

## 아세톤과 이소프로필알콜(IPA) 노출 근로자들의 후천성 색각이상

순천향대학교 천안병원 산업의학과, 연세대학교 의과대학 안과학교실<sup>1)</sup>,  
인하대학교 의과대학 부속병원 산업의학과<sup>2)</sup>, 극동대학교 안경광학과<sup>3)</sup>,  
연세대학교 의과대학 예방의학교실<sup>4)</sup>

김승환 · 황광모 · 장은철 · 김찬윤<sup>1)</sup> · 박신구<sup>2)</sup> · 이은희<sup>3)</sup> · 노재훈<sup>4)</sup>

— Abstract —

### Acquired Dyschromatopsia among Workers Exposed to Acetone and Isopropyl Alcohol (IPA)

Seung-Hwan Kim, Kwang-Mo Hwang, Eun-Chul Jang, Chan-Yun Kim<sup>1)</sup>,  
Shin-Goo Park<sup>2)</sup>, Eun-Hee Lee<sup>3)</sup>, Jae-Hoon Roh<sup>4)</sup>

*Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine<sup>1)</sup>,  
Department of Occupational & Environmental Medicine, Inha University Hospital<sup>2)</sup>,  
Department of Visual Optics, Far East University<sup>3)</sup>,*

*Department of Preventive Medicine, Institute for Occupational Health, Yonsei University College of Medicine<sup>4)</sup>*

**Objectives:** The purpose of this study was to examine the correlation between exposure to acetone and isopropyl alcohol (IPA) and the acquisition dyschromatopsia.

**Methods:** A study was performed on exposure group of 116 people exposed to and a group of 36 people not exposed to organic solvents were selected and examined. Their smoking and alcohol habits, symptoms, and exposure history were surveyed through questionnaires and interviews. Then dyschromatopsia was evaluated with the Lanthony D-15 d test in a room with standardized intensity of illumination.

**Results:** The statistical prevalence of dyschromatopsia was significantly higher in the exposed group (30.2%) compared to that found in the control group (19.4%). Out of the 116 subjects in the exposed group, 30 people had acquired dyschromatopsia (25.86%). The variables affecting the color confusion index, such as age, exposure, and the duration of exposure, were statistically significant variables.

**Conclusions:** he prevalence of dyschromatopsia was found to be not significantly higher in the group with exposure to organic solvents compared to that found in the control group. In addition, a statistically significant correlation was found between exposure to organic solvents and the color confusion index.

**Key words:** Acetone, Isopropyl alcohol, Acquired dyschromatopsia, Lanthony D-15 d test

### 서 론

아세톤은 지방과 기름, 왁스, 고무, 페인트의 용매로 널리 쓰이며 이외에도 세척제로 널리 사용되는 유기화합

물이다. 아세톤은 호흡기, 피부 그리고 소화기계를 통해 흡수되나, 주 흡수경로는 호흡기계이다. 건강장해는 눈, 코, 인후의 자극, 구역, 두통, 피로감, 흥분 등의 경한 증상에서부터 혼수, 감각신경장애와 인지기능 장애 등의

신경학적 증상까지 다양하게 보고되었고, Isopropyl alcohol(IPA)는 눈, 코, 인후의 경한 자극, 중추신경계 억제, 호흡마비가 보고되었다<sup>1,2,3,4</sup>.

이런 신경독성을 일으키는 물질은 초기노출 시 기능적 이상을 나타내지는 않지만 노출농도와 기간이 길어질수록 비가역적 기능 이상을 일으켜 조기발견을 위한 노력이 매우 중요하다<sup>5</sup>. 신경독성물질과 관련하여 우리나라에서 신경정신 증상과 인지기능장애<sup>6</sup>, 신경행동검사<sup>7</sup>, 말초신경병증 선별검사개발<sup>8</sup>, 후천적 색각이상평가<sup>9,10,11</sup> 등에 관한 보고가 있다. 그러나 다양한 유해인자에 대한 연구들이 아직은 부족한 상태이며, 노출로 인한 건강영향을 평가하기 위한 방법들이 체계화되어 있지 않다. 이와 관련하여 김 등<sup>8</sup>의 연구에서도 아크릴아마이드 노출에 따른 신경병증의 선별검사법으로 증상설문지, 신경학적 검사, 진동감각역치검사, 전기진단학 검사와 Lanthony D-15d검사를 동시에 시행하였는데, 이 연구에서 사용된 신경학적 검사와 전기진단학적 검사에서 노출군과 비노출군의 차이는 없었고, 민감도는 낮았다.

