, 신나 등의 주요성분을 이루고 있으며 많은 근로자들이 이에 노출되고 있다. 우리나라에서도 특수검진대상 근로자 중 약 10여만명이 직업적으로 유기용제에 노출되고 있으며, 건강진단을 받고있는 것으로 보고되었다(노동부, 1999).

시세포의 외절에는 많은 원반(disc)이 있는데 이 원반과 색소상피내에는 광선에 민감하게 반응하는 색소과립이 있어서 광화학적 반응을 일으켜 망막에 전위 변화를 일으키고, 양극세포(bipolar cell)와 신경절 세포(ganglionic cell)를 경유하여 뇌로 전달된다(Dowling, 1990). 유기용제는 특히 신경막의 수용체를 변화시킴으로써 이 시각경로의 전달과정을 방해하거나 시신경 섬유의 탈수초화 작용으로 시각인지기능에 장애를 일으켜 색각이상을 나타낼 수 있는데, 초기에는 외부망막층에서 신경변성을 일으키나 서서히 시신경과 내부 망막층으로 진행하기도 한다(Raitta 등, 1978; Porkorny 등, 1979; Mutti 등, 1985; Romanelli 등, 1986; Mergler 등, 1988; Katoh 등, 1989).

색각이상에는 선천성과 후천성이 있는데 임상적으로 흔히 볼 수 있는 것은 X염색체와 관련있는 선천성 색각 이상이며 대부분이 적록색 및 혼합형 색각 이상이고 청황색 색각이상은 매우 드물다(한천석, 1985; Hart, 1987). 그러나 유기용제에 의해 유발될 수 있는 색각이상은 후천적 색각이상이며, 선천성 색각이상과는 달리 대부분이 청황색 색각이상으로 환자가 색각이상을 자각하며, 질병의 경과가 다양하고, 그 장애정도는 유기용제의 특성, 노출농도 및 노출기간에 좌우된다(Verrest, 1963; Gobba 등, 1991).

스티렌 노출 후의 구후시신경염(retrobulbar neuritis)이 보고된 이래(Pratt, 1964), 유기용제에 노출되는 근로자들에서 색각장애 유발 여부에 대한 연구가 많이 이루어졌으나 그 결과에 대해서는 일치된 소견을 보이지 않고 있다. 대부분의 연구결과들은 여러 유기용제의 노출과 색각이상간의 연관성이 있다고 보고하고 있으나(Verrest, 1963; Pratt,

1964; Raitta 등, 1978; Hart, 1987; Mergler 등, 1988; Gobba 등, 1991; Fallas 등, 1992; Porkorny 등, 1995; Cavalleri 등, 2000; Triebig 등, 2001), 일부 연구자들은 유기용제에 노출된 근로자의 후천성 색각이상과는 유의한 차이가 없는 것으로 보고하고 있기도 하다(Nakatsuka 등, 1992; Baird 등, 1994; 강미정, 1996).

근로자들은 대개 복합유기용제에 노출되며 단일용제에 노출되는 경우는 드물다. 유기용제와 색각이상간의 관계에 대해 지금까지 연구된 대부분의 결과들은 관련된 유기용제의 성질과 노출기간, 노출수준의 어느 것이 주 요인으로 작용하는지는 밝히지 못하였다.

본 연구는 부산지역의 대표적 제조업인 신발제조업체 근무 근로자들 중 복합유기용제에 노출되는 여성근로자들을 대상으로 유기용제 누적노출량과 후천성 색각이상 발현빈도간의 상관성을 조사하기 위해 실시하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

연구대상자는 1999년 6월부터 9월까지 고신대학교 복음병원 산업의학과에서 작업환경측정 및 유기용제 특수건강진단과 일반건강진단을 실시한 사업장 중 신발제조를 하는 1개 사업장 여성 근로자들을 노출군으로 하고 사업장규모가 비슷하고 유기용제에 대한 작업환경측정결과 전혀 검출되지 않는(Not detectable) 장난감 조립공장 1개소의 여성근로자를 대조군으로 하였다. 유기용제에 노출된 신발제조업체 근무 여성근로자들은 모두 90명이었으나, 고혈압 환자 3명과 당뇨질환자 2명은 제외하고 85명에 대해 조사를 하였다. 대조군은 유기용제에 노출된 적이 없고 일반건강진단결과에서 정상으로 판정받은, 유기용제를 취급하지 않는 조립부서의 여성근로자 88명이었다.

### 2. 연구방법

#### 1) 설문조사

연구대상자들에 대하여 대조군은 근무시작 전인 오전 7시~8시 사이에, 노출군은 검사를 위해 내원한 날 오전 8시~9시경에 조사자가 연령, 근무시간, 근

무년수, 유기용제 노출의 과거력, 직업력, 질병의 과거력, 교육기간, 음주력 및 흡연력, 약물복용력, 보호구의 착용유무에 대해 직접 면접조사를 실시하였다.