색각검사는 핀란드에서 일차선별검사는 아니나 유기화합물 노출에 의한 뇌병증 환자들을 추적관찰 목적으로 사용하고 있으며<sup>12</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry(ATSDR)에서 밝힌 성인 환경노출에 의한 신경행동검사목록 중 하나이다<sup>13</sup>. Urban등의 연구<sup>14</sup>에서는 신경학적 검사, 신경전도검사, 뇌전도검사, 색각검사중 비교적 높은 신경행동장애 발견 양성률(64%)을 보이는 검사항목이다. 또한 Gobba 등<sup>15</sup>은 신경독성물질 노출 근로자들을 대상으로 한 감시에서 색각검사가 유용하다고 보고하였다. 이전 연구들<sup>8,14</sup>에서 색각검사가 타 검사법보다 민감도가 높고, 특이도는 상대적으로 낮아 확진을 위한 검사보다는 선별검사로써 사용하는 것이 바람직하다고 보고하였다.

기존 연구에서 후천적 색각이상은 작업장에서 스티렌<sup>9</sup>, 톨루엔<sup>16</sup>, n-헥산<sup>17</sup>, 이황화탄소<sup>18</sup>, 혼합 유기화합물<sup>19</sup>과 수은<sup>20</sup> 등과 연관성을 보고한 바 있다.

아세톤과 IPA는 반도체관련 사업장에서 감광제 및 세척제로 흔히 사용되었음에도 불구하고 아세톤이 포함된 복합유기화합물에 관한 기존 연구들<sup>9,10</sup>은 있지만 아세톤이 주성분인 유기화합물이나 순수한 아세톤으로 인한 부작용은 성 등<sup>21</sup>이 보고한 증례외의 매우 드물다. 최근 연구<sup>22</sup>에서 세 개의 반도체 제조 공장에서 유기화합물 노출 평가 결과 American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)의 허용기준의 5%미만이지만 IPA와 자일렌이 다른 유기화합물보다 높게 보고되었다. 불규칙적인 노출로 인해 작업환경측정으로는 노출량이 정확하게 반영된다고 볼 수 없으며, 또한 불규칙적 노출시 생물학적 모니터링만으로 노출을 정확히 평

가하는 것도 쉽지 않으므로<sup>23</sup> 건강평가가 환경평가의 간접적인 방법으로도 유용하게 쓰일 수 있다.

본 연구에서 이용한 Lanthony D-15d 검사는 ASTDR의 성인 환경노출에 의한 신경행동 검사목록 (Adult Environmental Neurobehavioral Test Batteries)의 1차 중심검사항목세트(core set)에 포함된 것으로 유기화합물에 노출된 작업자들의 색각이상에 가장 많이 사용되고 있다<sup>24,25</sup>. Lanthony D-15d 검사는 다른 색각검사인 FM-100 보다 작업장에서 시행하기가 더 쉬우며 재현성이 높고 표준 환경에서 진행이 가능하다. 또한 Bowman법 혹은 Vingrys and King-Smith법을 이용한 정량화도 가능하다.

이 연구는 반도체관련 사업장에서 흔하게 사용되는 유기화합물 중 IPA와 아세톤을 취급하는 근로자들을 대상으로 설문조사와 후천성 색각검사로 사용되는 Lanthony D-15-desaturated 검사법으로 색각이상의 정량 및 정성 평가를 하여 신경계질환에 대한 조기발견을 위한 선별검사로써의 활용가능성을 평가하고자 하였다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

연구대상자는 2010년 9월부터 2011년 2월까지 일개 대학병원에서 작업환경측정 및 특수건강진단을 실시한 사업장 중 일개 반도체제조설비 제작 및 설치공장에서 아세톤과 IPA에 노출되고 있는 근로자 116명을 노출군으로 하였다.

비노출군은 아세톤과 IPA에 노출되지 않고 과거병력이 없는 의과대학생, 의사, 간호사 36명을 선정하였다. 또한 조사의 정확도를 높이기 위하여 검사대상 중 색각검사결과에 영향을 미칠 가능성이 있는 시력이 6/10이하인 자(원시, 근시), 선천성 색맹 및 색약자, 고혈압 및 당뇨병 환자, 색각이상에 영향을 미치는 뇌신경질환과 안질환(녹내장, 백내장)을 현재 갖고 있거나 가졌던 자, 검사 전날 과도한 음주를 한 자는 연구대상자에서 제외하였다.

아세톤 및 IPA 노출수준은 근로자와의 문진을 통해 대부분 근로자들이 타 사업장에 반도체설비설치를 위해 노광공정에서 설비설치작업 및 시험운전작업시 세척제로 사용되어 고농도로 노출되었을 거라 사료되나 작업환경측정 결과를 제시하지 못하였다.

### 2. 설문지

노출군과 비노출군의 연령, 성, 선천성 색각이상 유무, 과거병력, 안질환유무, 흡연유무과 음주유무 등 일반적인

특성, 직업, 근무기간, 하루 작업시간, 보호구착용여부를 자기기입식 설문지와 직접면담을 통하여 조사하였다.