### 2) 안증상조사

선천성 색각이상, 고혈압, 당뇨, 뇌혈관 질환자, 그리고 약물 복용력이 있는 자, 시력이 7/10 이하인 자, 안과 질환자 등은 연구대상에서 제외시켰다. 유기용제 노출에 의해 생길 수 있는 안증상인 시력 흐림, 안피로감, 안자극감 등을 조사하였고, 이런 안증상이 작업시작 후 오전에 많이 발생하는지 혹은 오후에 많이 발생하는지도 조사하였다.

### 3) 시력 및 색각검사

근로자들의 색각이상을 평가하기 전 시력검사를 먼저 실시하였다. 시력검사 및 색각이상 검사를 위해 산업의학과 외래를 한시적으로 1200-Lux fluorescent Lamp하의 표준화된 방으로 만들었다. 색각이상의 검사는 한식 이중 15색상 배열검사기를 이용하여 한천석(1977)의 방법을 이용하여 실시하였다.

한식 이중 15색상 배열검사기는 Farnsworth's 및 Lanthony's Panel D-15 Test를 개량병합한 것이며, 색각이상을 용이하고 정확하게 기록, 청황 또는 복합형 색각이상으로 분류할 수 있다(한천석, 1977; 한천석, 1980). 한식 이중 15색상 배열검사기를 이용한 검사방법에는 A검사와 B검사가 있는데 본 연구에서는 B검사를 시행하였다. B검사는 A검사에 비하여 색패의 채도를 반감한 것인데 대상자에 대해 선천성 색각이상이 아닌 후천성 색각이상 유무를 조사할 수 있다. 또한 작업환경 측정결과상 본 연구의 대상자들은 저 농도의 유기용제에 노출되고 있으므로 색각이상의 발생 정도가 중등도 및 약도일 것이 생각되어 B검사를 실시하였다.

검사방법은 B조 색패를 사용하여 백점으로 표시된 청색(1번)색패를 검사자가 투명한 좌측에 먼저 놓고 피검자로 하여금 나머지 14개 색패 중에서 가장 비슷한 색순으로 한 개씩 시계바늘 방향으로 15개의 색패를 용기의 환상부에 배열하게 한 다음 처음부터 검토하게 하여 틀린 곳이 있으면 순서를 고치게 하였으며, 검사시간의 제약은 두지 않았다.

색각이상 검사결과의 정성적인 평가는 한천석의 판정방법에 따라 색패의 배열 순서대로 기록용지의

숫자 표점을 직선으로 연결하여 배열이 완전하거나 인근 색패간의 작은 착오로 횡단선이 한 개 생긴 것은 정상으로 분류하고 횡단선이 여러개 있으며 표식선 근처에 있는, 해당 색각이상과 평형하면 각각 해당 색각이상으로 분류하여 적록, 청황, 그리고 복합형 색각이상으로 구분하였다. 색각이상의 분류는 양안 중 어느 한 쪽이라도 해당되는 경우에 위의 세 가지의 형태로 분류하였다(한천석, 1977).

색각이상 검사결과의 정량적인 평가는 각 인접한 색패의 색채 차이를 모두 합하여 이를 총 색채차 점수(Total Color Difference Scores, TCDS)로 하여 박완섭(1994)이 개발한 프로그램을 이용하여 산출하였다. 15개 색패를 완전하게 배열한 경우가 가장 적은 점수가 되며(A검사=102.8021, B검사=3.4671), 개개인의 총 색채차 점수(TCDS)는 좌, 우안의 총 색채차 점수를 평균한 점수로 하였다. 이렇게 산출된 개개인의 총 색채차 점수(TCDS)를 15개 색패를 완전하게 배열한 경우의 총 색채차점수(TCDS)로 나눈 것이 색 혼란지수(color confusion index, CCI)로서 색각이상의 정도를 지수화한 것이다. 색 혼란지수의 값이 1이 나오면 15개의 색패를 완전하게 배열한 경우이며 정상이라고 볼 수 있으나, 색 혼란지수의 값이 1이상이 나오면 15개의 색패를 불완전하게 배열한 경우로서 색각이상이 증가하는 것을 의미한다. 그러나 색패 배열시 착오가 생길 수 있으므로 작은 착오 또는 1개의 착오비율은 정상으로 간주하여 본 연구에서는 지수값이 1에서 1.09까지는 정상, 1.10 이상의 값은 색각이상자로 판정하였다.

### 4) 작업환경 측정 및 누적노출량 계산

유기용제 노출 근로자들의 현재 노출 정도를 파악하기 위하여 각 근무 부서별로 근로자들에게 활성탄관을 부착시킨 개인 시료 채취기(Personal Air Sampler; Gilian MFG, U.S.A.)를 호흡기 위치에 부착하여 흡입된 유기용제 시료를 8시간 동안 채취하였다.

이때 활성탄 튜브로 시료를 포집할 때 포집기의 유량 보정계(Gilian calibrator, model 712, U.S.A)로 보정하였는데 포집기의 유량은 0.2l /min으로 하였고, 포집 시간은 7시간 이상 채취하는 것을 원칙으로 하였다. 포집 후 튜브 가운데를 절단하여 각각

의 황성탄(앞층 100 mg, 뒤층 50 mg)을 유리용기(Teflon 마개가 달린)에 옮긴 후 이황화탄소(CS<sub>2</sub>) 1 ml를 넣어 2시간 방치하여 흡착된 유기용제들을 추출시켰다. 추출된 액은 마이크로 주사기를 사용하여 그중 1 µl를 가스크로마토그래피(Shimadzu, Gas Chromatography 14 A, Japan)에 주입시켜 톨루엔, 메틸에틸케톤, 노르말헥산, 시클로헥사논, 그리고 크실렌의 농도를 정성, 정량 분석하였다.

또한 공기 중 혼합유기용제의 노출량 평가는, 다음 식에 의하여 산출되었다(ACGIH, 1997).

$$C1/T1+C2/T2+C3/T3+\dots+Cn/Tn$$

Cn : 화학물질 각각의 측정농도

Tn : 화학물질 각각의 허용농도

작업부서별로 누적노출량을 구하기 위하여 접착, 사상, 선처리로 구분하고, 각 부서에서 일하고 있는 사람들은 같은 정도로 노출된다고 가정하였고 작업내용별로 작업태도가 크게 다르지 않고 노출지수가 작업별로 현재와 큰 차이가 없을 것이라는 가정을 전제로 하였다. 부서별 현재의 노출량은 각부서의 혼합유기용제 각각의 측정값들의 총합들의 평균을 기하 평균하여 구하였고, 누적노출량은 과거의 측정치, 그해의 노출량을 구하여 그 노출량들의 기하 평균값에 근무년수를 곱하여 구하였다.

유기용제 노출 근로자들의 누적노출량(cumulative exposure level) 측정은 아래와 같이 계산하였다(Patric 등 1991; 박주원 등 1998).

$$CE=\Sigma (D \times E)$$

CE : 누적노출량, D: 유기용제 취급년수,

E : 작업환경측정치

### 5) 통계분석

설문조사와 검사결과에 대한 자료 분석은 윈도우용 SPSS 통계 프로그램(Version 8.0, 1998, U.S.A.)을 이용하여, 빈도분석, 교차분석, Student-t test 그리고 상관분석을 시행하였다. 또한 색각이상과 색 혼란지수에 영향을 미치는 변수와 그 상대적인 중요성을 알아보기 위하여 연령, 교육기간, 누적노출량을 독립변수로 하여 로지스틱회귀분석을 실시하였다.

## 결 과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자는 모두 여성근로자로서 유기용제 노출군의 평균연령은 46.3세, 대조군은 44.4세였으며, 교육수준은 노출군 7.9년, 대조군 8.6년으로서 두 군간에 차이가 나지 않았다. 두 군간의 현재 음주 상태는 비슷한 분포를 나타냈으며, 흡연자는 아무도 없었다. 노출군의 유기용제 취급 직업력은 평균 6.7년이었다. 시력검사 결과 노출군의 좌안 평균시력은 1.0, 우안 평균시력은 0.9, 대조군의 좌안 평균시력은 1.1, 우안 평균시력은 1.0으로서 두 군간의 시력의 차이는 없었다(Table 1).

### 2. 작업환경측정 및 누적노출량 계산

근로자들의 작업부서에서 노출되는 유기용제의 종류와 혼합유기용제의 현재 노출량, 그리고 누적노출량을 계산하였다. 신발공장을 대상으로 하였기에 유기용제를 다루는 부서인 접착(paste), 사상(trim-

**Table 1.** Demographic characteristics of study population (Mean±SD)

	Control(N=88)	Exposed(N=85)	P-value
Age(years)	44.4±4.9	46.3±7.2	NS
Years of education	8.6±2.3	7.9±2.1	NS
Drinking			
Yes(%)	2( 2.3)	7( 8.2)	NS
No(%)	86(97.7)	78(91.8)	NS
Working time(hours)	9.4±1.6	8.9±0.9	NS
Exposed years		6.7±4.3	
Visual acuity			
Left	1.1±0.2	1.0±0.2	NS
Right	1.0±0.3	0.9±0.2	NS

ming), 선처리(cleaning)부서로 나누어 비교하였다.

접착부서에서 노출되는 유기용제에는 아세톤, MEK, MIBK, 톨루엔, 크실렌, c-헥산, n-헥산 등이 있었으며, 톨루엔을 비롯한 혼합 유기용제들의 현재노출량은 허용기준에 미달되는 저농도로 노출되고 있었고 누적노출량은 평균  $0.350 \pm 0.358$ 이었다.

사상부서에서 노출되는 유기용제에는 아세톤, MEK, 톨루엔, c-헥산, n-헥산 등이 있었으며, 현재의 노출량은 허용기준에 미달되었고 누적노출량은 평균  $0.227 \pm 0.245$ 이었다.

선처리부서에서 아세톤, MEK, 톨루엔 등의 유기용제에 폭로되고 있었고, 현재의 노출량은 허용기준에 미달되었으며, 누적노출량은 평균  $0.139 \pm 0.126$ 이었다(Table 2).

### 3. 색각이상검사

색각이상의 검사를 평가하는 방법에는 정성적인 방법과 정량적인 방법을 사용하였는데, 정성적인 평가는 한천석(1977)의 판정방법을 이용한 색패배열 형태에 따른 색각이상 판정방법을, 정량적인 평가는 박완섭(1997)의 프로그램을 이용한 색 혼란지수에 의하여 색각이상을 판정하는 방법을 사용하였다. 이 두 방법의 kappa 값은  $0.851 (P=0.001)$ 이었으며 상당한 일치도를 보였다.