### 3. 색각검사

근로자들의 색각이상을 평가하기 전 시력검사를 먼저 실시하였다. 색각검사를 위해 daylight 1000 lux 이상의 형광램프로 표준화된 조도 아래 단안씩 Lanthony D-15d test를 이용하여 조사하였으며, 시간적 제한은 두지 않았다. 색각검사는 피검자에게 순서대로 정렬된 15개의 색패(cap)와 하나의 기준 색패(reference cap)로 구성되어 있는 상자가 주어진다. 그리고 검사자는 이 색패를 상자로부터 꺼내 분리하고 충분한 조명하에 무작위로 놓는다. 검사자는 피검자에게 색패를 상자에 자연색상 순으로 배열하는 법을 교육하고 피검자는 상자안에 있는 색패와 가장 유사한 색패를 찾아 그 다음에 놓는다. 이런 순서로 피검자가 색패를 다 배열하였다고 하면 다시 한번 색패위치를 확인후 수정하게 한다.

색각검사결과와 정성적인 평가는 색패(cap)의 배열 순서대로 기록용지의 숫자 표점을 직선으로 연결하여 배열이 완전하거나 인근 색패간의 작은 착오로 횡단선이 한 개 생긴 것은 정상으로 분류하고 여러 개의 횡단선이 있거나 표시선 근처에 있는 해당 색각이상과 평행으로 위치할 때 즉, 11시 방향과 평행하게 횡단선이 있는 경우 적록색각이상, 2시 방향과 평행하게 횡단선이 있는 경우 청황색각이상, 횡단선이 명확하지 않는 경우 혼합형 색각이상으로 구분하는 Lanthony 방법에 의하였다<sup>26)</sup>.

색각검사결과와 정량적인 평가는 색패의 색채차이점수를 모두 합한 값은 총색채차점수(TCDS : total color distance score)이고 이를 56.4로 나누어 구한 값이 색혼란지수(CCI : color confusion index)이다. 색혼란지수 값은 15개의 색패를 완전하게 배열한 경우 1의 값이

며, 1이상 값이 나온 경우 색각이상정도가 증가하는 것을 의미한다.

### 4. 통계분석

설문조사와 검사결과에 대한 자료 분석은 윈도우용 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 12.0을 이용하였다. 일반적인 특성 및 작업과 관련된 특성의 비교는 t-test와  $\chi^2$ -test를 이용하였다. 색각이상은 근무기간을 층화하여  $\chi^2$ -test를 이용하여 각 군 간에 비교하였다. 또한 색혼란지수에 영향을 미치는 변수와 그 상대적 중요성을 알아보기 위해 연령, 시력, 아세톤과 IPA의 노출유무, 음주, 흡연을 독립변수로 하여 다중회귀분석(Multiple regression)을 실시하였다. 통계학적 유의성은 p값이 0.05 미만일 때로 판정하였다.

## 결 과

연구 대상자의 평균연령은 노출군 29.03±3.69세, 비노출군 28.75±4.77세로 차이가 없었으며 남자는 노출군 114명(98.3%), 비노출군 31명(86%)이었고 여자는 노출군 2명(1.7%), 비노출군 5명(13.9%)으로, 비노출군과 노출군 모두 남자가 많았고, 노출 여부에 따른 남녀 분포의 차이는 없었다. 음주는 노출군 47명(40.5%), 비노출군 16명(44.4%)이었고, 흡연은 노출군 25명(21.6%), 비노출군 6명(16.7%)으로 통계적으로 유의하지 않았다(Table 1).

노출군과 비노출군 모두 양안 시력은 노출군 좌안 1.11±0.31, 우안 1.00±0.23 비노출군 좌안 1.06±0.26, 우안 0.97±0.08로 차이는 없었으며, Lanthony D-15d 색각검사에서 1개 색상배열 착오 비율은 노출군의 좌안 16명(13.8%), 우안 19명(16.4%)보다 비노출군

**Table 1.** Demographic characteristics of study population

	Exposure(n=116)	Non-exposure(n=36)
Age (years)	29.03 ± 3.69 (21~39)*	28.75 ± 4.77 (23~37)*
Sex		
Male	114(98.3%)	31(86.0%)
Female	2( 1.7%)	5(13.9%)
Drinking alcohol		
Yes	47(40.5%)	16(44.4%)
No	69(59.5%)	20(45.6%)
Smoking		
Yes	25(21.6%)	6(16.7%)
No	91(78.4%)	30(83.3%)
Duration of employment (years)	4.69 ± 3.30	-

\* Range.