15색상 배열검사의 배열형태에 따라 분류한 색각이상의 유병률은 유기용제 노출군에서 전체 85명 가운데 색각이상이 21.2 % (18명)인데 이 중에서 적록색은 8.2 % (7명), 혼합형 7.1 % (6명), 청황색 색

**Table 2.** Type of organic solvents and mean exposure levels according to work station (GM±GSD)

Work Station	Type of Organic Solvents	Exposure level	
		Current Exp	Cumul Exp(range)
Paste	Acetone, MEK <sup>†</sup> , MIBK <sup>‡</sup> , Toluene	$0.045 \pm 0.028$	$0.350 \pm 0.358$
	Xylene, c-hexane, n-hexane		(0.008~1.529)
Trimming	Acetone, MEK, Toluene	$0.038 \pm 0.035$	$0.227 \pm 0.245$
	c-hexane, n-hexane		(0.024~1.034)
Cleaning	Acetone, MEK, Toluene	$0.051 \pm 0.053$	$0.139 \pm 0.126$ (0.007~0.881)

<sup>†</sup>methyl ethyl ketone

<sup>‡</sup>methyl isobutyl ketone

**Table 3.** Prevalence and scores of dyschromatopsia determined with Hahn's double 15 hue test in control and exposed workers

	Control	Exposed	P-value
Dyschromatopsia(%)			
No	81(92.0)	67(78.8)	0.017
Yes	7( 8.0)	18(21.2)	
Red-green defect	4( 4.5)	7( 8.2)	
Blue-yellow defect	-	5( 5.9)	
Complex defect	3( 3.5)	6( 7.1)	
Total	88	85	
Hahn's double 15 hue scores(range)			
TCDS <sup>†</sup>	$55.91 \pm 7.83$ (53.47~98.90)	$58.11 \pm 12.25$ (53.47~106.70)	NS
CCI <sup>‡</sup>	$1.04 \pm 0.14$ (1.00~1.84)	$1.09 \pm 0.20$ (1.00~1.99)	NS

<sup>†</sup>Total color difference scores

<sup>‡</sup>Color confusion index=(actual score / perfect score)

**Table 4.** Logistic regression analysis of the relationship between acquired dyschromatopsia and age, years of education, and cumulative exposure level

	Beta	Standard error	P-value	Odds ratio	95 % confidence interval
Age	0.075	0.053	0.157	1.078	0.972-1.195
Years of education	0.066	0.157	0.674	1.069	0.785-1.455
CE <sup>†</sup>	-1.446	1.015	0.154	0.236	0.032-1.721

<sup>†</sup>Cumulative exposure level

**Table 5.** Logistic regression analysis of the relationship between color confusion index and age, years of education, and cumulative exposure level

	Beta	Standard error	P-value	Odds ratio	95 % confidence interval
Age	0.060	0.052	0.248	1.062	0.959-1.176
Years of education	0.084	0.158	0.595	1.088	0.798-1.484
CE <sup>†</sup>	-1.946	1.076	0.071	0.143	0.017-1.177

<sup>†</sup>Cumulative exposure level

**Table 6.** Prevalence of eye symptoms in study subjects

Eye symptoms	Control(N=88)	Exposed(N=85)	P-value
Blurred vision	13(14.7)	34(40.0)	0.001
a.m	1( 0.1)	5( 5.9)	
p.m	12(13.6)	29(34.1)	
Eye fatigue	14(15.9)	45(52.9)	0.001
a.m	2( 2.3)	6( 7.1)	
p.m	12(13.6)	39(45.8)	
Eye irritation	6( 6.8)	22(25.8)	0.001
a.m	4( 4.5)	17(20.0)	
p.m	2( 2.3)	5( 5.8)	

각이상은 5.9 %(5명)였다. 대조군에서는 전체 88명 가운데 색각이상이 8.0 %(7명)인데 이 중에서 적록색 4.5 %(4명), 혼합형은 3.5 %(3명)이고, 청황색 색각이상은 한 명도 나오지 않았다.

각 인접한 색채간의 색채차이를 모두 합한 총 색채차 점수(TCDS)의 노출군 평균은 58.11±12.25, 대조군은 평균 55.91±7.83이었으며, 색 혼란지수(CCI)는 노출군은 평균 1.09±0.20, 대조군은 평균 1.04±0.14이었다. 두 군간의 총 색채차점수와 색 혼란지수는 노출군에서 높았으나 통계학적인 유의성은 없었다(Table 3).

색각이상에 대한 연령, 교육기간, 누적노출량에

대한 로지스틱 회귀분석결과 유의한 변수는 관찰되지 않았다(Table 4).

색 혼란지수에 대한 연령, 교육기간, 누적노출량을 독립변수로 하여 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과 유의한 변수는 없었다(Table 5).

#### 4. 안증상

노출군에서의 시력 흐림, 안피로감, 안자극감 호소빈도가 대조군에 비해 유의하게 높았으며(P=0.001), 작업시작 후 시력 흐림과 안피로감의 호소빈도는 오전보다는 오후에 높았으며, 안자극감은 오전에 호소빈도가 높았다(Table 6).

## 고 찰

한국인에 있어서 색각이상은 남자의 5.9 %, 여자의 0.44 %에서 나타나며 청황색 범위의 색각이상은 남성보다 여성에서 매우 드물다(한천석, 1985).

많은 연구들에서 후천적 색각이상은 대다수가 청황색 범위의 색각이상이지만 적녹색 색각이상도 있다고 보고하였다(Verriest, 1963; Pincker 등1983; Hart, 1987). "Koller's rule"에 의하면 청황색 범위의 후천성 색각이상은 외망막층의 손상에 의해 초래되며, 반면에 적녹색 범위의 색각이상은 내망막층 또는 시신경의 손상에 의해 초래된다고 하였다(Verriest, 1963). 그러나 Pincker 등(1983)의 중심외주시와 깊이구획이론에 따르면, 중심주시가 완전할 경우에 간체와 추체의 층 및 시신경이 손상되면 청황색 범위의 결손이 나타나고 병적인 중심외주시가 있으면 적녹색 범위의 결손이 드물게 발생할 수 있다고 하였다. 따라서 대부분의 경우 유기용제에 노출된 근로자들에게서 청황색 범위의 결손은 외망막층에 대한 손상이라고 하였다. Mergler 등(1991)은 유기용제의 낮은 농도는 주로 청황색 범위의 색각이상과 관련성이 있으며, 근로자가 유기용제에 많이 노출되면 될수록 적녹색 범위의 색각이상과 관련이 있다고 주장하였다. Hart(1987)는 청황색 색각이상은 주로 시세포에 장애를 일으키나 점차 진행해 시신경장해시는 적록색 색각이상 그리고 전반적인 시신경위축시에는 혼합형이 온다고 하였다. 그러므로 시신경 통로에 따라 원근진행은 초기에 원위망막층에서 손상이 일어나고 연이어 근위 망막층 또는 시신경에 도달하여 손상을 일으킨다. Raitta 등(1978)은 유기용제에 오랜 기간의 노출은 수정체 피질 또는 피질화 혼탁, 핵 백내장을 일으킨다고 하였다. Teir 등(1997)은 유기용제에 노출된 근로자들에 있어서 수정체에서 현미경적 그리고 미세한 변화가 보였다고 보고하였다. Mergler 등(1987)은 유기용제에 의한 후천성 색각이상은 대개가 청황색 범위의 색각이상이지만 만성적으로 오랜 기간 노출될시 적녹색 범위의 색각이상 및 다른 안과 질환으로도 나타날 수 있다는 사실을 염두에 두어야 한다고 하였다.

Mergler 등(1987)은 유기용제 노출정도에 따른 색각이상의 유병률이 고농도로 노출된 군과 저농도

로 노출된 군에서 노출정도에 따라 유의한 차이를 보이고 있음을 보고하였으며, Braun 등(1989)의 연구에서도 유기용제 노출군사이에 후천성 색각이상의 관련성을 지적하였다.

최근 색각이상을 anomalous trichomat, dichromat, monochromat로 구별하여 anomaloscope로 검사하는 경향이 있으나 본 연구에서는 정확하게 구별하지는 않았다. anomaloscope에 의한 검사는 강도의 정도는 분류 할 수 없으며, 검사시간도 많이 걸리는 단점이 있어 본 연구에서는 쉽사리 접근이 가능하고 시간도 많이 걸리지 않으며 색혼란 지수를 정량화해서 구할 수 있는 방법인 한식 이중 15색상 배열검사를 사용하였다.

본 연구에서 15색상 배열검사의 배열형태에 따라 분류한 색각이상의 유병률은 대조군이 8 % (7명/88명)로 노출군의 21.3 % (18명/85명)와 차이가 있었으며, 대조군에서는 적녹색 색각이상이 4.5 % (4명/88명), 혼합형이 3.5 % (3명/88명), 청황색 범위의 색각이상은 없는데 반하여 노출군에서는 적녹색 색각이상이 8.2 % (7명/85명), 혼합형이 7.1 % (6명/85명), 청황색 범위의 색각이상은 5.9 % (5명/85명)이었다. 청황색 색각이상자의 경우 유기용제 비노출군에서는 한 명도 발견할 수 없었으며, 유기용제 노출군에서는 5명이 있었다. 이는 강미정 등(1996)의 연구와 일치하였다. 본 연구에서도 통계학적 의미는 없었지만 노출군에서 대조군보다 적녹색 색각이상 및 혼합형 색각이상이 약 2배정도 증가된 소견을 보여, Pokomy 등(1979)이 주장한 유기용제에 의한 후천성 색각이상은 대개가 청황색 범위의 색각이상이지만 오랜 기간 노출되면 다른 범위의 색각이상을 나타낼 수 있다는 것과 유사한 결과를 보였다. 본 연구에서도 유기용제에 대한 고농도 노출이라기보다는 장기적 노출에 대한 영향을 배제할 수는 없을 것 같다.