**Table 2.** D-15d test performance and error scores in exposure & non-exposure group

	Exposure (n=116)	Non-exposure(n=36)
Error scores(left eye)*		
No error	32(27.6%)	12(33.3%)
Single error	16(13.8%)	14(38.9%)
≥ 2 errors	68(58.6%)	10(27.8%)
Error scores(right eye)*		
No error	28(24.1%)	19(52.8%)
Single error	19(16.4%)	8(22.2%)
≥ 2 errors	69(59.5%)	9(25.0%)
Vision		
Left eye	1.11 ± 0.31	1.06 ± 0.26
Right eye	1.00 ± 0.23	0.97 ± 0.08
TCDS <sup>†</sup>		
Left eye <sup>†</sup>	72.63 ± 21.95	62.61 ± 8.08
Right eye <sup>†</sup>	73.22 ± 21.45	61.81 ± 8.70
CCI <sup>§</sup>		
Left eye <sup>†</sup>	1.28 ± 0.39	1.12 ± 0.15
Right eye <sup>†</sup>	1.29 ± 0.37	1.10 ± 0.16

\* p<0.05 by chi-square test, † p<0.01 by t-test. ‡ Total color distance score, § Color confusion index.

의 좌안 14명(38.9%), 우안 8명(22.2%)이 높았으며, 2개 이상의 색상배열 착오비율은 비노출군의 좌안 10명(27.8%), 우안 9명(25.0%)보다 노출군의 좌안 68명(58.6%), 우안 69명(59.5%)으로 통계적으로 유의하게 높았다. 총색채차점수는 노출군에서 좌안 72.63±21.95, 우안 73.22±21.45이었고, 비노출군에서 좌안 62.61±8.08, 우안 61.81±8.70으로 노출군이 높았으며, 색혼란지수는 노출군에서 좌안 1.28±0.39, 우안 1.29±0.37이었고, 비노출군에서 좌안 1.12±0.15, 우안 1.10±0.16로 두 군간 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 2).

Lanthyony D-15d 색각검사의 색각이상 유병률은 노출군 30.2%, 비노출군 19.4%로 차이가 있었으나 통계적으로 유의하지 않았다. 노출군의 경우 청황색맹 30명(25.9%), 적록색과 청황색범위의 혼합형 3명(2.6%), 적록색맹 2명(1.7%)으로 청황색맹이 대부분이었으며, 비노출군의 경우 적록색과 청황색범위의 혼합형이 7명(19.4%)이었다. 근무기간을 층화하여 색각이상 유병률

을 각 군 간에 비교한 결과 5년 초과 32.1%, 5년 이하 28.6%, 비노출군 19.4%로 차이가 있었으나 통계적으로 유의하지 않았다(Table 3)(Table 4).

색혼란지수에 대해 연령, 흡연유무, 음주상태유무, 시력, 노출유무를 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시한 결과 양안 모두 노출유무만이 통계적으로 유의한 변수로 나타났다(Table 5).

**Table 3.** Prevalence of dyschromatopsia in exposure & non-exposure group  
Unit : person(%)

	Exposure(n=116)	Non-exposure(n=36)
Normal	81(69.8)	29(80.6)
Dyschromatopsia	35(30.2)	7(19.4)
Red-green loss	2( 1.7)	0
Blue-yellow loss	30(25.9)	0
Complex loss	3( 2.6)	7(19.4)

\* p>0.05 by chi-square test.

**Table 4.** Prevalence of dyschromatopsia in exposure & non-exposure group stratified according to duration of employment

	Duration of employment(years)		
	Exposure(n=116)		Non-exposure(n=36)
	> 5 years (n=53)	≤ 5 years (n=63)	
Normal	36(67.9)	45(71.4)	29(80.6)
Dyschromatopsia	17(32.1)	18(28.6)	7(19.4)
Red-green loss	1( 1.9)	1( 1.5)	0( 0.0)
Blue-yellow loss	15(28.3)	15(23.8)	0( 0.0)
Complex loss	1( 1.9)	2( 3.2)	7(19.4)

\* p>0.05 by chi-square test.

**Table 5.** Multiple regression for color confusion index

	Standard error	Beta coefficient	p-value
<b>Left eye*</b>			
Age	0.007	0.061	0.452
Drinking	0.062	-0.031	0.713
Smoking	0.078	0.105	0.233
Vision	0.100	0.049	0.555
Exposure	0.067	0.208	0.011
<b>Right eye†</b>			
Age	0.007	0.035	0.666
Drinking	0.060	-0.035	0.684
Smoking	0.074	0.092	0.282
Vision	0.138	0.041	0.613
Exposure	0.066	0.251	0.002

\* r Square = 0.067, † r Square = 0.078.

† New dummy variable(smoking, drinking, exposure) : none = 0, yes = 1.

### 고 찰

1964년에 스티렌 노출 후의 구후시신경염(Retrobulbar neuritis)이 보고된 이래<sup>27)</sup> 유기화합물에 노출되는 근로자의 색각장애에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다. 노말 헥산, 이황화탄소, 스티렌 및 복합 유기화합물 등에 고농도 노출이 저농도 노출 보다 색각이상의 정도가 높았으며, 이는 눈의 구조적인 손상보다는 신경학적 이상을 반영하는 것이라는 여러 연구 보고가 있다<sup>5,16,25,28)</sup>.

“Koller’s rule”에 의하면 후천성 청황색각이상은 외망막층의 손상인 반면에 적록색각이상은 내망막층 또는 시신경로의 진행성 악화에 의해 초래된다고 하였다<sup>29)</sup>. Mergler<sup>30)</sup>는 낮은 농도의 유기화합물이 주로 청황색각이상과 관련성이 있으며, 근로자가 유기화합물에 많이 노출될수록 적록색 범위의 색각이상과 관련이 있다고 주장하였다. Raitta 등<sup>17)</sup>의 연구에서도 노말 헥산에 노출된 근로자중 12명이 색각이상으로 조사되었으며, 12명중 1명의 선천성 색각이상자를 제외하고 대부분 청황색각이상인 후천성 색각이상이었다. 또한 검안경검사에서는 1명에서는 단안에서 중심성 망막증 소견이 관찰되었고, 11명에서 미약한 망막변화가 보고되었다.

본 연구는 아세톤 및 IPA에 노출되는 근로자들의 후천성 색각이상을 정성적, 정량적으로 평가하고 후천성 색각이상에 영향을 미치는 요인들을 조사하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

우리나라에서 신발 제조업체에 근무하면서 아세톤, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소 부틸 케톤, 톨루엔, 크실렌, 시클로헥산, 노말 헥산 등에 노출되는 노출군 85명과 장난감 조립공장에서 일하는 비노출군 88명을 대상으로 색각

검사를 시행한 연구 결과에서 색각이상의 비율이 노출군에서는 21.2%인데 비해 비노출군에서는 8%로 노출군에서 상대적으로 높은 유병률을 보였고 청황색각이상은 5.9%를 보였다<sup>10)</sup>. 본 연구에서 역시 마찬가지로 Lanthony D-15d 검사의 착오정도를 2개 이상의 배열 착오로 구분하여 노출군과 비노출군 간에 비교한 결과 색상배열의 착오가 하나도 없이 완전하게 배열한 비율이 노출군에 비해 비노출군이 높았으며, 2개 이상의 색상배열의 착오를 일으킨 비율은 노출군이 비노출군보다 높게 나타났다. 반면에 1개의 색상배열의 착오를 일으킨 비율은 비노출군이 노출군보다 높았으나 인근 색패간의 작은 착오로 횡단선이 한 개 생긴 것은 정성적 평가에서는 정상으로 판단한다. 이는 색각검사가 유기화합물 노출로 인한 색각이상을 반영한다고 볼 수 있다. 색각검사 유병률은 노출군 30.2%, 비노출군 19.4%로 차이가 있었으나 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 비노출군의 수가 낮아서 나타난 결과라 사료되며 추후 연구가 필요하다.

색각이상의 정도를 정량적으로 평가한 총색채차점수 및 색혼란지수는 아세톤 및 IPA 노출군이 비노출군보다 양안 모두 높은 결과를 나타냈으며, 이는 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였다. Muttray A 등<sup>31)</sup>은 독일의 한 자동차공장에서 24명의 노출군과 24명의 비노출군을 대상으로 색각이상 평가를 하였는데, 이들 작업자들은 크실렌, 톨루엔, 에틸벤젠, 프로필 벤젠, 에틸 톨루엔, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소 부틸 케톤, 퍼클로로에틸렌등을 포함하는 혼합 유기화합물에 노출되고 있었으며 유기화합물의 농도는 German Occupational Threshold Limit Value(TLV) 이하로 측정되었다. 그럼에도 불구하고 이들의 색혼란지수는 두 그룹 간 유의한 차이를 보여주었고, 저농도에서도 청황색각이상이 나타날 수 있는 것을 보여주었다. 본 연구에서 대상자들이 작업환경측정결과상 아세톤과 IPA 측정치가 대부분 ACGIH의 시간가중 평균치 허용농도의 1%이하인 매우 낮은 농도에 노출되는 것으로 작업환경측정상 확인되었다. 그러나 근로자와의 문진을 통해 타 사업장에 반도체설비설치작업과 시험운행작업시 세척제 사용이 더욱 많아진다고 하여 실제로는 작업환경측정결과보다 고농도로 노출될 것이라 사료된다.

본 연구에서 색각이상 정도를 정량적으로 평가한 색혼란지수에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 연령, 음주유무, 흡연유무, 시력, 노출유무를 독립 변수로 한 다중회귀분석에서 노출유무만이 유의한 상관정도를 보인다. 강 등의 연구<sup>9)</sup>에서 유기화합물을 취급하는 4개의 사업장을 임의로 선정하여 아세톤, 메탄올, 메틸에틸케톤, IPA, 메틸 이소부틸 케톤, 톨루엔, 크실렌 등 ACGIH의 8시간 가중평균치 이하 농도로 노출된 70명의 노출군

과 동일 사업장에서 근무하는 사무직 근로자 47명을 대상으로 색각이상평가를 시행하였다. 색혼란지수는 노출군과 비노출군 간에 유의한 차이는 보이지 않았으나 두 군 모두에서 연령과 유의한 상관성을 보였다. 이전 연구들<sup>19,31)</sup>에서도 연령과 유기화합물의 노출정도가 중요한 변수라고 보고하였으나, 본 연구에서는 연령은 유의하지 않았는데 이는 노출군과 비노출군 모두 나이가 다양하지 않기 때문이라 추정된다. Baird 등<sup>33)</sup>은 노출여부에 의한 연구결과 불일치에 대한 가능성 있는 이유는 유기용제의 종류, 혼합 물질들의 간의 차이, 노출기간, 강도의 차이, 접근하는 방법의 차이, 선택편견의 효과 그리고 혼란변수차이 등이라고 보고하고 있다.