본 연구에서 색각이상의 정도를 정량적으로 평가한 총 색채차점수 및 색 혼란지수는 유기용제노출군과 대조군 간에 유의한 차이가 없었으며, 노출군에서 색 혼란지수는 연령, 교육수준, 그리고 누적노출량은 상관성이 없었다. 강미정 등(1996)의 연구에서도 총 색채차점수 및 색 혼란지수는 노출군과 대조군사이에 차이가 없었으나 색 혼란지수에 대해 연령, 흡연, 음주상태 및 유기용제 노출유무 중에서 유

의한 변수로 연령이 나타났다. Mergler 등(1987)의 연구에서 색 혼란지수에 영향을 미치는 변수로서 연령과 유기용제 노출정도가 중요한 변수라고 하였으나, 본 연구에서는 참가자들의 연령이 비교적 높았고, Campage 등(1995)의 연구에서는 연령이 증가하는 수정제 또는 황반에 변화를 일으켜 이런 변화가 색 혼란지수에 영향을 줄 수 있다고 하였으며 Baelum 등(1985)은 유기용제에 노출된 인쇄업자의 연구들에서 연령과 색 혼란지수사이에 상관성은 보이지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서 연구에 참가한 대상자의 연령이 많으면서 교육기간이 낮은 이유는 신발제조 작업이 단순하면서 특별한 기술을 요구하지 않기 때문인 것으로 생각된다.

색각이상 정도를 정량적으로 평가한 색 혼란지수에 영향을 미치는 변수의 상대적인 중요성을 알아보기 위하여 연령, 교육기간, 누적 노출량을 독립변수로 하여 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과 색 혼란지수에 영향을 줄 수 있는 변수들인 연령, 교육기간, 누적노출량 등은 유의한 변수로 나타나지 않았다. Baird 등(1994)은 이런 결과들에 대한 가능성 있는 이유는 유기용제의 종류, 혼합 물질들의 간의 차이, 노출기간, 강도의 차이, 접근하는 방법의 차이, 선택 편견의 효과 그리고 혼란변수차이 등이라고 보고하고 있다.

본 연구에서 안증상에 대하여 노출군이 대조군에 비하여 시력 흐림, 안피로감, 안자극감의 발현율이 의미있게 높았으며( $P=0.001$ ), 시력 흐림 및 안피로감은 오전보다 오후에 많이 발생하였고, 안자극감은 오전에 더욱 많이 발생하는 것을 보였다. Campagna 등(1995)의 연구에서도 시력 흐림, 안자극감, 안피로감이 대조군보다 노출군의 빈도가 높았다고 보고하였으며, 고농도의 스티렌 노출 및 생물학적 시료의 높은 측정치가 관찰되는 근로자가 다른 저 농도의 노출 근로자보다 안 증상이 더 흔하다고 하였다.

또 음주가 색 혼란지수에 영향을 미친다는 보고가 많이 있는데, Valic 등(1997)의 연구에서는 유기용제에 노출되는 근로자들에게서 알코올의 섭취가 후천성 색각이상의 위험성을 높인다고 보고하였으며, Campagna 등(1995)도 알코올을 섭취하는 근로자들에게 trichloroethylene, toluene, xylene, 그리고 perchloethylene등에 노출되면 색 혼란지수에 상당한 영향을 끼친다고 보고하였다. 따라서 본 연

구에서는 성별과 함께 음주, 흡연에 대한 영향을 배제하기 위해 여성 근로자를 선택하였으며, 대조군도 유기용제를 취급하지 않는 비슷한 작업시간의 여성 근로자를 선택하였다. 연구자가 직접 설문조사한 결과 흡연을 한다고 대답한 사람은 1명도 없었다. 흡연에 대한 객관적 지표로서 노중 cotinine 등을 측정하여야겠으나 대부분의 연구에서는 설문 조사로 대체하고 있는 형편이므로 설문 조사만 실시하였다. 음주에 대한 것도 직접 설문 조사하였으며, 평균 나이가 40대 중반으로서 대부분 가정이 있는 중년여성이기 때문에 음주자가 적었던 것으로 생각된다.

Campagna 등(1995)의 스티렌에 노출된 근로자들의 연구에 있어서 보호구를 착용하지 않은 근로자들이 일하는 장소에 따라 8시간 스티렌의 농도에 따라 색각이상이 증가하였다고 보고하였으며, 박주원 등(1998)의 연구에서는 보호구 착용이 유해인자로부터의 보호에 매우 효과적이었다고 하였다. 그러나 본 연구에서 보호구의 착용유무와 색각이상에는 상관성이 없었다.

노출군에서 보호구의 착용유무를 보면 1명을 제외한 대다수의 근로자들은 보호구를 착용하지 않았다. 보호구를 착용하지 않는 가장 많은 이유는 42명(49.4%)이 보호구가 불편해서 착용하지 않는다고 대답하였고, 다음으로는 32명(37.6%)이 별다른 이유 없다라고 대답하였다. 나머지 10명(11.2%)은 작업 중 방해가 되어 착용하지 않는다고 대답하였다. 따라서 유기용제에 노출되는 근로자에게 보호구의 착용을 의무화시키기 위해서는 보호구에 대한 교육과 착용감이 좋으면서 편리한 보호구의 개발이 요구된다고 할 수 있다.