다중회귀분석에서 성별은 본 연구대상 노출군과 비노출군 모두 남성이 대부분을 차지하여서 성별은 제외하였다. 음주유무, 흡연유무는 유의한 차이를 보이지 않았다. 유의한 상관성을 보인 노출유무는 비노출군을 0로 노출군을 1로 설정하였다. 베타값은 좌안 0.208, 우안 0.251로 아세톤과 IPA에 노출되면 색혼란지수는 증가한다고 볼 수 있다. Valic 등<sup>32)</sup>등은 유기화합물에 노출되는 근로자들에게서 알코올의 섭취가 후천성 색각이상의 위험성을 높인다고 하였고 Campagna 등<sup>5)</sup>은 알코올을 섭취하는 근로자들에서 트리클로로에틸렌, 톨루엔, 자일렌, 퍼클로로에틸렌에 노출되는 경우 색혼란지수가 더 많은 영향을 받는다는 보고를 하였다. 반면에 강 등<sup>9)</sup>, Gobba 등<sup>34)</sup>이 보고한 다른 연구에서는 음주요인이 색혼란지수에 영향을 미치지 않았다. 음주가 색각이상에 어떤 영향을 끼치는지 명확하지 않으므로 추가 연구가 필요하다.

Campagna 등<sup>5)</sup>의 스티렌 노출 근로자들의 연구에 있어서 보호구 착용하지 않는 근로자들이 작업장의 스티렌 8시간 가중평균치에 따라 색각이상이 증가하였다고 보고하였으며, 박 등<sup>35)</sup>의 연구에서 보호구 착용상태가 좋을수록 노출정도가 높아도 의무실이용정도가 감소하는 것을 보아 보호구는 유해인자로부터의 보호에 매우 효과적이라고 하였다. 그러나 본 연구에서는 보호구착용에 대해 조사를 하였지만 반도체사업 특성상 무진마스크를 반드시 사용해야 하므로 노출군 모두 보호구 착용이 불가하였다. 따라서 미세먼지가 제품의 생산에 문제가 되는 사업장 근로자를 위한 보호구의 개발이 요구된다고 할 수 있다.

색각검사의 신뢰도를 높이기 위해 2명의 검사자는 사전에 피검자교육 및 검사방법에 대한 교육을 실시하였고 검사 시행시 조도측정을 하지는 않았으나 일정한 조명기구를 이용하였으며, 검사 테이블의 빛반사로 인한 착오를 줄이기 위해 책상위에 어두운 색의 천으로 가린 후 진행하였다.

본 연구에서는 비노출군으로 의과대학생, 의사, 간호사를 선정하였는데 이는 본 연구의 대상이 된 반도체제조설

비 제작 및 설치 작업자들의 경우 교육수준이 비교적 높고 업무의 성격이 육체노동의 비중이 낮고 판단을 요하는 업무가 많아 현장 생산직 근로자 중 적절한 대조군을 발견하기 어려웠다. 의료직의 경우 업무의 특성 및 성격이 비교적 유사하다고 판단하였다. 또한, 비노출군의 대상자 수가 적어 노출군과 비노출군간의 색각이상 유병률의 차이가 유의하지 않은 결과가 나타났을 가능성이 있으므로 향후 적절한 생산직을 대상으로 본 연구의 노출군과 비교하는 연구가 필요하다고 생각된다.

본 연구에서는 1000 Lux 이상 되는 곳으로 하였으나 조도의 변화에 따른 검사결과의 변화를 고려하지 못하였고, 검사할 때 반복측정을 하지 못하였다. 이로 인해 위양성(false positive)이 생길수도 있다는 점, 개개인의 노출량을 산출하지 못하였다는 점 등이 본 연구결과를 설명하는데 많은 제한점이 될 수 있을 것으로 생각되며, 추후 색각검사를 실시하는데 필요한 검사시 표준 환경의 설정, 생물학적 모니터링에 의한 개개인의 노출정도 평가, 적절한 검사소요시간 설정, 반복적인 색각검사 시행으로 신뢰성 확보, 검사결과를 정확하게 분류하는데 필요한 기준 등에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 다중회귀분석에서 설명력이 작아서 연령, 흡연유무, 음주유무, 노출유무 이외에도 조사하지 못한 노출량에 대한 조사 또한 추후 연구시 필요하다.

본 연구는 독성이 크지 않다고 알려져 많이 연구가 되진 않았으나 널리 사용되는 아세톤 및 IPA 노출로 인한 신경학적 이상이 동반될 수 있는지 알아보았다는 점에서 그 의의가 크다고 할 수 있다. 또한 색각검사를 통해 후천성 색각이상으로 조기발견의 활용성에 대한 의미를 확인할 수 있었다. 이러한 소견은 단면연구로 인한 것이라 명확한 인과관계를 알기 위해서는 지속적인 추적관찰을 통한 정량적인 지수의 변화를 관찰할 필요가 있다고 생각된다.

## 요 약

**목적:** 아세톤 및 이소프로필알콜(IPA)에 혼합 노출되는 근로자를 대상으로 노출여부와 후천성 색각이상간에 연관성을 조사하기 위해 본 연구를 실시하였다.

**방법:** 일개 지역 아세톤 및 IPA 노출 근로자들 가운데 노출군 116명과 유기화합물에 노출되지 않는 비노출군 36명을 대상으로 조사하였다. 설문지 및 면담을 통해 흡연유무, 음주유무, 과거력 및 증상유무와 노출력을 조사하고, 조도가 표준화된 방에서 Lanthony D-15d검사를 이용하여 색각이상을 평가였다.

**결과:** 색각이상의 유병률은 노출군(30.2%), 비노출군(19.4%)으로 차이가 있었으나 통계적으로 유의하지 않

았으며, 유기화합물 노출군 116명 가운데 후천적 색각이상인 청황색색각이상자가 30명(25.86%)이었다. 색혼란지수에 영향을 줄 수 있는 변수중 노출유무가 통계적으로 유의한 변수였다.

결론: 유기화합물 노출여부와 색혼란지수 간에 통계적으로 유의한 연관성을 보이고, 유기화합물 노출군에서 색각이상률의 유병률이 비노출군보다 높았으나 유의하지 않았다. 정량적인 평가가 색각검사를 이용한 조기선별검사에 활용에 도움이 될 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- 1) Ramu A, Rosenbaum J, Blaschke T. Disposition of acetone following acute acetone intoxication. *West J Med* 1978;129:429-32.
- 2) Bruckner JV, Peterson RG. Evaluation of toluene and acetone inhalant abuse. *Toxicol Appl Pharmacol* 1987;61:27-38.
- 3) LoSasso G, Rapport L, Axelrod B, Whitman RD. Neurocognitive sequelae of exposure to organic solvents and (meth) acrylates among nail-studio technicians. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol* 2002;15:44-55.
- 4) Joseph LaDou. Occupational and Environmental Medicine. 4rd ed. MacGraw-Hill Companies Inc. United States of America. 2007. pp 486-95.
- 5) Campagna D, Mergler D, Huel G, Belanger S, Truchon G, Ostiguy C, et al. Visual dysfunction among styrene-exposed worker. *Scand J Work Environ Health* 1995;21(5):382-90.
- 6) Joo IS, Kim JS, Huh K, Kim JI, Lee KJ, Chung HK, et al. Cognitive impairment and peripheral neuropathy by mixed organic solvents in spray painters working in a shipbuilding industry. *J Korean Neurol Assoc* 2000;18(3):311-8. (Korean)
- 7) Sakong J, Chung JH, Lee HY. Interrelation of neuropsychiatric symptom and neurobehavioral test among workers exposed to organic solvents. *Korean J Occup Med* 1997;9(1):49-60. (Korean)
- 8) Kim SS, Cheong HK, Kwon YW. Evaluation of early neurologic abnormalities on the workers exposed to acrylamide. *Korean J Occup Environ Med* 2000;12(3):367-83. (Korean)
- 9) Kang MJ, Kang SH, Suh SK, Shin DH, Lee JY. The assessment of acquired dyschromatopsia among organic-solvents exposed workers. *Korean J Prev Med* 1996;29(3):529-38. (Korean)
- 10) Byun JH, Lee KY, Kim YK, Ko KW, Lee YH. Acquired dyschromatopsia in women workers in shoe manufacturing who were exposed organic solvents. *Korean J Occup Environ Med* 2001;13(3):232-41. (Korean)
- 11) Lee EH, Eum KD, Cho SI, Cheong HK, Paek DM. Acquired dyschromatopsia among petrochemical