연구에 참가한 대상자들은 복합유기용제에 노출되고 있으므로 환경적 또는 생물학적 감시를 위한 각 유기용제의 노출정도를 정확히 파악하는 데 어려움이 있어 대상사업장별로 일부대상자를 임의로 선정하여 노출되고 있는 물질들을 작업환경측정을 통하여 확인하였다.

작업장내 유기용제 농도 측정을 위한 환경시료는 작업자들의 유해물질에 대한 노출량을 정확히 평가하기 어렵고 유해노출량이 과대 평가 되어질 수 있으나 Patrick 등(1991)은 용량-효과관계에서 만성적 독성을 가지는 독성물질은 만성적 용량에 대한 명백한 생물학적 방법이 없으므로 노출된 자료 즉



작업환경측정치가 용량을 추정할 수 있는 유일한 방법이므로 노출-효과의 관계가 용량-효과관계를 대체할 수 있다고 보고하였으며, Valic 등(1997)은 생물학적 시료는 광범위한 개개인간의 다양성으로 특징지어지며, 그것은 단지 그 전날의 노출상황만을 반영하므로 누적노출량의 지표로는 사용되어지기는 적절하지 않다고 보고하였다. 따라서 과거의 생체시료의 측정치도 필요하나 과거의 누적노출량을 구하는 데는 도움이 되지 않아 과거 작업환경측정치의 자료를 이용하였으며 자료의 추적이 불가능 할 때는 현재의 노출을 그대로 적용하였다. 본 연구에서 사용한 누적 노출량은 해당 사업장의 최근 5년간 측정 자료를 분석한 결과 노출 기준치 미만으로서 그 분포가 거의 일정하였고, 해당 회사 설립이후로 공정의 큰 변화가 없었다는 점을 감안한다면 정확하지는 않겠지만 그래도 가장 좋은 분석 자료라 판단하여 이용하였다. 과거의 노출지수는 같은 작업이라도 매년 작업량에 따라 약간씩 차이가 있고, 각 개인별로 보호구 착용여부 등의 작업 태도에 따라 차이가 있을 것이지만 자료의 한계로 고려해 볼 수 없었다.

본 연구의 제한점은 유기용제 노출근로자들의 개인의 노출정도를 측정하여 노출정도별 색각이상의 차이를 파악할 수 없었다는 점과 대상자의 연령이 많다는 점, 복합혼합물에 대상자들이 노출되고 있는데 각각의 물질의 생물학적 대사물질을 파악하여 비교조사를 할 수 없었으며, 과거의 작업환경측정결과를 정확하게 조사할 수 없다는 것이다.

### 요 약

**목적** : 복합유기용제에 노출되는 신발제조업체 근무 여성근로자들에서 유기용제 누적노출량과 후천성 색각이상 발현빈도간의 상관성을 조사하기 위해 본 연구를 실시하였다.

**방법** : 신발제조업체 근무 여성근로자들 가운데 유기용제에 노출되는 85명과 유기용제에 노출되지 않는 근로자 88명을 대상으로 조사하였다. 조도가 표준화된 방에서 시력검사와 색각이상 검사를 실시하였다. 작업 부서를 집착, 사상 및 선처리 부서로 나누었고 작업 부서별로 현재노출량과 누적노출량을 구하였다.

**결과** : 색각이상의 유병률은 노출군이 대조군보다

통계학적으로 유의하게 높았으며(P=0.017), 유기용제 노출군 85명 가운데 후천적 색각이상인 청황색 색각이상자가 5명(5.9 %)이었다. 안증상도 노출군이 대조군보다 발생빈도가 높았으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(P=0.001). 색 혼란지수에 영향을 줄 수 있는 변수들인 연령, 교육기간, 누적노출량 등은 유의한 변수로 나타나지 않았다.

**결론** : 유기용제 노출군에서 색각이상의 유병률이 대조군보다 유의하게 높았으며, 특히 유기용제 노출군에서 후천적 색각이상인 청황색 색각이상도 발견되었다. 그러나 유기용제 누적노출량과 색 혼란지수와 유의한 연관성은 발견할 수 없었는데 이는 유기용제의 노출량이 너무 낮았으며, 근로자의 이직률 또한 높아 누적노출량 계산을 위한 추적기간이 제한되었기 때문인 것으로 생각되며 앞으로 고농도 노출 근로자를 대상으로 연구를 하면 분명한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

강미정, 서석권, 신동훈, 이종영 : 유기용제 폭로작업자들의 후천성 색각이상 평가. 대한예방의학지 1996;29(3): 529-538.

노동부. '98 근로자 건강진단 실시결과, 서울 : 노동부, 1999.

박완섭 : 한식 이중 15색상 배열 검사의 컴퓨터를 이용한 점수화 방법. 경북대학교 석사학위 논문, 1994.

박주원, 이순영, 장재연, 이경중, 정호근 : 누적 폭로지수를 이용한 유기용제 폭로량과 의무실 이용간의 관계, 대한예방의학지 1998;31(3):404-413.

한천석 : 이중 15색상 배열검사기. 대한안과학회지 1977; 18(4):107-111.