- industry workers exposed to benzene. *Neurotoxicology* 2007;28(2):356-63.
- 12) Päällysaho J, Näsänen R, Mäntyjärvi M, Kaukiainen A, Sainio M. Colour vision defects in occupational chronic solvent encephalopathy. *Hum Exp Toxicol* 2007;26(4):375-83.
- 13) Sizemore OJ, Amler RW. Characteristics of ATSDR's adult and pediatric environmental neurobehavioral test batteries. *Neurotoxicology* 1996;17(1):229-36.
- 14) Urban P, Pelclová D, Lukás E, Kupka K, Preiss J, Fenclová Z, Smerhovský Z. Neurological and neurophysiological examinations on workers with chronic poisoning by 2,3,7,8-TCDD: follow-up 35 years after exposure. *Eur J Neurol* 2007;14(2):213-8.
- 15) Gobba F, Cavalleri A. Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. *Neurotoxicology* 2004;25(5):803-16.
- 16) Zavalic M, Mandic Z, Turk R, Bogadi-Sare A, Plavec D. Quantitative assessment of color vision impairment in workers exposed to toluene. *Am J Ind Med* 1998;33(3):297-304.
- 17) Raitta C, Seppalainen AN, Huuskonen MS. N-Hexane maculopathy in industrial workers. *Graefe Arch Clin Exp Ophthalmol* 1978;209(2):99-110.
- 18) Wang C, Tan X, Bi Y, Su Y, Yan J, Ma S, et al. Cross-sectional study of the ophthalmological effects of carbon disulfide in Chinese viscose workers. *Int J Hyg Environ Health* 2002;205(5):367-72.
- 19) Mergler D, Blain L, Lagace JP. Solvent related colour vision loss: An indicator of neural damage? *Int Arch Occup Environ Health* 1987;59(4):313-21.
- 20) Cavalleri A, Belotti L, Gobba F, Luzzana G, Rosa P, Seghizzi P. Colour vision loss in workers exposed to elemental mercury vapour. *Toxicol Lett* 1995;77(1-3):351-6.
- 21) Sung IS, Kwon OY, Kang HY, Kim DH, Kim YS, Park KJ, Choi NC, Lim BH. A case of parkinsonism caused by acetone intoxication. *J Korean Neurol Assoc* 2003;21(4):422-4. (Korean)
- 22) Park SH, Shin JA, Park HH, Yi GY, Chung KJ, Park HD, Kim KB, Lee IS. Exposure to volatile organic compounds and possibility of exposure to by-product volatile organic compounds in photolithography processes in semiconductor manufacturing factories. *Saf Health Work* 2011;2:210-7.
- 23) Calleman CJ, Wu Y, He F, Tian G, Bergmark E, Zhang S, Deng H, Wang Y, Crofton KM, Fennell T, et al. Relationships between biomarkers of exposure and neurological effects in a group of workers exposed to acrylamide. *Toxicol Appl Pharmacol* 1994;126(2):361-71.
- 24) Geller AM. A table of color distance scores for quantitative scoring of the Lanthony Desaturate color vision test. *Neurotoxicol Teratol* 2001;23(3):265-7.
- 25) Anger WK, Letz R, Chrislip DW, Frumkin H, Hudnell K, Russo JM, Chappell W, Hutchinson L. Neurobehavioral test methods for environmental health studies of adults.

- Neurotoxicol Teratol 1994;16(5):489-97.
- 26) Lanthony P. Evaluation of the desaturated panel D-15. IV. Effect of the repetition of desaturated panel D-15. *J Fr Ophtalmol* 1995;18(10):578-83.
- 27) Pratt-Johnson JA. Retrobulbar neuritis following exposure to vinyl benzene(styrene). *Can Med Ass J* 1964;90: 975-7.
- 28) Horan Jm, Kurt TL, Landrigan PJ, Melius JM, Signal M. Neurologic dysfunction from exposure to 2-t-butyl-lazo-2-hydroxy-5-methylhexane (BHMH): A new occupational neuropathy. *Am J Public Health* 1985; 75(5):513-7.
- 29) Verriest G. Further studies on acquired deficiency of colour discrimination, *J. Opt Soc Am* 1963;53:185-95.
- 30) Mergler D. Neurotoxicology of the visual system. In: Bleeker ML, Hansen JA(eds) *Colour Vision Deficiencies X*. Kluwer. Dordrecht. 1991. pp 161-5.
- 31) Muttray A, Wolff U, Jung D, Konietzko J. Blue-yellow deficiency in workers exposed to low concentrations of organic solvents. *Int Arch Occup Environ Health* 1997; 70(6):407-12.
- 32) Valic E, Waldhor T, Konnaris C, Michitsch A, Wolf C. Acquired dyschromatopsia in combined exposure to solvents and alcohol. *Int Arch Occup Environ Health* 1977;70(6):403-6.
- 33) Baird B, Camp J, Daniell W, Antonelli J. Solvents and color discrimination ability. Nonreplication of previous findings. *J Occup Med* 1994;36(7):747-51.
- 34) Gobba F, Galassi C, Imbriani M, Ghittori S, Candela S, Cavalleri A. Acquired dyschromatopsia dyschromatopsia among styrene-exposed workers. *J Occup Med* 1991;33(7):761-5.
- 35) Park JW, Lee SY, Jang JY, Lee KJ, Jung HK. The relationship between the utilization of health center and exposed amount to solvent by using cumulative exposure index. *Korean J Prev Med* 1998;31(3):404-13. (Korean)