한천석 : 이중 15색상 배열검사기에 의한 색각검사성적. 대한안과학회지 1980;21(3):23-5.

한천석 : 색각이상자의 학교 및 직업적성. 대한안과학회지 1985;26(2):83-9.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substance and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: ACGIH: 1997.

Baird B, Camp J, Daniell W, Antonelli J : Solvents and color discrimination ability. J Occup Med 1994;36(7):747-751.

Baelum J, Andersen IB, Lundqvist GR, Molhave L, Pederson OF, Vaeth M : Response of solvent exposed printers and unexposed controls to six

- hour toluene exposure. *Scand J Work Environ Health* 1985;11(4):271-280.
- Campagna D, Mergler D, Huel G, Belanger S, Truchon G, Ostiguy C, Drolet D : Visual dysfunction among styrene exposed workers. *Scand J Work Environ Health* 1995;21:382-390.
- Cavalleri A, Gobba F, Nicall E, Fiocchi V : Dose-related color vision impairment in toluene-exposed workers. *Archives of Environmental Health* 2000;55(6):399-404.
- Dowling JE : Functional and pharmacological organization of the retina: dopamine, interplexiform cells, and neuromodulation. *Research Publications-Association for Research in Nervous & Mental Disease*. 1990;67:1-18.
- Eva Valic, Thomas Waldhor, Christoph konnaris, Albert Michtsich, Christian : Acquired dyschromatopsia in combined exposure to solvents and alcohol. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;70:403-6.
- Fallas C, Fallas J, Maslard P, Dally S : Subclinical impairment of colour vision among workers exposed to styrene. *Br J Ind Med* 1992;49(10):679-682.
- Gobba F, Galassi C, Imbriani M, Ghittori S, Candela S, Cavalleri A : Acquired dyschromatopsia among styrene exposed workers. *J Occup Med* 1991;33:761-5.
- Hart WM : Acquired Dyschromatopsias. *Sur Ophthalmol* 1987;32:10-31.
- Katoh T, Higashi K, Inoue N : Sub-chronic effects of styrene and styrene oxide on lipid peroxidation and the metabolism of glutathione in the rat liver and brain. *J Toxicol Sci* 1989;14:1-9
- Mergler D, Blain L, Lagace JP : Solvent related colour vision loss: an indicator of neuronal damage *Int Arch Occup Environ Health* 1987;59:313-321.
- Mergler D, Blain L, Lemaire J, Lalande F : Colour vision impairment and alcohol consumption. *Neurotoxicol Teratol* 1988;10:255-260.
- Mergler D : Neurotoxicology of the visual system. In: Bleeker ML, Hansen JA(eds) *Colour Vision Deficiencies X*, Kluwer, Dordrecht, 161-165, 1991.
- Mergler D, Blain L : Assessing color vision loss among solvent exposed workers. *Am J Ind Med* 1987;12:195-203.
- Mutti A, Ramanelli A, Falzoi M, Lucertini S, Franchini I : Styrene metabolism and striatal dopamine depletion in rabbits. *Arch Toxicol* 1985;8:447-450.
- Nakatsuka H, Watanabe H, Takeuchi Y, Hisaga N, Shibata E, Suzuki H, Huang MY, Chen Z, QU QS, Ikeda : Absence of blue-yellow color vision loss among workers exposed to toluene or tetrachloethylene mostly at levels below occupational exposure limits. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;64:113-7.
- Patrick Ford, Schwartz BS, Powell susan, Nelson T, Keller L, Sides S, Agnew J, Ball K, Beecker M : A quantitative approach to the characterization of cumulative and average solvent exposure in paint manufacturing plants. *Am Ind Hyg Assoc* 1991;52:226-234.
- Pinckers A, Marre M : Basic phenomena in acquired colour vision deficiency. *Doc Ophthalmol* 1983;55:251-271.
- Porkorny J, Smith VC, Verriest G, Pinckers AJLG : *Congenital and acquired colour vision defects*. New York, Grune & Stratton, 1979.
- Ptratt-Johnson JA : Retrobulbar neuritis following exposure to vinyl benzene(styrene). *Can Med Ass J* 1964;90:975-7.
- Raitta C, Seppalainen AM, Huuskonen Ms : N-hexane maculopathy in industrial workers. *Alb v Graef Arch Klin Exp Ophthalmol* 1978;209:99-110.
- Romanelli A, Falzoi M, Mutti A, Bergamaschi E, Franchini I : Effects of some monocyclic aromatic solvents and their metabolites on brain dopamine in rabbits. *J Appl Toxicol* 1986;6(6):431-5.
- Teir H : An ophthalmological study on workers with long term occupational exposure to industrial solvents. In: Axel Muttray, Udo Wolff, Detlev Jung, Johannes Konietzko : *Blue-yellow deficiency in workers exposed to low concentrations of organic solvents*. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;70:407-412.
- Triebig G, Stark T, et al : Intervention study on acquired color vision deficiencies in styrene-exposed workers. *J Occup Environ Med*. 2001;43:494-500.
- Verriest G : Further studies on acquired deficiency of colour discrimination. *J Opt Soc Am* 1963;53:185-195.

